



HAL
open science

Les montagnes pastorales du Sud de l'Europe. De la dynamique des paysages agro-sylvo-pastoraux à l'accompagnement des territoires

Marie-Claude Bal

► **To cite this version:**

Marie-Claude Bal. Les montagnes pastorales du Sud de l'Europe. De la dynamique des paysages agro-sylvo-pastoraux à l'accompagnement des territoires. Géographie. Université de Strasbourg, 2024. tel-04655523

HAL Id: tel-04655523

<https://hal.science/tel-04655523>

Submitted on 22 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Ecole Doctorale Sciences de la Terre et de l'Environnement (ED413)

Habilitation à diriger des recherches en géographie

Présentée par **Marie-Claude Bal**

Maîtresse de conférences, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Limoges

GEODE UMR 5602 CNRS, Université de Limoges

En vue d'une soutenance publique prévue le 26 janvier 2024

LES MONTAGNES PASTORALES DU SUD DE L'EUROPE DE LA DYNAMIQUE DES PAYSAGES AGRO-SYLVO-PASTORAUX A L'ACCOMPAGNEMENT DES TERRITOIRES

Volume 1 : Position et projet scientifique

Devant un jury composé de :

M. Pascal Marty, Professeur, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Directeur de la Maison française d'Oxford, Rapporteur externe

M^{me} Brigitte Talon, Maîtresse de conférences HDR, Université d'Aix Marseille, Rapportrice externe

M. Damien Ertlen, Maître de conférences HDR, Université de Strasbourg, Rapporteur interne

M^{me} Christine Rendu, Directrice de recherche, CNRS FRAMESPA, Examinatrice

M. Jean-Paul Métaillé, Directeur de recherche émérite, CNRS GEODE, Invité

M. Dominique Schwartz, Professeur émérite, Université de Strasbourg, Garant

A mon père.

A ceux qui me sont chers.



Photo 1. Transhumance dans les Hautes-Pyrénées - 2023

Nil volentibus arduum

[À cœur vaillant, rien d'impossible¹]

¹ Expression populaire qui tiendrait son origine de Jacques Cœur, personnage français du Moyen-âge (1400-1456).

Remerciements

Mes remerciements vont bien sûr d’abord à mon garant d’HDR Dominique Schwartz pour avoir accepté de me suivre dans cet exercice. Ses conseils et ses encouragements ont guidé cette HDR tout en laissant la liberté nécessaire à l’exercice. Merci aussi pour les dessins humoristiques qui m’ont accompagnée durant la rédaction.

Je remercie également les membres du jury qui ont bien voulu examiner mon HDR. C’est un véritable privilège pour moi de partager ce travail avec vous.

Merci à l’Université de Strasbourg pour l’accueil et pour m’avoir permis de réaliser ce travail dans d’excellentes conditions d’organisation.

Merci aux collègues qui m’ont accompagnée de près ou de loin toutes ces années. Merci d’avoir enrichi mes connaissances scientifiques qui me permettent aujourd’hui, d’apporter ma modeste contribution au champ de la réflexion sur l’objet « *montagne* ». Je songe en particulier aux collègues membres du réseau AGRESPE et du projet PAACTe. Ils se reconnaîtront.

Mais aussi, j’ai eu la chance de croiser sur ce long parcours de 20 années de recherche et d’enseignement des collègues qui m’ont accordé à un moment de ma carrière, leur confiance, leur soutien. Je pense à Louis Deharveng, Charles Gers, Anne Bedos, Jean-Paul Métailié, Christine Rendu, Pierre Campmajo, Jean-Michel Minovez, Ramon Julia, Joan Manuel Soriano, Carine Calastrenc, Florence Mazier, Michel Thinon, Brigitte Talon, Anna Maria Mercuri, Salvia Garcia Alvarez, Juan Manuel Rubiales, Marco Cavalazzi, Alessandra Benatti, Assunta Florenzano, Rachel Levy, Christine Hervé, Sylvie Guillerme, Cathy Milou, Olivier Barrière, Marc Conesa, Staffan Jacob, Eric Rouvellac.

Merci aux jeunes collègues (stagiaires, doctorants ou post-doctorants) que j’ai encadrés (ou co-encadrés) et qui ont également contribué à ma propre formation.

Je salue aussi les étudiants de licence et de master de géographie, d’histoire et archéologie, de sociologie et de sciences de l’éducation qui m’ont permis grâce à leurs remarques de repousser mes limites et d’accroître mes connaissances. Enseigner à l’université reste très formateur pour moi.

Je remercie Fabien mon mari pour son soutien infaillible et ses encouragements. Merci de partager aussi nos questionnements scientifiques. Chaque jour je mesure la chance de t’avoir à mes côtés. C’est aussi grâce à toi que cette HDR voit le jour.

Merci à mes sœurs Marie-France et Pascale, à mes neveux Christophe, Stéphanie, Clifford, Claire, Mathieu, Alexis, Noé, Lena et Maëlys pour leur présence, ainsi qu’à mes amis.

Merci à tous ceux qui m’ont soutenue lors des moments difficiles.

Sommaire

Remerciements.....	5
INTRODUCTION GENERALE.....	9
AXE 1 – APPROCHES CONCEPTUELLES.....	11
Chapitre 1 : Itinéraire de recherche : géographie de l’environnement et écologie du paysage montagnard.....	11
Chapitre 2 – L’objet de recherche dans son contexte sociétal : les montagnes agro-pastorales du sud de l’Europe hier, aujourd’hui et demain, face au changement global.....	31
AXE 2 – METHODOLOGIE ET APPLICATIONS.....	45
Chapitre 3 - Méthodes de recherche : Le paysage, une plateforme d’interactions pour identifier les continuités et les discontinuités entre humains et non humains.....	45
Chapitre 4 – Trajectoires : Des paysages agro-pastoraux méditerranéens à la mise en place d’une intendance territoriale autour des enjeux de l’agro-écologie.....	55
AXE 3 – PERSPECTIVES.....	101
Chapitre 5 : Perspectives de recherche – vers de nouvelles acquisitions de données et la mise en valeur des espaces montagnards.....	101
PLUTOT QUE DE CONCLURE.....	137
Références bibliographiques.....	139
Table des figures.....	156
Table des photographies et table des tableaux.....	157
Table des matières.....	158

Introduction générale

Ce travail d'habilitation à diriger des recherches est l'occasion de proposer une analyse diachronique sur les paysages agro-pastoraux des montagnes du sud de l'Europe et sur le devenir du pastoralisme face à divers enjeux liés au changement global et en particulier au dérèglement climatique. J'ai souhaité, autant que possible, intégrer mes travaux sur l'étude des trajectoires de ces paysages sur le temps long au sein d'une analyse socio-économique actuelle, propre à chaque territoire étudié, preuve ici de l'intérêt que je porte à l'imbrication entre l'histoire des sociétés pastorales du passé avec celle, aujourd'hui, des acteurs de ces mêmes territoires. Cet exercice a été possible grâce aux recherches que je mène dans le domaine depuis presque 20 ans mais aussi grâce à la riche littérature scientifique qui est venue éclairer chacun des enjeux soulevés dans cet exercice, et bien sûr les rencontres, les témoignages des acteurs de ces territoires qui sont indispensables à l'analyse. J'ai choisi également d'apporter mon point de vue sur des sujets pour lesquels je ne suis pas spécialiste comme ceux, pour en donner deux exemples ici, de la relation prédation/élevage ou encore de la redynamisation de la filière laine. Comment de toute façon prétendre à un témoignage éclairé sur le pastoralisme sans traiter de la diversité des défis qui touchent les sociétés ? C'est aussi grâce à de nombreuses collaborations que j'ai impulsées avec des chercheurs européens spécialistes d'enjeux divers impactant les montagnes méditerranéennes que j'ai enrichi mes connaissances et ma curiosité de chercheuse dans le domaine.

Ainsi, je propose de mener mon manuscrit d'HDR selon 3 axes directeurs, développés en 5 chapitres : (a) aspects conceptuels, (b) aspects méthodologiques et appliqués, et (c) perspectives de recherche. Je détaillerai tout d'abord (chap. 1) mon itinéraire de recherche nourri d'inter-sciences entre l'écologie du paysage et la géographie sous l'impulsion des travaux de Georges Bertrand, Jean-Paul Métaillé, Didier Galop, Bernard Davasse et Véronique Yzard (géographes). Le chapitre 2 porte sur la position de ma recherche et la définition d'une problématique autour des montagnes du sud de l'Europe face au changement global et particulièrement autour du questionnement de l'avenir des paysages agro-sylvo-pastoraux et du pastoralisme. Le chapitre 3, sur mes méthodes de recherche s'appuie sur la pertinence d'étudier, de considérer le paysage comme une plateforme d'interactions facilitant l'identification des continuités et des discontinuités entre humains et non-humains, de montrer l'intérêt de l'approche multiscalaire et du temps long qui accompagne jusqu'au temps des gestionnaires de l'environnement c'est-à-dire celui du développement territorial. Le 4^{ème} chapitre s'attache à reconstituer les trajectoires qui conduisent des paysages agro-pastoraux passés aux initiatives de gouvernance territoriale menées autour des enjeux de l'agro-pastoralisme en montagne méditerranéenne. Et enfin le chapitre sur les perspectives de recherche ciblera plus encore sur les travaux suivants : 1) L'analyse de l'ancienneté du paysage pastoral du plateau de Sinjajevina au Monténégro au sein d'un contexte de développement touristique rapide et possiblement néfaste sur certains aspects ; 2) l'étude de la paléo-distribution de taxons rares comme *Pinus sylvestris* en collaboration avec des équipes de recherche de Madrid ; 3) l'aide à la décision des acteurs de ces territoires par le développement de projets en collaboration avec les laboratoires d'intelligence artificielle autour des brûlages dirigés et les incendies de forêts ou encore 4) l'accompagnement des territoires vers la mise en place de gouvernance territoriale.

AXE 1 – Approches conceptuelles

Chapitre 1 : Itinéraire de recherche : géographie de l'environnement et écologie du paysage montagnard

« La géographie physique peut-elle continuer à se développer en dehors de la pensée écologique moderne ? A l'inverse l'écologie ne gagnerait-elle pas à élargir son champ d'investigation en intégrant (...) un certain nombre d'éléments traditionnellement mieux étudiés par les géographes ? »

Pour une histoire écologique de la France rurale.

G. Bertrand (1975)

« In landscape ecology, attention is given not only to the natural dimensions but also to historical, cultural, social, political, and economic aspects. »

Naveh and Lieberman (1994)



Photo 2. Estive d'Aneu – Vallée d'Ossau, Pyrénées Atlantiques - 2017

Dans ce chapitre, je décris et commente mon parcours universitaire et mes choix vers la recherche et l'enseignement en géographie environnementale et écologie du paysage. J'explique comment mon parcours m'a permis d'élargir mes terrains de recherche : des Pyrénées (versant nord puis sud) au massif central (Mont Lozère) et d'autres montagnes du sud de l'Europe : les Apennins septentrionaux (Italie), la Sierra de Gredos (Espagne), la Serra de Gerés (Portugal) pour arriver aujourd'hui à initier des projets au Monténégro (plateau de Sinjajevina) et en Albanie. J'explique comment je crée du lien entre les enseignements de niveaux licence et master et la recherche et en particulier sa valorisation. Je termine par l'explication de mon engagement pour le collectif en prenant des responsabilités pédagogiques, d'animation de la recherche ou encore administratives. Ce chapitre est aussi l'occasion de remercier les chercheurs et enseignants qui m'ont accompagnée depuis une 20^{aine} d'années.

La formation universitaire

Mon parcours de formation est nourri d'inter-sciences : d'abord les sciences du vivant en m'inscrivant à la licence de *Biologie des organismes et des populations* puis en Master 1 (du même intitulé) à l'Université Paul Sabatier - Toulouse III avec un intérêt porté en particulier à la biologie, l'environnement et la biodiversité ; puis celles des sciences humaines et sociales en cherchant à compléter mon cursus auprès de la géographie (en Master 2) et à élargir ma curiosité pour la recherche sur l'analyse du poids de l'anthropisation dans la construction et le fonctionnement contemporain des socio-écosystèmes sans écarter bien sûr les effets de la dynamique du climat. Dès mes années de licence, j'ai souhaité me rapprocher du monde de la recherche que je trouvais alors attractif mais aussi énigmatique tant les relations entre la formation universitaire et la recherche était lointain. Aussi en 1998-2000, je décidais de rencontrer quelques chercheurs du laboratoire d'écologie LADYBIO de l'université Paul Sabatier (Toulouse III). Mon intention était de découvrir le ou les métiers de la recherche et participer à un projet au sein d'une équipe qui me formerait à une de leurs spécialités. Le hasard peut être m'a conduit jusqu'au bâtiment 4R3 de l'UPS (bâtiment encore existant) où j'ai rencontré **Louis Deharveng**, **Anne Bedos** et **Charles Gers**, écologues et spécialistes de la systématique des collemboles². J'ai validé grâce à eux et en parallèle de ma licence d'écologie, bien plus qu'un Diplôme Universitaire (DU) dédié à l'analyse de la diversité des collemboles sous deux couverts forestiers différents localisés dans les Pyrénées Ariégeoise à Bethmale (Tableau 1, Figure 1). Grâce à eux, j'ai approché le monde de la recherche et côtoyé très tôt (avant le master) l'ambiance de travail de ces chercheurs (la course aux appels à projets, la rédaction des rapports très tard le soir, les nombreuses réunions, etc. mais aussi une passion commune pour leur métier, leurs recherches, des discussions riches, des débats parfois enflammés, la formation des étudiants, les sorties de terrain, etc.). Avertie donc très tôt sur le métier, j'ai quand même été séduite par ce monde situé aux antipodes de celui d'où je venais. La recherche a alors piqué ma curiosité !

La recherche doctorale à Toulouse et le versant nord des Pyrénées

La formation en master 2 de *Géographie et aménagement* à l'Université du Mirail (Toulouse II) est venue combler les manques ressentis à la fin de ma première année de master en écologie (UPS) : je cherchais des réponses quant à la place des sociétés dans les processus d'évolution des écosystèmes, les interrelations entre les sociétés et les milieux. Je découvris alors la définition du paysage proposée

² Petits pararthropodes détriticoles faisant partie de la pédofaune.

Terrains / Etapes de la recherche	Initiation à la recherche durant la licence d'écologie et les masters 1 d'écologie et M2 de géographie	Recherche doctorale – approfondissements des questions de recherche et maîtrise des méthodes	Recherche post-doctorale – L'exploration du versant sud des Pyrénées	Terrains développés dès la prise de poste en tant que MCF	Partenariats
Pyrénées – Ariège <i>Vallée de Beñimale Couserans</i>	Formation à l'identification des collemboles et à la pédologie dans le cadre du suivi de la biodiversité des sols (licence + master 1) Identification d'une méthode paléoécologique pour retracer l'évolution du couvert forestier sur le temps long – Initiation à la pédoanthracologie (master 2)				<i>Louis Dehnaneng</i> (chercheur, Muséum National Histoire Naturelle, Département de systématique et évolution) <i>Charles Gers</i> (CR CNRS, ECOLAB) <i>Jean-Paul Métailié</i> (DR CNRS, GEODE) <i>Michel Thirion</i> (CR CNRS, Université Aix-Marseille III)
Pyrénées (versant nord) - Pyrénées Orientales – <i>Emveitg</i> - Pyrénées Centrales – <i>Luchonnais</i> - Pyrénées Audoises – <i>Pays de Saut</i>		Construction des paysages agro-sylvo-pastoraux des Pyrénées – approche géohistorique et écologie du paysage. Connexion espaces ouverts d'altitude et timberline – freeline. Constructions des anciennes terrasses de culture			<i>Jean-Paul Métailié</i> (DR CNRS, GEODE), D. Galop (CR, CNRS) <i>Michel Thirion</i> (CR CNRS, Université Aix-Marseille III) <i>Christine Rendu</i> (DR, CNRS Framessa) <i>Pierre Campmajo</i> (archéologue)
Pyrénées centrales (versant sud) – <i>Estany de Burg</i>			Acquisition d'une nouvelle méthode : l'étude du signal incendie en séquence sédimentaire pour compléter les données pédoanthracologiques – formation d'une doctorante à l'analyse des charbons de bois issus des sols. Aide au montage d'un laboratoire d'analyse de charbons.		Université Autonome de Barcelone – laboratoire GRAMP (géographie) – laboratoire CREAF CSIC Joan Manuel Soriano, Albert Pelachs, Raquel Cumill, etc.
- Massif central (Mont Lozère, Forêt de Mirambel, Plateau de Millevaches, CC-CAC-TS) - Espagne (Sierra de Gredos) - Italie-Apennins septentrionaux (Monte Cimone et Corno Alle Scale) - Maroc (Fès) - Portugal (Serra do Gerês) - Pyrénées (Ariège, Comminges-Barousse) - Monténégro (Sijavina) - Albanie				Extrapolation de mes questions de recherches vers les autres montagnes du sud de l'Europe – Développement d'un réseau international – aide à la mise en place de laboratoires de pédoanthracologie au sein des institutions partenaires Espagne et Italie. Publications	Réseau AGRESPE. GEODE, FRAMESPA, TRACES, LISST, IRD Montpellier, LEREPS MONSFEA, AGIR INRAE, EDB, PNR Ariège, Comminges-Barousse, PN Cévennes, PN Pyrénées, CORAM collectif des races des massifs, etc.

Tableau 1 : Evolution des terrains d'investigations en fonction de la dynamique de ma recherche (partenariat, terrains etc.) depuis 2002.

par Burel & Baudry (1999) à partir des travaux G. Bertrand (1975), de Forman & Gordon (1986) et de Chouquer (2003) : « *le paysage est un niveau d'organisation des systèmes écologiques qui est supérieur au niveau de l'écosystème. Il se caractérise essentiellement par son hétérogénéité et sa dynamique, gouverné pour partie par les activités humaines* ». Il (le paysage) apparaît alors comme une plateforme d'échange interdisciplinaire entre sciences humaines (Marty P, Lepart J, Caplat P, 2006) et sciences de la nature (telles qu'elles sont nommées³) offrant un corpus d'hypothèses et d'outils qui me permettra de mieux définir la coévolution entre les sociétés et leur environnement. Le temps long (celui de l'Holocène) est devenu indispensable à ma future recherche doctorale car il assure suffisamment de profondeur temporelle à l'analyse de l'évolution des espaces géographiques englobant à la fois les dynamiques de végétation (paléo-distributions des espèces végétales) et les dynamiques des sociétés (pratiques, habitats non permanents, notion de ressources (bois, pâture) et gestion, etc.). Mon profil interdisciplinaire ainsi forgé par les sciences humaines étudiant le paysage et les approches écologiques intégrant l'analyse des systèmes, m'a conduite à mener à la suite de mon master 2, une recherche doctorale en géographie au laboratoire GEODE UMR CNRS 5602 sous la direction du géographe **Jean-Paul Métaillé**. Mon sujet⁴ construit à partir de plusieurs apports disciplinaires portait ainsi sur l'identification de la structuration des paysages agro-pastoraux par la dynamique de végétation et des processus à l'origine des formes perceptibles et non perceptibles dans l'espace, dans les Pyrénées durant l'Holocène (Tableau 1, Figure 1). Il s'inscrivait dans la lignée des travaux impulsés à GEODE par Georges Bertrand et Jean-Paul Métaillé, notamment ceux de Jérôme Bonhôte (1998), Claude Dubois (1991), Véronique Yzard (1999), Didier Galop (1998) et Bernard Davasse (2000) dans le courant de l'écologie du paysage (Landscape Ecology) et de celui de la géographie. Il fallait toutefois trouver une entrée innovante par le questionnement mais aussi par la méthode proposée qui viendraient combler les manques sur l'histoire des montagnes pyrénéennes et de la végétation sur la longue durée. Le sujet s'est ainsi focalisé sur les zones intermédiaires de montagnes encore peu étudiées au tout début de ma thèse et pourtant révélatrices de nombreuses activités agro-sylvo-pastorales qui ont façonné nos paysages. L'objectif était d'apporter de nouveaux éléments de compréhension sur la construction des espaces de montagnes à une échelle très fine, locale, celle du versant tout au plus. Ainsi la lecture des indices visibles et non visibles du système montagnard a été rendue plus précise grâce à une approche combinée cherchant à identifier : 1) les nombreux facteurs qui expliquent l'hétérogénéité de l'espace considéré en lien avec des forçages anthropiques et naturel et 2) les éléments les plus significatifs pour les divers fonctionnements écologiques. La pédanthracologie testée lors de mon stage « recherche » en master 2, et grâce à la formation suivie auprès de **Michel Thion** à l'Université d'Aix-Marseille entre 2002 et 2005, est apparue la plus propice à développer au sein de ma recherche doctorale car elle renseigne sur les dynamiques de végétations ligneuses en lien avec les événements de feux (naturels ou anthropiques) et les activités agro-sylvo-pastorales à partir de l'identification des charbons de bois issus des sols (hors contexte archéologique) et de datations radiocarbone à haute résolution (*détails dans la partie Méthodologie*). C'est ici que mes connaissances en pédologie (description macroscopique des sols et paléosols de montagnes) ainsi qu'en biologie des sols acquises en écologie, m'ont permis de mieux considérer les sols, dans un contexte de construction des paysages agro-pastoraux dans les Pyrénées sur la longue durée, pour leur évolution dans le temps et pour leur fonction également d'archives à divers éléments comme les charbons de bois issus d'incendies (feu naturel ou anthropiques). L'intérêt de cette étude était de la

³ La notion de *nature* est discuté dans l'Axe 2 – Chapitre 3 méthodologie de ce volume d'HDR.

⁴ L'intitulé de ma thèse : « *Constructions et dynamiques des espaces et des terrasses agro-pastorales en zone intermédiaire des Pyrénées du Néolithique à nos jours (Cerdagne, Pays Basque et Pays de Sault) - Approche archéoenvironnementale par la pédanthracologie* »

confronter à d'autres disciplines sur quatre **sites pyrénéens** afin d'établir des degrés de fiabilité de ma démarche. C'est ainsi que ce travail s'est en priorité inscrit dans deux Programmes Collectifs de Recherche sur l'anthropisation en montagne, situés à l'ouest et à l'est de la chaîne pyrénéenne.



Figure 1. Carte des terrains d'étude (Google Earth).

Ce choix des terrains pour mener ma recherche m'a d'abord conduit vers la **Cerdagne** (Pyrénées Orientales, Tableau 1, Figure 1) où j'ai rencontrée **Christine Rendu**, une chercheuse ethno-archéologue (FRAMESPA - Toulouse) spécialiste d'archéologie pastorale et passionnée d'interdisciplinarité. Elle m'a accueillie avec **Pierre Campmajo** archéologue de la montagne, sur l'estive d'Enveigt au cœur d'un important système pastoral révélant de nombreuses entités pastorales faites d'enclos, de cabanes et de couloirs de traite (Rendu, 2001). Ma mission au sein d'une montagne qui avait déjà presque tout livré de son organisation socio-environnementale sur la longue durée (Rendu, 2003) n'était pas évidente à identifier pour une jeune doctorante en première année. Heureusement, Christine qui étudiait et fouillait ce lieu depuis quelques années⁵, avait porté son attention sur une succession d'anciennes terrasses localisées au sein de la zone intermédiaire entre 1600 et 2000 m d'altitude sans savoir encore comment les aborder. L'organisation socio-environnementale de cette zone intermédiaire devenait enfin centrale dans l'étude de l'histoire d'Enveigt. Et en effet, ces alignements presque effacés (Photo 3), faits de grands blocs de granit m'ont donné envie d'accompagner Christine pour élucider leur mystère. Plusieurs questions se dessinaient alors : comment évaluer l'âge de ces constructions en terrasses ? Quels étaient les liens entre l'activité qu'elles généraient et la dynamique végétale et paysagère du versant ? Comment corréliser les premières données paléoécologiques et archéologiques acquises avec ce nouveau questionnement ? C'est alors que j'ai proposé d'adapter la pédoanthracologie à ces systèmes de terrasses. Une première fosse pédoanthracologique réalisée par Christine Rendu et moi-même en 2002 en amont d'un mur de

⁵ Programme Collectif de Recherche « l'estivage et la structuration sociale d'un espace montagnard : la Cerdagne » dirigé par Ch. Rendu 2000-2003

soutènement d'une terrasse a révélé une lentille de charbons située à 90 cm de profondeur. La datation radiocarbone de cette lentille d'*Abies alba* (1984 (1943) 1887 cal BC)⁶ positionnée à la surface de l'horizon organo-minéral du paléosol lié à la terrasse enfouie a montré l'utilisation de l'essartage dès l'Age du Bronze Ancien et nous a conforté dans l'idée de mener un grand chantier archéo-pédologique sur une dizaine de murs (Bal, 2006 ; Bal et al., 2010). Les lectures archéo-pédologiques de ces systèmes de terrasses faites à la fois par Pierre Poupet, Romana Harfouche, Ch. Rendu et moi-même m'ont permis de mettre en place un protocole d'échantillonnage des charbons des sols adapté à ces structures archéologiques qui ont toutes révélé un système de terrasses emboîtées associées à des paléosols et des sols. J'ai pu également mener une réflexion sur la taphonomie des charbons au sein de ces systèmes complexes. La rencontre avec Christine et mon intégration au sein de son programme de recherche ont été fondamentales pour le bon déroulement de mes premières années de recherche mais aussi pour le développement de mon intérêt pour l'inter-science qui est encore au centre des projets de recherche que je porte.

La seconde zone atelier située en montagne d'**Iraty** (Tableau 1, Figure 1) a fait l'objet d'un Programme Collectif de Recherche (PCR « *Paléoenvironnement et dynamiques de l'anthropisation de la montagne basque* » dirigé par D. Galop 2001-2002). Elle a été sélectionnée pour ses estives de grande ampleur donnant aux paysages pastoraux un aspect très ouvert et les travaux en palynologie qui ont mis au jour plusieurs phases de déforestation en relation avec le pastoralisme. Ma thèse a reconstitué les paysages fossiles à l'échelle du versant en lien avec les pratiques sylvo-pastorales de la montagne basque sur la longue durée, et a aussi précisé spatialement la présence du chêne (*Quercus robur*) qui n'apparaît aujourd'hui, dans la zone d'étude que sous forme d'individus isolés dont l'écorce est éclatée et le tronc creusé par les passages successifs du feu (Bal, 2006).

A l'échelle historique récente, le travail de Fruhauf (1980) sur les relations entre la forêt et les sociétés montagnardes en **Pays de Sault** (Tableau 1, Figure 1) depuis la Réformation de 1670⁷, nous a apporté les informations nécessaires à l'établissement d'une comparaison entre les données historiques sur les défrichements survenus entre les deux Réformations et les données de l'analyse pédoanthracologique. L'analyse des textes (Fruhauf, 1980) a fourni des limites spatiales relativement précises des formations végétales et de leur composition depuis la fin du XVII^e siècle. Pour la première fois dans les Pyrénées, la confrontation des sources historiques avec les résultats pédoanthracologiques (Bal, 2006) a montré que les défrichements par le feu sont bien plus anciens, depuis au moins l'Antiquité et que la transformation de la hêtraie – sapinière en prairie et/ou en zone de culture passe par un système complexe faisant intervenir l'essartage et les défrichements. Ce terrain offrait une excellente opportunité de tester la fiabilité de la méthode choisie. Dans le secteur des Vosges, un travail de thèse similaire dans les questionnements a aussi démontré l'ancienneté de ces pratiques utilisatrices du feu (Goepf, 2007).

⁶ ¹⁴C réalisée grâce au programme de recherche porté par Christine Rendu.

⁷ *Entre 1661 et 1685, Jean-Baptiste Colbert lance sa grande opération de réforme des Eaux et Forêts de France, la Grande Réformation. Le commissaire Louis de Froidour découvre en arrivant dans le sud de la France, des sylves ruinées, abandonnées aux communautés d'habitants et à leurs innombrables bestiaux* (Poublanc, 2019). L'ordonnance du roi cherche à protéger les forêts qui semblent souffrir d'importants prélèvements. L'objectif est double : revenir à un état antérieur jugé comme idéal par les réformateurs et favoriser aussi le *développement économique pour la production de bois de marine*. Une analyse intéressante est livrée par Sébastien Poublanc (2019) construite sur la base d'une *étude quantitative des archives de Froidour* qui montre que bien *qu'abimées par les usages locaux, les forêts fournissent les secours attendus par les populations*. Il pousse à se poser la question : *est-ce que ce décalage entre ces deux perceptions amène à reconsidérer l'action des agents du roi : et si ces forêts « dévastées » n'étaient qu'une représentation culturelle ?*

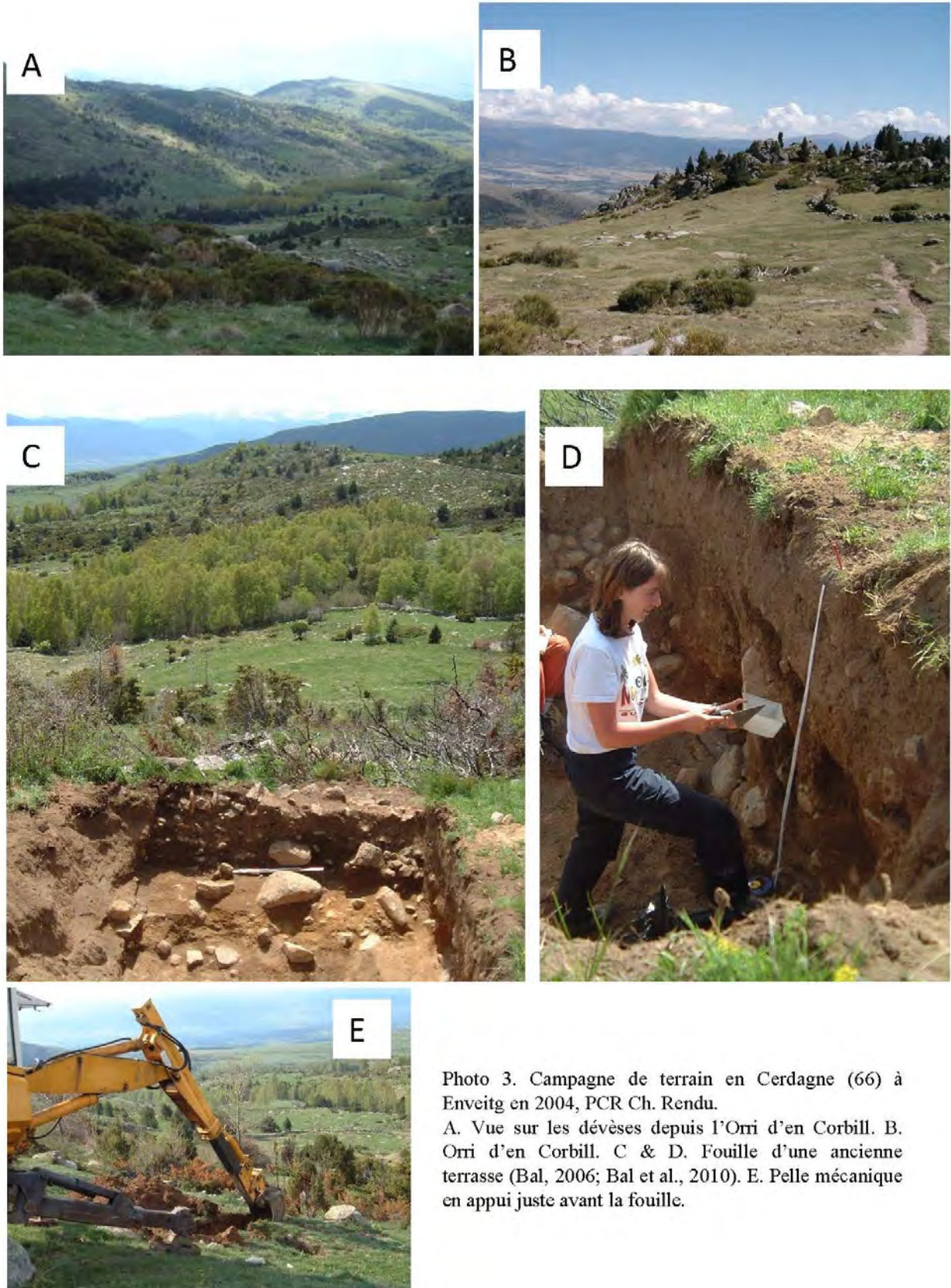


Photo 3. Campagne de terrain en Cerdagne (66) à Enveitg en 2004, PCR Ch. Rendu.

A. Vue sur les devèses depuis l'Orri d'en Corbill. B. Orri d'en Corbill. C & D. Fouille d'une ancienne terrasse (Bal, 2006; Bal et al., 2010). E. Pelle mécanique en appui juste avant la fouille.

A l'échelle des pratiques contemporaines, la forêt d'Antenac dans le **Luchonnais** (Tableau 1, Figure 1) a été choisie pour commencer un référentiel contemporain sur les résidus carbonisés provenant de divers feux. Divers types de parcelles de hêtres sur le haut du versant et de chênes-hêtres-bouleaux plus en contre bas ont subi l'action d'un feu courant en 2002 qui a laissé les arbres morts sur pied pour la plupart. Les feux ont des conséquences diverses sur le couvert végétal qui subit leur passage (Bal, 2006). L'intérêt, lorsque l'on travaille sur des charbons (ces résidus carbonisés sont les témoins de ces feux), est de connaître et de comprendre le fonctionnement d'un feu ou plutôt des feux. Ici, j'ai mis au point un protocole expérimental de prélèvement de surface afin d'analyser les charbons provenant de cet épisode. L'importante quantité de charbons déposée au sol pendant et après l'incendie montre dans cet exemple que ce sont essentiellement les branchages qui ont fourni le matériel fossile. Ce type d'approche méthodologique qui devrait être multiplié sur d'autres sites et peuplements différents, a toutefois démontré la bonne relation taxonomique entre la végétation incendiée et les charbons étudiés.

C'est grâce à l'obtention d'un contrat doctoral universitaire (UT2J-Geode), d'un contrat de monitrice puis de deux contrats (demi-service) en tant qu'ATER (Attachée temporaire à l'enseignement et à la recherche) au département de géographie de l'UT2J, que j'ai pu m'exercer pleinement au métier d'enseignante-chercheuse et effectuer ma recherche doctorale en 4 ans et 4 mois et soutenir le 9 février 2006.

La recherche postdoctorale à Barcelone et le versant sud des Pyrénées

L'année de l'obtention du titre de docteur en géographie j'ai construit un projet de recherche postdoctorale en collaboration avec un laboratoire situé dans le secteur méditerranéen autre que la France. Convaincue qu'il fallait enrichir mes connaissances sur les paysages agro-pastoraux pyrénéens du côté sud du massif, j'ai contacté **Joan Manuel Soriano** et **Albert Pelàchs** du laboratoire **GRAMP** et du **département de géographie de l'Université Autonome de Barcelone**. Nous avons ensemble construit un projet en réponse à la *Convocatoria de becas de investigación postdoctorales de l'UAB* en 2007. Mon projet qui portait sur « *l'étude des dynamiques environnementales et de l'histoire des feux du Tardiglaciaire à nos jours. Pour une démarche interdisciplinaire dans le versant sud des Pyrénées* » a été sélectionné et financé pour deux ans. C'est ainsi que je suis partie vivre et travailler à Barcelone d'abord pour 24 mois. Il s'agissait au-delà de répondre à la problématique de recherche, de partager mon expertise en tant que pédoanthracologue au sein du laboratoire d'accueil, en participant à l'encadrement d'une thèse menée par **Raquel Cunill** sous la direction de Joan Manuel Soriano (Cunill, 2010). Je me trouvais donc assez vite après ma soutenance dans le rôle de co-encadrante et de co-auteure des publications de Raquel (Cunill et al. 2013). J'ai apprécié cette responsabilité qui me permettait de développer la discipline, l'approche de recherche que j'avais menée au sein d'une nouvelle équipe et auprès d'une doctorante très motivée. J'ai également développé au sein de cette équipe l'analyse du signal incendie (Bal et al., 2011) par l'estimation de la surface des particules carbonées issues de séquences sédimentaires récoltées dans le secteur du Plaús de Boldis-Montarenyo, estany de Burg et Vallferrera dans le Parc Naturel de l'Alt Pirineu (Tableau 1, Figure 1). L'objectif ici était de me former à une nouvelle méthode paléoenvironnementale venant compléter ma première formation et renforcer les recherches sur l'histoire de l'environnement menées par le GRAMP.

A l'approche de la fin de mon contrat de 24 mois, j'ai obtenu un nouvel appel à financement de post-doctorat : la *Beca Juan de la Cierva* en collaboration avec le laboratoire **CREAF** et le GRAMP de

l'Université Autonome de Barcelone sur un projet en lien avec *le développement durable local en zones de montagne (Pyrénées versant sud)* pour une durée de 3 ans. L'objectif était de développer un projet de valorisation de la recherche (mes acquis scientifiques et ceux de mon équipe) en direction et avec les acteurs des territoires étudiés. En collaboration avec le département de géographie de l'UAB, j'ai pu également enseigner quelques heures en première et deuxième années de licence de géographie et faire quelques interventions au sein du master de cette même discipline.

Ces années de recherche postdoctorales ont été décisives pour moi, elles ont renforcé mon projet professionnel et m'ont confortée dans l'idée de poursuivre une carrière dans le domaine de la recherche et de l'enseignement. L'opportunité d'une titularisation ne s'est pas présentée à Barcelone durant mon séjour postdoctoral, j'ai donc continué à candidater à des postes d'enseignants-chercheurs en France.

Le recrutement en tant que Maitresse de Conférences et l'élargissement de mes recherches à d'autres montagnes méditerranéennes

Début 2010 était publié sur la plateforme Galaxie un poste d'enseignant-chercheur au département de géographie de l'université de Limoges (87) avec un rattachement recherche au laboratoire GEOLAB (site de Limoges) qui correspondait à mes compétences tant au niveau de la recherche que de l'enseignement. En septembre de la même année, je démissionnais de mon second contrat postdoctoral à l'UAB après 8 mois d'exercices pour rejoindre Limoges en tant que Maîtresse de conférences. J'intégrais une petite équipe d'enseignants-chercheurs qui devait se partager les cours et travaux dirigés d'une formation en géographie de niveau licence (L1, L2 et L3), licence professionnelle « valorisation du patrimoine » (L3) et de niveau master (M1 et M2). Peu de titulaires étant disponibles pour une offre de formation assez diversifiée, j'ai donc pris en charge des matières pour lesquelles ma formation initiale ne m'avait pas vraiment préparée mais comme la plupart (pour ne pas dire tous ou toutes) des collègues universitaires j'ai profité de cette opportunité pour développer des compétences au sein de diverses thématiques. J'ai donc ainsi renforcé mes capacités d'adaptation et mon ouverture scientifique et pédagogique vers d'autres champs de recherche et d'enseignement. Cette expérience m'a certainement permis en un sens de porter des projets mettant systématiquement en lumière les collaborations inter-sciences.

Dès mon recrutement, j'ai co-dirigé avec Philippe Allée (professeur géographe, Université de Limoges) un Programme Collectif de Recherche (PCR) sur les « *Pratiques et mobilités territoriales sur le Mont Lozère depuis le Néolithique* » de 2010 à 2013. Je découvrais la partie sud du Massif central et le Mont Lozère (Tableau 1, Figure 1), une moyenne montagne dont le point culminant situé au sommet de Finiels à 1699 m deviendra un de mes nouveaux terrains d'étude. En 2011 et 2012, j'ai piloté le projet de recherche **CarAmbAr** afin de mobiliser mes données sur les deux versants pyrénéens dans un exercice de comparaison inter-versants (sud-Ter et Fresser, nord-Carança). En poste dans une région forestière (le Limousin) que je ne connaissais pas, j'ai porté mon attention à l'histoire et l'évolution des écosystèmes forestiers du Limousin et de la Charente grâce à deux projets de recherche que j'ai dirigés entre 2012 et 2016 : le projet PRES "**A l'ombre de forêts de Charente, le Lidar au service de l'histoire de l'occupation du sol et de l'exploitation des ressources naturelles – Elargissement de l'étude aux anthroposylvosystèmes de la Dordogne et du Limousin**" grâce à la collaboration avec Nadine Dieudonné-Glad (professeure d'Archéologie au laboratoire Herma de l'université de Poitiers ; et le projet sur « **l'identité forestière en Limousin** » afin de combler un manque de données sur l'histoire de la forêt antérieure au 15^{ème} siècle. J'ai continué à développer des collaborations avec

d'autres unités de recherche de l'université de Limoges et en particulier avec une collègue généticienne de la Faculté des sciences, **Anne Blondeau-Da Silva** (E2Lim UR 24133) sur le projet **PAPAGENO**⁸ (2016-2019) que nous avons co-porté afin d'associer nos compétences scientifiques autour des paysages pastoraux et de la génétique ovine à l'échelle des montagnes méditerranéennes. Le besoin d'explorer de nouvelles montagnes autres que les Pyrénées et le Massif Central, m'a conduit à développer entre 2012 et 2018 un **réseau européen « AGRESPE »** (financement université de Limoges et Région Limousin) réunissant des partenaires institutionnels et non institutionnels italiens, espagnols, marocains, portugais et grecs⁹, pour construire ensemble des actions communes de recherche sur la gestion des ressources environnementales passées et la patrimonialisation paysagère des **montagnes méditerranéennes** (Figure 2). C'est grâce à la rencontre de chercheurs ouverts à d'autres disciplines que j'ai pu mener ce réseau et que nous avons ensemble réussi plusieurs actions : de mobilités entrantes et sortantes de chercheurs du réseau et d'étudiants au sein des divers pays partenaires ; de direction de la thèse d'**Alessandra Benatti** en co-tutelle (France-Italie) et codirection avec **Anna Maria Mercuri** et **Giovanna Bosi** de l'Università degli studi di Modena y Reggio Emilia), moi-même et Philippe Allée (université de Limoges) ; de direction du post-doctorat de **Salvia Garcia-Alvarez** en partenariat avec **Juan Manuel Rubiales** de l'Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de Madrid ; de séminaires auprès des étudiants en masters des diverses universités partenaires ; de publications d'articles dans des revues internationales indexées. De 2011 à 2019 j'ai participé à plusieurs programmes de recherche : PCR "Cassinomagus" porté par G. Rocque, Projet pluridisciplinaire de recherche « **Archéologie pastorale en vallée d'Ossau** » dirigé par C. Rendu et **C. Calastrenc** (Photo 4), ou encore **DINECOFOR** « Dynamique des écosystèmes forestiers dans le bassin du Duero durant l'Holocène » dirigé par **F. Gonzalez-Manzaneque** (membre de l'équipe de Madrid).

En 2019, j'ai rejoint le laboratoire **GEODE UMR CNRS 5602** par le jeu d'une convention signée entre les universités de Limoges et de Toulouse 2, me permettant d'exercer pleinement mon activité de recherche au sein de cette unité. J'ai intégré l'axe de recherche GEOPASSE « *GEOhistoires, géoarchéologies et PALéoenvironnements : l'apport du paSsé à la compréhension des changements Socio-Environnementaux* » que je co-anime avec **Florence Mazier** depuis 2020, année de renouvellement du projet de laboratoire. Entre le 1^{er} septembre 2021 et le 1^{er} mars 2023, j'ai bénéficié d'abord d'un CRCT de 6 mois obtenu par la voie nationale puis d'une délégation CNRS (section 31) de 6 mois et son renouvellement de 6 mois dans cette même unité de recherche. Dès mon arrivée à Toulouse j'ai répondu à plusieurs appels à projets et développement de réseaux recherche en collaboration avec des collègues de l'axe 1 (déjà mentionné) et de l'axe 2 DESTER « *Dynamiques et Enjeux Socio-environnementaux des TERritoires* ». J'ai dirigé mes recherches vers des projets de développement territoriaux faisant le lien entre les données du passé, ce que nous découvrons des paysages culturels et les enjeux actuels vécus par les acteurs territoriaux. C'est ainsi que j'ai conduit une proposition de défi clef (MontagnesOc) auprès de la région Occitanie (en 2021) en mobilisant les collègues de mon unité de recherche et en réunissant une trentaine de laboratoires de recherche, les universités d'Occitanie et des acteurs du territoire en question autour des enjeux des montagnes occitanes face aux divers forçages anthropiques et/ou climatiques que nous connaissons. Ce défi a passé la première phase d'évaluation puis a permis de construire une réponse à l'appel à projet « Science & société » de la Région Occitanie en 2021 autour de la filière pastorale en montagnes occitanes.

⁸ Projet AAP thématiques inter-instituts (SHS et GEIST) PAPAGENO "Paysages pastoraux et génétique ovine" - 2016 - 2019 - Direction M-Cl Bal & A. Blondeau-Da Silva.

⁹ Les détails de ce partenariat international sont dans le volume 2 de cette HDR.



réseau Gestion de Ressources Environnementales
passées et Patrimonialisation paysagère



● Réseau AGRESPE depuis 2011 ● Nouveaux Partenariats



Figure 2. Réseau international AGRESPE (Dir. Bal, 2011-2019).

Le projet **PAACTe**¹⁰ (Figures 3, 4 et 5) que je dirige aux côtés de **Jean-Michel Minovez** est financé pour 3 ans (01/2022-12/2024) par la région Occitanie. Je coordonne un consortium transdisciplinaire (géographes, historiens, économistes, anthropologues, juristes...) qui analyse les premières formes de résiliences de la filière pastorale via l'étude : de l'histoire des paysages agro-pastoraux sur les 200 dernières années, de la biodiversité des zones de parcours, de la co-habitation grands prédateurs –

¹⁰ <https://blogs.univ-tlse2.fr/paacte-filiere-pastorale-occitanie/>

pastoralisme, du devenir de la pratique des brûlages dirigés¹¹, des initiatives de développement territorial, de la redynamisation de la filière laine, et du processus de co-construction de modèle de gouvernance) en Occitanie (Pyrénées et Cévennes). L'objectif est de s'appuyer sur ce diagnostic très précis pour accompagner les territoires vers la transition agro-écologique, transition souhaitée et choisie par les territoires selon un modèle de co-construction d'une forme innovante de gouvernance territoriale. Le pacte pastoral (pacte territorial) développé dans les Cévennes (en CC-CAC-TS¹²) et adopté en 2015 (Olivier Barrière, IRD-ESPACE DEV, Montpellier) est l'exemple sur lequel le projet PAACTe s'appuie. C'est ainsi que depuis 2021, je collabore au sein du projet AGROECOV à l'élargissement de ce premier pacte pastoral vers l'agro-écologie au sein même de la CC-CAC-TS. Les deux projets PAACTe et AGROECOV s'associent dans cette tâche et s'appliquent à aider les acteurs des territoires à identifier (grâce à l'appui de la recherche) les formes de résiliences qu'ils souhaitent mettre en exergue pour le développement de leur territoire.

Je pilote aussi d'autres projets que je détaille soit dans la partie « trajectoires » soit dans les « perspectives de recherche » de cette HDR, et qui viennent renforcer le projet plus global PAACTe.



Photo 4. Traite des brebis en estive d'Aneu, Ossau (Pyrénées Atlantiques) - 2017

¹¹ « Il ne s'agit pas des feux de défrichement pastoraux, ou d'agriculture sur brûlis (essartage, feu d'abattis), avec lesquels on a trop souvent tendance à le confondre, mais du feu du berger, pratique d'entretien des pâturages connue historiquement dans toutes les montagnes mais aussi dans les landes pastorales des plaines. » (Métaillié, 1998). « Le brûlage dirigé est une opération d'aménagement et d'entretien de l'espace comprenant la réduction du combustible sur les ouvrages de prévention des incendies de forêt, ou de gestion des peuplements forestiers, des parcours, des landes et friches » (Rigolot, 1998).

¹² Communauté de communes-Causse Aigoual Cévennes-Terre Solidaire

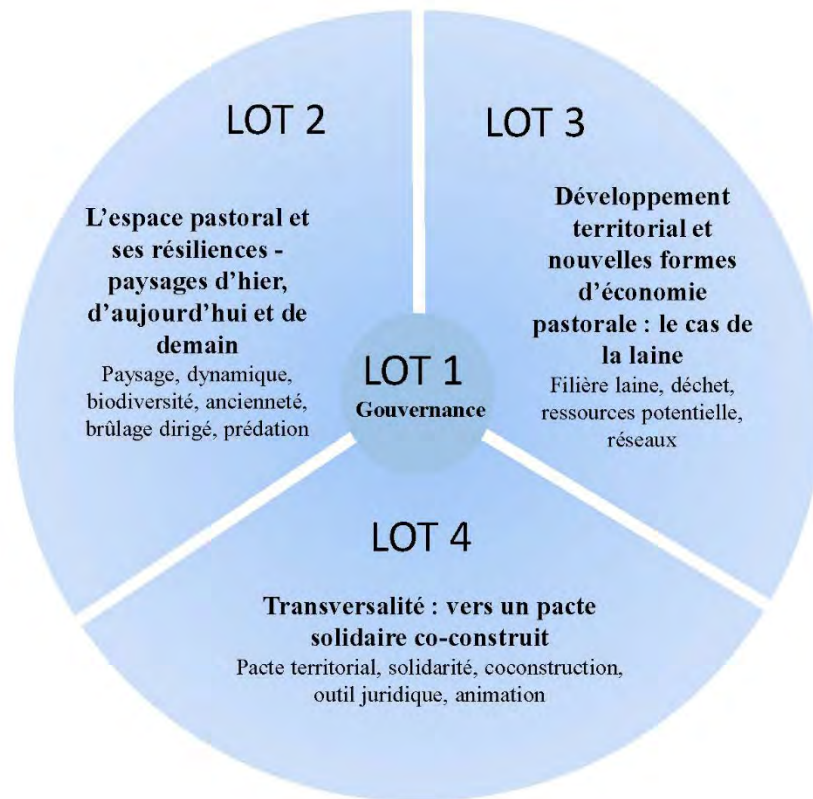


Figure 3. Schéma d'organisation des lots du projet PAACTe

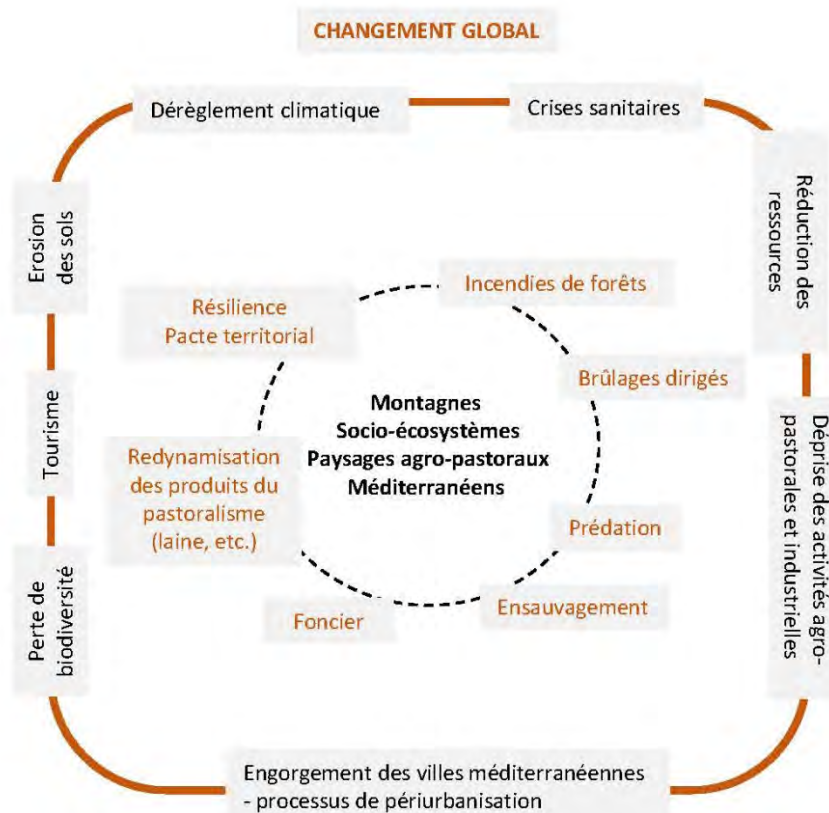


Figure 4. Le projet PAACTe. Approche systémique : anticiper une recomposition territoriale et préparer les montagnes à cette transformation.



Figure 5. Partenariat du projet PAACTe

Le lien avec la formation universitaire

Ces 13 dernières années c'est-à-dire depuis mon recrutement, j'ai formé, encadré des étudiants de niveaux master (une trentaine) et doctorat (4 codirections et 7 en accueil-formation). J'ai également accompagné des jeunes chercheurs dans des projets postdoctoraux (5) ou sur des contrats d'ingénieurs d'étude ou de recherche (4) adossés à mes propres programmes¹³. Ces collaborations avec des jeunes chercheurs ont toutes conduit à des publications internationales de rangs indexés et à de la valorisation au sein de conférences, colloques, séminaires ou quelques fois également sous forme de tables rondes auprès d'acteurs du territoire.

J'ai souhaité, autant que possible, **créer du lien entre les formations** de niveaux licence et master et la **recherche** et en particulier sa **valorisation**. Par exemple, entre septembre 2013 et juin 2014 c'est en tant que responsable de la formation Licence3 – Master 1 et 2 « *valorisation du patrimoine et développement territorial* » de l'Université de Limoges, que j'ai proposé aux étudiants de répondre à un appel à projet Région Limousin ciblé sur l'organisation de colloques (Photo 5). L'objectif était de former les étudiants à la construction d'un événement de réflexion et de communication sur leur propre formation : *Le patrimoine, ressource de développement territorial à l'échelle de la Région Limousin*. Les étudiants ont donc pris en charge sous ma direction : la rédaction de l'appel à communication, la constitution de la liste de diffusion réunissant les principaux acteurs du Limousin (politiques, associations, organismes non institutionnels, autres formations), la diffusion de l'appel, la sélection des propositions de communications, l'organisation en session des discussions, la réalisation graphique de l'affiche, l'accueil des participants, l'animation de la journée, prise en charge des pauses café etc. La formation installée depuis plus de vingt ans à Limoges souffrait pourtant d'un manque de visibilité à l'échelle même de la Région Limousin. Cet événement a participé au rayonnement de la formation et a permis à plusieurs étudiants de trouver des stages suite au colloque, ce qui était bien évidemment un des objectifs à atteindre. Les actes du colloque ont été publiés en 2017 (direction Bal M.Cl. & E. Rouvellac), plusieurs étudiants ont signé ainsi leur premier papier. En 2014, j'ai proposé aux étudiants de la formation Licence 3 – Master 1 et 2 « *valorisation du patrimoine et développement territorial* » de l'université de Limoges de répondre à l'Appel à Projet des *Associations Etudiantes*. Neufs étudiants ont ainsi monté un projet de voyage d'étude du patrimoine marocain à Fès (Photo 6) pour découvrir son exceptionnelle Medina classée patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1981. Leur initiative était adossée à mon projet de partenariat/recherche (Agrespe) que j'avais développé avec l'université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès. J'ai donc pu financer mon voyage pour accompagner les 9 étudiants au Maroc. Ce parcours forme des étudiants aux métiers de l'ingénierie de montage de projets et/ou aux métiers de l'animation. Les objectifs ici étaient i) de leur faire prendre connaissance des divers appels à projets existants qui pourraient les aider à financer des actions, ii) de les former au montage de projets (recherche de financement, partenariat, stratégie, rédactions, organisation d'un voyage, etc ; iii) de leurs montrer un patrimoine différent pour lequel d'importants enjeux se dessinent comme la conservation du bâti, le développement de la vie sociale et économique au sein de cette Medina unique, etc.

Plus récemment (2023 mais aussi en 2024), dans le cadre du projet PAACTe, je dirige (et dirigerai) plusieurs stagiaires en master 1 ou 2¹⁴, sur des sujets liés au projet sur la filière pastorale. En 2024, toujours adossé à ce projet de recherche, j'ai le souhait d'organiser une Table Ronde au cœur des montagnes occitanes en collaboration avec les Parcs Nationaux et Régionaux ainsi que les élus locaux. L'objectif est d'intégrer les populations dans le projet pour construire de véritables laboratoires

¹³ Les détails des encadrements sont précisés dans le volume 2 de cette HDR.

¹⁴ Les sujets et les noms des étudiants sont précisés dans le volume 2 de cette HDR.

innovants, participatifs et vivants au cœur des montagnes occitanes pour un ancrage territorial plus fort et qui rapprocheront chercheurs, gestionnaires de l'environnement, habitants, associations et élus. Ces discussions seront construites par et avec les étudiants de niveau Master. Les sorties terrains avec les étudiants sont aussi l'occasion de favoriser les rapprochements entre la formation et la recherche. En mai 2023, j'ai organisé une visite-rencontre à la ferme de Lachaud¹⁵ (Photo 7) avec les étudiants de la licence pro Design milieux anthropisés (FLSH-Lycée des Vaseix) autour du thème : Pourquoi l'élevage est-il une pierre angulaire de la conservation de la biodiversité des milieux ouverts en Europe occidentale?

L'engagement pour le collectif

J'ai pris des responsabilités deux ans seulement après mon recrutement (voir détails dans le Vol. 2 de l'HDR) avec tout d'abord la responsabilité de la licence de *géographie et aménagement* de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Limoges de 2012 à 2018, ainsi que la co-animation puis l'animation de l'axe de recherche « *Paléoenvironnements et géoarchéologie* » du laboratoire GEOLAB UMR/CNRS 6042.

Depuis 2021, je suis directrice-adjointe du laboratoire GEODE pour un contrat de 5 ans, en charge entre autres : des relations avec l'Ecole Doctorale *Temps espaces sociétés cultures* de l'UT2J et le suivi des doctorants de mon laboratoire, des ressources humaines (entretiens annuels avec les collègues ITA-CNRS) mais aussi membre du comité de laboratoire et enfin membre de la commission doctorale de GEODE. J'ai aussi sous ma responsabilité le plateau technique d'anthracologie-dendrologie et je suis aussi co-animatrice de l'axe 1 GEOPASSE GEOhistoires et PALéoenvironnements de GEODE. Je suis également référente pour GEODE auprès du Labex SMS et du défi-clé OCTAAVE Transitions des systèmes agricoles/alimentaires vers l'agroécologie (Occitanie).

¹⁵ <https://fermedelachaud.com/agriculture-et-biodiversite/>



Photo 5. A, communication en collaboration avec les étudiants suite au voyage au Maroc (Fès). B Affiche du Colloque sur le patrimoine faite par les étudiants. C. Ouvrage publié suite au colloque. D. Affiches pédagogiques réalisées par des étudiants de niveau L3 (université de Limoges).



Photo 6 : Sortie terrain en 2014, au Maroc avec la formation Licence3 – Master Professionnel « *valorisation du patrimoine et développement territorial* » de l’Université de Limoges. Visite d’un patrimoine exceptionnel, la Medina de Fès, en proie à divers enjeux comme la conservation et la restauration du bâti laissant aussi place au développement de la vie sociale et économique. A : carte de l’évolution du bâti de la Medina de Fès ; B : carte localisation de Fès ; C : entretien avec l’Ader-Fès (Agence pour le Développement et la Réhabilitation de la Ville de Fès) ; D : La tannerie à ciel ouvert ; E : aménagements au sein de la Medina ; F : artisan restaurateur de mosaïques ; G : pollution liée à la tannerie, peu ou pas de protection des artisans ; H : le site archéologique de Volubilis peu protégé, peu valorisé en 2014.



Photo 7. A, B & C. Sortie avec les étudiants à la ferme de Lachaud en mai 2023 (Creuse, 23)

Chapitre 2 – L'objet de recherche dans son contexte sociétal : les montagnes agro-pastorales du sud de l'Europe hier, aujourd'hui et demain, face au changement global

« Le maintien d'une population montagnarde suppose des innovations sociales – dans leur sens transformatifs. »

Manfred Perlik (2018)



Photo 8. Brebis en estive d'Aneu, vallée d'Ossau – Pyrénées Atlantiques - 2017

La problématique de recherche de cette habilitation est le produit d'une réflexion de recherche qui a commencé pendant mon doctorat et qui s'est poursuivie pendant mes années de post-doctorat et de maîtrise de conférence. Le cœur de mes recherches reste l'analyse des dynamiques paysagères agro-pastorales d'altitude sur le temps long, celui de l'Holocène. J'explique dans ce chapitre l'inflexion donnée à mes recherches vers l'analyse et l'accompagnement au développement territorial, nourris en partie par la diversité des thématiques géographiques enseignées depuis 2010, tant environnementales que sociales. L'évolution de mes réseaux de recherche en est également à l'origine.

Ainsi, mes recherches s'inscrivent en géographie de l'environnement et écologie du paysage. Je travaille sur l'identification des dynamiques de la végétation ligneuse et des événements de feux en lien avec les pratiques agro-sylvo-pastorales et les forçages climatiques à l'échelle des montagnes du sud de l'Europe (France, Espagne, Italie, Portugal, Monténégro) sur la période de l'Holocène. Je m'intéresse à l'ancienneté des espaces pastoraux d'altitude, à leur connexion avec les écosystèmes forestiers (en particulier les dynamiques de la limite supra-forestière et la limite des arbres), à leur construction et gestion par les sociétés du passé. L'accumulation de données sur l'évolution de la biodiversité ligneuse sur le temps long me conduit à développer des recherches sur la paléo-distribution des espèces végétales rares ou disparues de leurs écosystèmes d'origine. Au fil des années passées au cœur de ces systèmes en transition à identifier divers défis j'ai également développé un fort intérêt pour le devenir de la filière pastorale face au changement global, qui constitue un enjeu fondamental. Cette échelle spatiale d'étude que j'ai choisie a été possible grâce à la rencontre avec des chercheurs d'Europe du Sud qui se sont investis au sein du réseau international AGRESPE que je porte depuis 2011.

Pour cela, j'applique une démarche paléo-environnementale en échantillonnant et en analysant des proxies fossiles, des charbons de bois (pédoanthracologie) issus des sols ou de séquences sédimentaires (signal incendie) afin d'identifier les trajectoires évolutives de ces socio-écosystèmes sur le temps long ou comment les sociétés agro-sylvo-pastorales ont transformé et construit au cours du temps, les paysages montagnards (Bal, 2006 ; Bal et al., 2010 ; Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2019) que nous connaissons aujourd'hui (paysages culturels). Le croisement avec d'autres données issues de méthodes paléoécologiques (pollen, sédimentologie, micro-fossiles non polliniques, etc.), historiques ou archéologiques ainsi qu'avec la dynamique du climat sur l'Holocène m'amène à proposer des *scenarii* de construction des paysages culturels des montagnes méditerranéennes et à préciser l'ancienneté de ces paysages (Bal et al., 2022 ; Bal et al., 2023). Mais aussi, les collaborations internationales que j'ai développées dès 2012 auprès de collègues universitaires, d'associations de l'environnement et du patrimoine, d'agents de développement territorial et d'acteurs des territoires (élus, habitants, éleveurs etc.) au sein de six pays (France, Espagne, Italie, Grèce, Portugal, Maroc) m'ont amenée à me rapprocher du monde pastoral et de sa filière ainsi qu'à la question de son devenir face au changement global. S'adapter au dérèglement climatique et faire face aux transformations et mutations socio-environnementales que nous traversons aujourd'hui impliquent de mieux connaître les trajectoires passées même si ces dernières se sont réalisées dans des contextes climatiques et sociétaux bien différents des événements plus rapides et plus intenses que nous connaissons depuis quelques années. En effet, les socio-écosystèmes montagnards doivent faire face à des enjeux socio-environnementaux tels que l'ensauvagement, l'homogénéisation paysagère, la multiplicité des activités et les conflits de partage de l'espace, la pression foncière etc. Ma recherche se focalise donc également sur la question du devenir de ces espaces dans le contexte du changement global (Figure 4) et à la question de la place des données paléo-paysagères issues de la recherche dans la mise en valeur de ces territoires en transition que représentent les montagnes.

Des espaces très tôt colonisés

«Une définition même de la montagne, qui soit claire et compréhensible est à elle seule à peu près impossible à fournir». Vidal de la Blache en 1903 insiste sur la complexité à définir cet objet de façon unique, constat partagé par Gerbaux en 1989 dans son article intitulé « *la montagne comme lieu de la complexité* ». Aussi, il apparaît plus simple d'exprimer ce qui est entendu ici par « montagne » dans cet exercice d'HDR. Objet complexe de par ses multiples combinaisons topographiques et morpho-climatiques mais aussi parce qu'il représente un espace géographique de coexistence des différents acteurs (élus, touristes, agriculteurs, éleveurs, artisans, chercheurs et non humains) qui utilisent et transforment les ressources et les milieux et construisent ainsi des paysages.

Véritable "hotspot" de biodiversité, le domaine méditerranéen au sein duquel sont inscrits les territoires étudiés, est reconnu notamment pour son histoire riche et sa diversité paysagère. La particularité de son climat et de sa position géographique à l'échelle planétaire, en ont fait dès le Néolithique un des hauts lieux stratégiques en termes de ressources environnementales. Il est aujourd'hui considéré comme un territoire à fort intérêt économique et environnemental. C'est une identité forte qu'offrent ces paysages qui réunissent à la fois caractéristiques montagnardes et méditerranéennes. A l'échelle du domaine méditerranéen (Bal et al., 2023 ; Bal et al., 2019 ; Bal et al., 2015 ; Benatti et al., 2018 ; Benatti et al., 2019 ; Garcia-Alvarez et al., 2017), le Massif central (France), les Pyrénées (France, Espagne), le Système central espagnol et les Apennins septentrionaux (Italie) ont une histoire environnementale, économique et sociale convergente, celle d'un anthroposylvosystème ancien, produit d'une exploitation multifonctionnelle et plurimillénaire liée à l'agro-pastoralisme. Leurs paysages actuels (Photo 9) témoignent du passage d'une surexploitation des ressources par les sociétés agropastorales et industrielles, à un abandon progressif. Les anciennes structures telles que les ruines de cabanes pastorales, les terrasses agricoles, les plateformes de charbonnage avec ou sans murets de soutènement ou encore les arbres tortueux vestiges de l'action passé du bétail (par exemple les hêtres du Mont Lozère et du Monte Cimone) sont autant de marqueurs d'anthropisation dans le paysage montagnard. Des vestiges associés à d'anciennes pratiques humaines, des gestes et des savoir-faire que l'on risque de perdre si l'on ne les valorise pas et si l'on ne les transmet pas aux générations futures. Pourtant, ces montagnes ne jouissent pas toutes des mêmes intérêts et apports en termes de recherche sur l'histoire des paysages. Concernant la protection et la patrimonialisation à l'échelle du bassin méditerranéen les montagnes ne bénéficient pas toutes non plus des mêmes politiques de conservation et de gestion ce qui entrave le bon déroulement des projets de préservation et de mise en valeur de ces territoires. En effet, ces territoires exposés à des problématiques communes sont pourtant gérés individuellement. Approche qui exclut toute concertation entre les différents homologues responsables de ces territoires à l'échelle des pays, des massifs, des vallées, des parcs régionaux ou nationaux. Ainsi, l'amélioration de la communication et de la coordination entre différents acteurs gestionnaires de territoire constitue un enjeu majeur. Si des études sont régulièrement menées par le monde de la recherche pour mieux connaître et reconstituer les trajectoires socio-écologiques et culturelles de ces territoires de montagne, le défaut de transmission de ces connaissances entre le monde de la recherche et les acteurs locaux est important et amène à repenser la manière dont la valorisation de la recherche vers différents publics est mise en œuvre. Or la préservation et la mise en valeur de ces territoires de montagne bénéficieraient d'un travail mené collectivement, par le biais d'échanges d'expériences et de partage de pratiques afin d'accorder les différentes politiques développées. Cette approche viendrait combler le manque de connaissance sur la longue histoire de ces espaces d'altitude par les acteurs de ces territoires (habitants, politiques, touristes). Cela représenterait une avancée écologique et sociale vers une

décision plus intégrée concernant l'avenir des montagnes. C'est la première fois depuis près de 30 ans que les montagnes ont un espace dédié dans le rapport AR6 WGII du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).



Photo 9. Paysage pastoral sur le plateau de Sinjajevina – Un troupeau de brebis et son berger, église de St. Basil d'Ostrog 19^{ème} siècle - juin 2023

Des espaces fragiles et uniques

Il est aujourd'hui acquis par la communauté scientifique et les institutions (*Sommet de la Terre de Rio*¹⁶, 1992 ; *l'Année Internationale de la Montagne (2002)* ; *Assemblée générale des Nations Unies en 2007, rapport GIEC 2022*) que les montagnes représentent des socio-écosystèmes en continuelles mutations¹⁷, fragiles et menacés par le changement global et en particulier par le dérèglement climatique¹⁸ (Leclerc et al., 2020a et 2020b ; Pacifici et al., 2015). Le caractère exceptionnel de ces territoires mais aussi la fragilité de leur paysage et de leur biodiversité sont décrits dans la nouvelle loi montagne 2016 (France) qui est une actualisation de la loi fondatrice de 1985. En effet, l'érosion des sols, la perte de biodiversité, la réduction qualitative et quantitative des ressources (dont l'eau), l'exacerbation des risques naturels liée aussi bien au dérèglement climatique qu'aux modalités de l'aménagement des espaces montagnards, la fermeture des espaces constituent autant d'impacts générés par la combinaison de perturbations naturelles et anthropiques : la déprise des activités agropastorales et industrielles, la diversification et l'intensification de certaines pratiques touristiques (les

¹⁶ La montagne est mentionnée, pour la première fois dans ce type de conférences, comme un enjeu planétaire.

¹⁷ Comme le souligne Jean Duma (*Des ressources et des hommes en montagne*, 2019) : des mutations avec des rythmes d'évolution diversifiés, du temps long des périodes préhistoriques aux mutations d'aujourd'hui, plus brutales et plus radicales.

¹⁸ Changements documentés par les programmes OPCC, Acclimatera, POCTEFA (forêts/écosystèmes d'altitude, GREEN, CLIMPY, REPLIM), IPBES 2020

stations de ski), le taux insuffisant de renouvellement des éleveurs¹⁹ et le dérèglement climatique. Dans ce contexte de changement global, apparaît aussi un autre forçage anthropique : l'engorgement des villes et des métropoles méditerranéennes, qui, sur plusieurs décennies risque d'impacter les écosystèmes montagnards. Selon l'Organisation des Nations Unies (21 juin 2017), la population mondiale devrait atteindre 9,8 milliards d'individus en 2050 contre 7,63 milliards au 1^{er} janvier 2018). Environ 60 % (3,6 milliards d'habitants) de la population mondiale vit à moins de 60 kilomètres du littoral (selon le Programme des Nations unies pour l'environnement Pnue), cette proportion sera de 75 % (soit 3 habitants sur 4) dans trente ans. Ce sont dans les espaces urbains que cette augmentation sera la plus marquée à hauteur de 2 habitants sur 3²⁰. Vers 2050, en région méditerranéenne et d'après les estimations du *Plan Bleu*, un peu plus d'un tiers de cette croissance aura lieu dans les régions côtières et plus particulièrement dans les villes littorales : près de 170 millions d'habitants sur la rive européenne (140 en 2005), plus de 300 millions sur les rives Est et Sud de la Méditerranée (151 en 2005). A une autre échelle, l'Insee publie en 2017 une projection démographique d'ici 30 ans qui montre qu'en France ce sont l'ouest et le sud qui accueilleront le plus d'habitants. Les villes devront s'adapter à ce changement, à "l'accueil" d'une population toujours plus grande. Face au dérèglement climatique et à un tropisme de plus en plus marqué pour les villes et en particulier pour celles des côtes méditerranéennes, les problèmes environnementaux devraient s'accroître puisque ces dernières (les villes) produisent déjà 70 % des émissions de gaz à effet de serre : pollution de l'air, de l'eau et des nappes phréatiques, accumulation des déchets, problèmes de santé des populations, conséquences de l'élévation attendue du niveau de la mer sur les espaces laguno-littoraux, pression sur le foncier, dégradation du patrimoine culturel mais aussi augmentation des prélèvements sur les ressources environnementales.

C'est dans ce scénario d'engorgement des villes méditerranéennes que les montagnes déjà considérées comme des fournisseurs mondiaux de ressources (Perlik, 2015), subiront l'expansion démographique associée au processus de périurbanisation engendré par la proximité et la facile accessibilité des grandes agglomérations (Petite et Debarbieux, 2013). Cette mutation engendrera une réactivation et potentiellement une accélération de l'exploitation des ressources naturelles et biens communs (forêts, pâturages, eau, minerais, neige...) dont elles disposent, générant ainsi des tensions et des conflits d'usage (manque de foncier dans les zones attractives, tourisme – pastoralisme - biodiversité, ensauvagement - activités traditionnelles, ruraux - néo-ruraux - urbains, permanents/résidents secondaires, productions - pollutions, enclavement vs accessibilité des espaces, conflits de langues, etc.). Ces systèmes montagnards seront également de plus en plus attractifs pour une population urbaine "en mal de nature"²¹ qui développe déjà la multi-localité résidentielle (résidences secondaires ou résidences de loisirs) et vient chercher une meilleure qualité de vie et des prix fonciers bien moindres (Petite et Debarbieux, 2013), des productions agricoles de qualité, et tente de se rapprocher de traditions et de l'agriculture vivrière (Mendras, 1992). Ici, d'autres conséquences locales importantes s'ajoutent : la désertification saisonnière et la fermeture des services, les transformations du paysage ou encore les conflits territoriaux entre habitants et néorésidents dans les zones fortement touristiques (Duchêne-Lacroix, 2013, Perlik, 2015). Dubertrand (2018) montre que cette attractivité peut conduire à l'opposition entre des modes de vie locaux et de nouveaux modes

¹⁹ Les + de 70 ans = 14,6 % des Occitans contre 12,7 % des Français ; Hautes-Pyr. et Ariège font partie des 10 départements français les plus âgés

²⁰ David Desrivierre, Insee Première, n° 1652, 22 juin 2017

²¹ Le terme « *nature* » est volontairement choisi ici selon le sens critiqué par Ph. Descola, c'est-à-dire celui donné par la seule société occidentale qui dans sa culture, sépare la Nature de la Société et dont ce concept (de Nature) amène à mettre de la distance entre les humains et les non-humains.

de vie générés par les nouveaux habitants (nommés au gré des travaux de néopaysans, d'alternatifs, de décroissants ou de paysans atypiques) ou de nouvelles activités. Perlik (2015) précise que la "demande sociale exogène (venant des villes), est susceptible d'imposer ses modes d'habiter et par là sa territorialité²²".

Un double avenir incertain

Ces espaces d'altitude sont déjà promis à un double avenir incertain qui rend difficile tout projet de développement territorial intégré et participatif : soit ils sont conservés sous forme de réserve environnementale, soit ils sont ou seront transformés en aires de loisirs des grandes agglomérations européennes situées à proximité (Gumuchian, 2001). La menace est de faire de ces espaces de montagne à très faible densité de population, des zones secondaires au service des pôles urbains sans intégration des populations locales dans les projets de mise en valeur du patrimoine bioculturel. Mais le nouvel enjeu aujourd'hui pour ces montagnes européennes et leur population réside également dans le risque d'uniformisation des paysages et la disparition de la diversité bioculturelle qui mettrait un terme à deux millénaires de différenciations, de spécificité culturelle. Une radicale transformation fonctionnelle de ces montagnes anciennement rurales et industrielles, géographiquement proches des grandes agglomérations pourraient les pousser à abandonner l'usage de certains services écosystémiques comme les espaces ouverts et la pratique pastorale qui leur est liée au profit d'autres activités plus "rentables". Ainsi comme le souligne Manfred Perlik (2015) " *les atouts du passé ont perdu leur signification ou sont considérés comme sans potentiel*". En effet, les montagnes sont peut-être plus que d'autres espaces, génératrices d'altérités culturelles, traditionnelles en lien avec leurs caractéristiques environnementales (pente, altitude, enneigement, accès difficile...) qui ont conduit les sociétés du passé à organiser leurs activités dans l'espace et dans le temps en gérant les ressources afin de les faire perdurer.

Pour tenter de limiter ce risque, il faut provoquer de manière plus accentuée le rapprochement entre la recherche sur l'histoire de ces paysages montagnards, véritables constructions culturelles (Bozonnet, 1992 ; Briffaud, 1994) et les citoyens, les résidents et les pratiquants de la montagne, acteurs, producteurs de savoirs patrimoniaux (Bouisset et Degrémont, 2013). Il va falloir anticiper une recomposition territoriale et préparer les montagnes à cette transformation. Il faut trouver une entrée fédératrice qui amène vers l'évolution d'une identité territoriale, montagnarde. Recomposer entre territoires urbains et territoires non urbains, entre montagnes et grandes agglomérations voisines.

Le pastoralisme et ses quelques enjeux dans les montagnes méditerranéennes

Les estives des massifs méditerranéens représentent une part importante du paysage montagnard et sont indispensables à l'une des rares activités agricoles qui peut s'y développer. En effet, les vastes espaces ouverts de montagne offrent la ressource fourragère à l'activité de l'élevage transhumant ou pastoralisme. Elles sont en connexion directe avec les exploitations des terres de vallées et des zones intermédiaires (moyennes altitudes) organisées en un système pastoral qui gère la mobilisation optimale des ressources fourragères selon les saisons, le développement et la disponibilité de la végétation et l'altitude. Ce système d'organisation socio-écologique de la montagne existe depuis au moins le Néolithique, période pour laquelle on retrouve les traces les plus évidentes

²² Debarbieux (2008) désigne sous ce terme, l'impératif que les êtres humains ont de composer avec leur condition terrestre, et les arrangements matériels et symboliques qui en résultent.

de l'exploitation de la montagne à des fins pastorales et agricoles. C'est à partir de cette période que les transformations paysagères apparaissent même si elles ne sont pas les plus impactantes. Depuis des millénaires, les sociétés du passé ont su utiliser les ressources de la montagne tout en composant avec les variations climatiques et les besoins alimentaires croissants des villes. La gestion de la ressource pastorale, mais aussi des aquifères et des fourrages ont été l'objet de conflits parfois centenaire mais aussi de réglementations, d'accords, d'arbitrages entre des acteurs multiples, à la fois collectifs (Etats, communautés, syndicats, compagnies) ou individuels (Marc Conesa, communication orale). Le monde change et ses enjeux aussi. L'équilibre et la négociation font toujours partie de l'horizon politique participant de la gestion de ces territoires complexes. Ils sont aussi les forces motrices de la fabrique des paysages.

Aujourd'hui, le monde rural méditerranéen doit faire face entre autres, à la difficulté du renouvellement générationnel de ses paysans. En France, 55 % des exploitants agricoles sont âgés de plus de 50 ans et 45 % d'entre eux partiront à la retraite d'ici 2030. D'après l'Instituto Nacional de Estadística²³, en Espagne en 2020, le nombre d'agriculteur chute de 7.6 % par rapport à 2009. Les données de 2020, montrent que pour ce même pays les agriculteurs âgés de 55 à 64 ans sont quantitativement les plus représentatifs de la profession. Le nombre d'agriculteurs inscrits dans la tranche d'âge 45-54 ans chute à 175 850, et pour celle entre 35-44 ans, seulement 91 276 agriculteurs sont répertoriés. En Italie en 2013, seuls 4,5 % des chefs d'exploitations avaient moins de 35 ans en 2013 (contre 8,8 % en France)²⁴. D'après l'Insee (11/10/2021)²⁵ en France, le niveau de vie des ménages agricoles est plus faible dans les territoires d'élevage que dans ceux de production végétale. Malgré les promesses de la nouvelle réforme de la Politique agricole commune (PAC) qui a mis en place des dispositifs de développement rural réservés aux nouvelles générations (des exploitants de moins de 40 ans) comme le soutien à l'installation et les investissements des jeunes agriculteurs, la tendance ne s'inversera pas. La Commission européenne estime même que le nombre d'agriculteurs en Europe va diminuer plus rapidement encore avec une diminution d'environ 1 % par an d'unités de travail d'ici 2030. D'autres facteurs au-delà des conséquences fiscales et financières sont à prendre en compte comme ceux d'ordre personnel, social et culturel qui évoluent dans un contexte de dérèglement climatique mais aussi de dévalorisation sociale du métier. Nicolas Deffontaines (2014) insiste bien sur le fait que le suicide des agriculteurs qui a certes pris de l'ampleur depuis la « crise du lait » en 2009, ne doit pas être uniquement associé aux difficultés économiques que le secteur subit mais aussi à des faits de « souffrance sociale ». Par exemple, en France (mais pas uniquement), le retour des loups (*Canis Lupus*) implique une réorganisation et une adaptation quotidienne de la pratique d'élevage (Photo 10). Nicolas & Doré (2023)²⁶ précisent dans leur étude à propos de l'impact de la présence du loup sur la santé des éleveurs et des bergers²⁷ que « *les loups transforment les conditions d'existence des humains. Ils influent sur la santé des éleveurs et sur leur manière de vivre avec les autres êtres humains* ».

En effet, la diffusion rapide du loup est vécue en Europe et en particulier dans les Pyrénées et les Cévennes (pour rejoindre les territoires d'étude du projet PAACTe) comme un coup de grâce par les populations d'éleveurs et les élus qui subissent déjà de nombreuses mutations (évoquées dans cette partie de l'HDR). Le témoignage que j'ai recueilli en 2022 auprès d'un élu d'une commune montagnarde de la Haute-Garonne insistant comme suit : « *Non pas le loup, l'ours encore on sait faire*

²³ [INEbase / Agriculture and environment /Agriculture /Agricultural Census / Latest data](https://inecbase.europa.eu/fr/agriculture-et-agroalimentaire/italie)

²⁴ [Agriculture et agroalimentaire - ITALIE | Direction générale du Trésor \(economie.gouv.fr\)](https://inecbase.europa.eu/fr/agriculture-et-agroalimentaire/italie)

²⁵ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5434584>.

²⁶ Chercheur sociologue à l'INRAE.

²⁷ Travail qui sera également mené par A. Doré en 2024 dans le cadre du projet PAACTe.

mais pas le loup, on a déjà assez de problème comme ça...» montre l'inquiétude de l'arrivée du prédateur dans le secteur alors que le *pays* semble s'être accommodé de la présence de l'ours. Il est possible que l'arrivée d'un nouveau prédateur générant des inquiétudes chez beaucoup d'éleveurs et élus de montagne masque pour un temps, les effets encore présents provoqués par la réintroduction de l'ours dans les Pyrénées. Ici, les chiens de protection des troupeaux sont ainsi re-devenus un outil utilisé par les éleveurs et soutenu par des mesures d'accompagnement mises en place par la France, afin d'assurer le maintien de l'élevage extensif en montagne tout en préservant les espèces protégées telles que le loup²⁸. Par contre, ce changement de pratique crée aussi des problèmes de cohabitation entre les différentes activités de l'économie de montagne, en particulier entre le développement des pratiques de loisirs et l'élevage, entre éleveurs/bergers et touristes par exemple. Travaillant aussi au sein de montagnes espagnoles et italiennes depuis plus de 10 ans, j'ai pu constater des différences de niveaux de tensions chez les éleveurs et les élus face à la progression du loup, en comparaison avec l'exemple français (Pyrénées et Cévennes). En Espagne, la présence de ce prédateur est avérée dans les Monts Cantabriques (Picos de Europe) et plus spécialement dans les Asturies, en Alava (Pays Basque Sud) ainsi qu'en Catalogne, principalement dans le Sud mais aussi en Sierra del Cadi dans le nord. La question de sa cohabitation avec l'élevage est aussi sous tension surtout depuis 2021. Ce pays qui comme la France a adopté en 1979 la Convention de Berne²⁹, n'a par contre dans un premier temps, pas ratifié le texte de l'annexe II listant les *espèces strictement protégées* et lui a préféré l'annexe III portant sur les *espèces protégées*. En 1979, la France ratifie la Convention de Berne et adopte directement l'annexe II alors que le loup est déclaré officiellement éradiqué sur le territoire national dès 1937. Un plafond de loups abattus est alors fixé par arrêté ministériel. Les préfets locaux ont en charge l'autorisation ponctuellement des tirs de défense ou de prélèvements dans la limite du plafond. Cette différence d'adoption de réglementation sur la gestion de grands prédateurs a perduré entre les deux pays jusqu'en 2021, date à laquelle le gouvernement espagnol a interdit la chasse de cette espèce sur son territoire. L'objectif du gouvernement était d'unifier les règles à l'échelle du pays car jusqu'alors les régions du nord de l'Espagne (Cantabrie, Rioja ou Pays Basque) traitaient le loup comme une espèce cynégétique, ce qui permettait d'en abattre un certain pourcentage. Chaque région d'Espagne bénéficiait d'une large autonomie dans le contrôle des effectifs de loups. Cette réglementation plus souple était perçue comme efficace par les éleveurs et les élus des communes concernées par l'élevage extensif et la prédation. La réforme introduite en 2021 par le gouvernement a fait fortement réagir les organisations agricoles et d'élevage en Espagne, à l'image des réactions déjà connues en France. En Italie, les loups vivent en grande majorité dans les Apennins. C'est par les Alpes depuis l'Italie que le loup est réapparu dans les années 1990 en France. Le débat loup-élevage est resté longtemps dans l'ombre en Italie en particulier au sein du territoire du parc national des Abruzzes où sa présence plus affaiblie depuis les années 1980 est cependant restée constante. Au sein de ce parc, il est strictement interdit de tirer sur un loup, sur aucune espèce animale d'ailleurs. Ailleurs, l'Italie bénéficiait d'un droit d'abattage du loup fixé par des quotas comme en France. En 2019, l'Italie renonce à ce droit alors qu'au moment même la France souhaitait faire lever les quotas sur son territoire. Des moyens de protection des troupeaux sont mis en place depuis longtemps en Italie comme les chiens de protection équipés de colliers en acier pour éviter les morsures de loups et le regroupement nocturne du bétail avec clôture électrifiée ou renforcée ou gardée par un berger. La perte d'une bête

²⁸ Rapport de mission de conseil n°23029, Juillet 2023. <https://agriculture.gouv.fr/le-statut-des-chiens-de-protection-des-troupeaux>.

²⁹ La Convention de Berne a été adoptée au niveau européen en 1979. C'est une convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Elle est retranscrite dans le droit européen via la Directive Habitat de 1992.

d'élevage tuée par attaque de loup entraîne une indemnité recevable dans les 90 jours en Italie. C'est au sein de territoires nouvellement colonisés par le loup à savoir la Vénétie, le Piémont et la Toscane que les conflits sont apparus. On le voit ici dans ces derniers territoires comme en France, le débat complexe entre la préservation d'une espèce prédatrice protégée et le maintien d'un pastoralisme extensif en montagne doit être intégré dans une analyse historique de la prédation jusqu'à son éradication passée (début 20^{ème} siècle pour le loup ou moitié 20^{ème} siècle pour l'ours en France). C'est à partir de cet événement que les populations pastorales ont réalisé leur pratique en montagne sans plus aucune pression de prédation. La surveillance par un berger et le regroupement du bétail la nuit étaient devenu quasi inutiles au sein des grands espaces pastoraux montagnards vides de grands prédateurs. Ainsi, le retour (réintroduction de l'ours ou diffusion du loup) des grands prédateurs s'impose à une société qui a perdu tout contact avec ces animaux et qui doit re-transformer sa pratique pour s'adapter. Sans nul doute, la connaissance historique de ce rapport élevage-prédation analysé par territoire, nous amène à mieux saisir les enjeux actuels et les réactions de divers acteurs concernés. En septembre 2023, la Commission européenne impulse une nouvelle réflexion sur le statut de protection du loup au sein de l'UE³⁰. L'objectif serait d'actualiser le cadre juridique afin *d'introduire, lorsque c'est nécessaire, davantage de flexibilité* [sur le contrôle des populations de loups], *à la lumière de l'évolution de cette espèce*. En attendant, à l'échelle de la France, le gouvernement a présenté fin septembre 2023 le nouveau « Plan loup 2024-2029 » aux membres du Groupe national Loup (GNL)³¹ qui est voué à remplacer un précédent plan arrivant à expiration à la fin de l'année 2023. Il doit entrer en vigueur le 1^{er} janvier 2024. Les réfractaires à la présence du loup et ses défenseurs ont réagi de façon similaire et négativement face à ce nouveau Plan qui devait pourtant assurer une meilleure protection des troupeaux et impulser une meilleure cohabitation entre le prédateur et l'élevage.

Cette problématique de partage des territoires de montagne entre humains et non-humains (Blanc & Cohen, 2002) se retrouve aussi à travers la forte abondance des ongulés sauvages répertoriée notamment dans le secteur des Pyrénées. Ces animaux sont des acteurs majeurs du fonctionnement des socio-écosystèmes en agissant sur la dynamique des communautés végétales et sur les paysages. Cependant, leur importante prolifération attestée depuis 2019³², pourrait avoir des conséquences écologiques³³ mais aussi économiques substantielles pour divers types d'acteurs tels que les agriculteurs, les éleveurs, les propriétaires forestiers (risque pour la filière bois)... Pour faire face à cette prolifération de grande faune, des idées adaptatives déjà en place dans certains territoires comme les Ardennes³⁴, fleurissent un peu partout dans les zones de montagne³⁵ dans le double objectif de gérer

³⁰ https://france.representation.ec.europa.eu/informations/loups-en-europe-la-commission-invoke-les-autorites-locales-utiliser-pleinement-les-derogations-2023-09-04_fr

³¹ Le Groupe national Loup (GNL) est une instance consultative réunissant représentants du monde agricole, élus, chasseurs, administrations et associations de protection de la nature.

³² Le cerf occupait plus de 49 % des surfaces boisées en 2019 contre 25 % en 1985, selon l'Office français de la biodiversité (OFB).

³³ Selon les dernières statistiques de l'ONF, plus de 50 % des surfaces des forêts domaniales, appartenant à l'Etat, sont en situation de déséquilibre forêt-ongulés à cause d'une surpopulation de cerfs, chevreuils, biches, sangliers...

³⁴ En 2021, le Parc Naturel Régional des Ardennes, la Fédération départementale des chasseurs et la Communauté de Communes Ardenne Métropole se sont associés pour créer un projet de venaison en circuit local. En octobre 2023, la réhabilitation d'un ancien abattoir commencera avec une première collecte de gibier dans la zone du PNR à l'ouverture de la saison 2024-2025.

³⁵ Témoignages que j'ai recueillis dans le cadre du projet PAACTe en 2022 auprès d'élus, de sociétés de chasse et de particuliers.

les populations d'ongulés par la chasse et de produire de la venaison en circuit court³⁶ (nouvelle ressource économique pour les territoires). Cela suppose évidemment dans le cadre d'une mise sur le marché ou de remise directe à un particulier (consommateur final), de mettre en place un système de traçabilité du produit en cohérence avec les exigences sanitaires contrôlées par les services vétérinaires.



Photo 10. Chiens des Balkans servant à éloigner les loups des troupeaux. Monténégro, Sinjajevina – juin 2023

Par ailleurs, le feu accompagne depuis le Néolithique (en Occident) les sociétés agro-sylvo-pastorales pour entretenir les espaces ouverts dédiés à l'élevage ou pour transformer la ressource bois destinée à divers usages (domestiques, réduction du minerai, production de charbon de bois...). Le pastoralisme est donc aussi associé au feu et en particulier à la pratique de brûlage dirigé réalisée spécifiquement dans des secteurs montagnards difficilement accessibles aux techniques de débroussaillage manuel ou mécanique (Photo 11). Aujourd'hui, même si les brûlages dirigés sont fortement encadrés et règlementés à l'échelle mondiale (depuis les années 1990 en France), le développement d'une gestion intégrée du feu se heurte à un contexte global tendu basé pour partie sur une nouvelle représentation de la pratique de feu. En effet, elle est influencée par 1) l'augmentation de la fréquence et la sévérité des méga-feux destructeurs des forêts tropicales et plus récemment des forêts continentales (été 2022 et été 2023), 2) une population montagnarde qui se « rurbanise » (Métaillié, communication orale) et s'inquiète des pollutions atmosphériques générées par les particules de carbone émises lors des incendies et, 3) l'accroissement des contraintes réglementaires et la superposition des interdictions de mise à feu qui viennent encore compliquer ce

³⁶ En 2023, la valorisation locale du gibier sauvage des forêts ardennaises est née d'un travail conjoint entre la Fédération De Chasse, le PNR Ardennes et la Communauté de Communes Ardenne Métropole.

contexte. Les brûlages sont souvent vus par leur aspect négatif, rarement par les points positifs. Il a fallu attendre les incendies provoqués par l'éruption du Mont Saint Hélène en 1986, aux USA, pour qu'on se rende compte que des incendies réguliers étaient indispensables pour le maintien de certaines plantes rares (Schwartz, communication orale). Face à ces multiples enjeux, en 2022, j'ai proposé à Jean-Paul Métaillé et Sylvie Guillerme³⁷ de poursuivre ensemble les recherches sur la thématique des brûlages dirigés au sein du projet PAACTe et en portant aussi ensemble un projet de thèse financé par un contrat doctoral de l'UT2J (2022-2025). L'importante masse de données recueillies sur 45 ans dans les Pyrénées par Jean-Paul Métaillé représente un point de référence approfondi qui sert depuis 2022 de point d'appui tant méthodologique qu'analytique au travail de thèse de la doctorante Solène Havard. Les pistes développées ici portent sur le rôle des *intermédiaires du feu* (les agents des chambres de commerce et/ou cellules de brûlage dirigé) qui se retrouvent entre les acteurs qui commandent/sollicitent l'utilisation du feu à des fins pastorales et ceux qui le mettent en pratiques sur le terrain. La transmission des savoirs est aussi questionnée face au développement des techniques de prévention et de lutte des services d'incendies et de secours qui semble effacer ainsi les pratiques traditionnelles. Dans la partie « *perspectives de recherche* » de mon HDR, je développe d'autres enjeux liés aux brûlages dirigés et à l'accompagnement des intermédiaires du feu grâce au développement d'outils issus de l'Intelligence artificielle (collaboration avec le laboratoire IRIT-UT2J-Toulouse)³⁸. J'étudierai par des entretiens et de l'observation, les enjeux de la démarche et identifierai finement³⁹ les verrous et les leviers rencontrés par ces gestionnaires au sein d'une zone de montagne des Pyrénées orientales là où les incendies de forêts sévissent (avril 2023) et où les Cellules de Brûlage dirigé mentionnent divers besoins.

Dans le cadre du projet PAACTe puis le projet PELOTE, j'ai aussi impulsé le développement d'une analyse de la ressource laine en Occitanie (Photo 12) menée à la fois par un historien de l'économie JM. Minovez (GEODE) et deux économistes Rachel Levy (LEREPS ENSFEA) et Catherine Milou (post-doctorante projet PAACTe). Aujourd'hui les éleveurs de brebis se retrouvent également face au problème du devenir de la laine, une ressource qui est devenue un sous-produit voire un déchet de l'élevage ovin, représentant même une contrainte et un coût pour les éleveurs (Delfosse et al., 2019). Quel est l'avenir de cette ressource potentielle dont la production dans les Pyrénées et le Massif central et celle d'étoffes tissées à partir de fibres locales et importées a occupé historiquement une place majeure en Occitanie (Minovez, 2012). C'est à partir des années soixante-dix que la filière laine s'est progressivement délitée en France du fait d'une concurrence internationale croissante, d'une délocalisation des industries françaises à l'étranger pour réduire leurs coûts de production, et d'une évolution des modes de consommation (Minovez, 2009, 2019). Toutefois, plusieurs initiatives récentes tendent à revaloriser cette ressource locale à travers des projets de développement territoriaux : des entreprises anciennes ou nouvelles élaborent et diversifient, selon les différentes qualités de laines, des étoffes, des produits de bonneterie, des tissus pour l'ameublement et l'automobile. De nouveaux produits sont expérimentés, comme les géotextiles... Ces initiatives, encore éclatées, révèlent l'existence de réseaux plus ou moins formels, constitués pour partie de maillons de l'industrie de la laine qui ont réussi à perdurer. Ce sont ces réseaux ou branches (Minovez,

³⁷ Directrice de recherche CNRS GEODE

³⁸ Les outils d'IA seront exploités pour la modélisation des scénarios de brûlages dirigés (outils automatisés d'aide à décision pour assister la planification et la réalisation du brûlage sur le terrain). Ce point est développé dans la partie « Perspectives de recherche » de mon HDR-Vol 1.

³⁹ J'ai effectué pour l'instant uniquement quelques entretiens informels auprès de la Cellule Brûlage dirigé 66. Ces derniers m'ont toutefois permis d'identifier des premiers besoins sur le sujet.

communication orale) que nous interrogeons afin d'identifier les potentialités d'une redynamisation de la filière laine en Occitanie.

Ce tour d'horizon (loin d'être complet) sur les quelques enjeux développés ici concernant l'activité pastorale en montagnes méditerranéennes démontre effectivement que c'est un ensemble de vulnérabilités qui pèse sur l'agriculture et en particulier l'élevage extensif en montagne.

Des espaces et des sociétés montagnardes très réactifs au changement, capables de fortes adaptations...

Poche et Zuanon (1985) soulignaient à propos de la représentation des collectivités de montagne qu'elles se définissent comme des groupes humains ayant un système de pratiques optimisées à chaque époque, par rapport aux contraintes. Les contextes de crises et d'incertitude poussent les territoires (acteurs et décideurs) à être résilients et à innover en proposant des initiatives d'adaptation en s'appuyant sur les forces et les potentialités locales (Tanguy et Charreyron-Perchet, 2013). C'est ce que réalise la filière pastorale à l'échelle des montagnes méditerranéennes que j'ai traversées et étudiées, et à tous les maillons de sa chaîne (production, transformation, commercialisation et distribution) avec par exemple : la redynamisation et la reconsidération des estives (implantation/installation de bergers et production de fromages en altitude ou la réouverture de certaines estives pour activer la ressource pastorale) ; les changements de pratiques d'élevage en altitude (modifications des parcours, cohabitation entre pastoralisme et grands prédateurs, etc.) ; les adaptations dans la gestion des brûlages dirigés (réponse à l'embroussaillage, risque de conflits avec le tourisme) et du risque d'incendies ; l'adaptation des espèces domestiques par le développement des races rustiques locales, ou espèces adaptées à la diversification des activités économiques ; la qualité des produits issus de l'élevage en montagne (viande, lait, laine) et artisanats associés, les initiatives face au problème du foncier et l'accès aux subventions ou encore les nouveaux modes de développement économiquement viables (redynamisation de la filière laine).

Les questions d'identité sont également associées à celle de la résilience du territoire, autrement dit à l'identification des processus qui ont conduit les territoires à anticiper, réagir et s'adapter aux diverses perturbations (lentes ou brutales) sur la longue durée. Mais aussi les initiatives qui promeuvent les produits locaux (circuits courts) tout en soutenant le lien social sur les marchés locaux en espaces de montagne, représentent une forme d'adaptation à la situation actuelle.

L'adaptation aux changements globaux étant aujourd'hui devenue inéluctable, l'effet des activités et l'évolution des écosystèmes de montagne sur nos vies est de plus en plus visible et conscient. La crise (climatique, sanitaire...) que nous traversons en est une preuve.



Photo 11. Brûlage dirigé à Boldis, Pyrénées catalanes - 2008



Photo 12. Laine à l'état brut dans le département 65 - @Cathy Milou - 2023

AXE 2 – Méthodologie et Applications

Chapitre 3 - Méthodes de recherche : Le paysage, une plateforme d'interactions pour identifier les continuités et les discontinuités entre humains et non humains

« L'approche paysagère plonge la réflexion dans les décennies passées et la projette dans le futur. »

Joliveau et al., 2008



Photo 13. Katuns sur le plateau de Sinjajevina, Monténégro – juin 2023

Lire le visible, identifier l'invisible des paysages...intérêt pour le temps long (Holocène)

Issue d'un parcours nourri d'intersciences (comme détaillé dans la partie concernée), j'emprunte les méthodes de l'écologie du paysage et de la géographie (Marty *et al.*, 2006) afin de lire dès les premières prospections de terrain, les éléments visibles du paysage (terrasses de culture, arbres émondés, anciennes structures pastorales, îlots forestiers, etc.) qui aident à comprendre les dynamiques socio-environnementales à l'origine des paysages agro-pastoraux d'aujourd'hui. Au fil des années, la lecture des paysages (Lespez, 2020) de montagnes devient plus précise et efface la séparation entre les éléments dits « intra-sites » et « hors-sites » pour laisser la place à une analyse systémique qui aide à comprendre l'organisation socio-spatiale des versants qui influence la dynamique de végétation sur le temps long. A ce premier décryptage fondamental de l'espace anthropisé s'ajoute l'approche géoarchéologique fondée sur l'analyse des archives naturelles préservées dans les sols, complétée par l'étude de cartes anciennes (Cassini, *Etat-major*, *Réformations*⁴⁰...), à l'image des travaux menés par l'équipe du LIVE (Schwartz *et al.*, 2020) de l'université de Strasbourg. En effet, l'identification des éléments invisibles du paysage vient combler les limites du visible qui n'offre que la partie émergée d'un territoire (Brunet, 2001). Les sols sont ici considérés à la fois comme d'importants témoins liant les sociétés agro-pastorales à leur milieu via leurs pratiques, mais aussi comme des archives qui renferment des éléments naturels fossiles permettant de reconstituer la dynamique paysagère sur le temps de l'Holocène. L'objectif dans la démarche est d'utiliser une méthode permettant d'identifier les trajectoires socio-environnementales à très haute résolution spatiale et temporelle. La pédoanthracologie, c'est à dire l'analyse des charbons de bois issus des sols, s'est ici imposée puisqu'elle renseigne à la fois sur la dynamique de végétation ligneuse incendiée et sur l'histoire des événements de feux (anthropiques ou naturels) sur le temps long grâce à l'identification taxonomique et aux datations radiocarbone faites sur les charbons de bois identifiés (Figure 6). Elle est de plus applicable en tout sol comme le précisait Michel Thionon (1992) puisque « *l'ensemble des sols de la planète, quel que soit le type de système écologique ou climatique contiennent des charbons* ». La faible dispersion des éléments carbonés permet une reconstitution du paysage végétal à l'échelle du versant⁴¹. Plus précisément, la méthode consiste à réaliser des fosses pédoanthracologiques selon un transect altitudinal allant de la lisière forestière actuelle jusqu'à la partie sommitale du versant (là où des prélèvements de sols sont encore possibles). Au-delà de ce transect retraçant les fluctuations de la timberline et de la treeline dans le temps, d'autres fosses peuvent être réalisées au sein d'un plateau pastoral de vaste étendue présentant des indices géomorphologiques spécifiques (doline, cirque etc...) accompagnés de vestiges archéologiques pouvant suggérer une organisation socio-environnementale différente à l'échelle du plateau. La résolution spatiale de la méthode et de l'approche permet d'analyser la distribution spatiale des pratiques agropastorales et celle des paysages. Une fois les fosses réalisées jusqu'à la roche mère, une description macropédologique des sols est d'abord réalisée afin d'identifier des indices de brassage des sols, remaniements faits par les racines, les macrovertébrés ou méso et pédofaune. Certains charbons visibles à l'œil nu au sein de la fosse peuvent être prélevés (avec annotation de la profondeur et de l'environnement immédiat du prélèvement). Le prélèvement de sol (5 à 6 litres) se fait par niveau de 10 cm en général en commençant par le fond de la fosse pour éviter les éventuelles contaminations des niveaux supérieurs vers les niveaux inférieurs. Une fois en laboratoire, les sols sont d'abord séchés pour rendre les charbons moins fragiles au tamisage à l'eau qui suivra. Puis les refus de tamis (5 ; 2 ;

⁴⁰ En 1661, Louis XIV et Colbert lancent une grande réforme de la gestion des forêts du royaume.

⁴¹ Cf le chapitre de ma thèse (Bal, 2006) : IV.4 REFLEXION SUR LA TAPHONOMIE DES CHARBONS ET CONSEQUENCE SUR LA FRAGMENTATION ET LE DEPLACEMENT DES CHARBONS DANS LES SOLS

0.8 et 0.4 mm) sont à nouveau séchés puis triés pour extraire les charbons de bois des autres éléments de sols (graviers, restes de branches non carbonisées, restes d'insectes, etc.). L'identification au microscope des charbons fossiles est facilitée par la comparaison possible de leurs structures anatomiques avec celles d'échantillons issues de la collection de référence et des descriptions disponibles dans les atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 1990). En raison du coût élevé des datations radiocarbone, seuls un certain nombre de charbons (environ 20 à 25 fragments pour un site d'étude) sont sélectionnés pour être datés. Le choix porte sur les taxons (rares, vestiges, disparus ou emblématiques du terrain etc.) pouvant aider à répondre au mieux à la problématique de recherche posée⁴². Mais aussi, mes recherches doctorales sur l'étude de l'ancienneté de terrasses agricoles à Enveigt dans les Pyrénées orientales m'ont amenée à adapter le protocole méthodologique de la pédoanthracologie défini par Thinon (1978) à un contexte archéologique de terrasses emboîtées présentant sur les 11 sites fouillés un paléosol enfoui positionné au-dessus d'une terrasse ancienne et un sol (au-dessus du paléosol) encore en fonctionnement lié à une terrasse plus récente (Bal, 2006 ; Bal et al., 2010). Ici, ma collaboration avec les archéologues (Ch. Rendu, P. Campmajo) et pédoarchéologues (P. Poupet et R. Harfouche) a permis, entre autres de démontrer que ces emboîtements de terrasses correspondent à des phases de construction et d'utilisation des sols différentes et sont liés à des dynamiques de végétation successives dans le temps et de confirmer que l'Age du Bronze représente un tournant dans la construction agropastorale et la transformation de la société pastorale, de l'utilisation des terres et de la transformation des paysages de montagne.

Identifier les phases de construction des socioécosystèmes montagnards m'a conduite à adapter et tester aux espaces pastoraux ouverts d'altitude, le concept d'ancienneté généralement utilisé pour les systèmes forestiers (Goldberg et al. 2007 ; Cateau et al. 2015 ; Bal et al. 2022). Cateau et al (2015) définissent le concept de forêt ancienne comme une zone boisée qui l'a été continuellement à partir d'une date donnée. Appliqué aux *highlands*, nous proposons de définir le concept comme suit : zone qui a été continuellement ouverte à partir d'une date donnée. Cette définition inclut l'étude de la dynamique de la limite supérieure forestière et de la limite des arbres et ses relations avec le paysage des *highlands*. À l'échelle des montagnes du sud de l'Europe, l'objectif est d'identifier les processus naturels et humains qui ont conduit au paysage pastoral actuel et de déterminer quand ils se sont construits. Parce que l'analyse des charbons de bois fournit des données à l'échelle locale et temporelle longue, la pédoanthracologie est choisie ici pour évaluer l'ancienneté des paysages pastoraux ouverts emblématiques des montagnes du sud de l'Europe. L'approche, la méthode permettent de déduire le rôle et l'importance de l'utilisation du feu depuis le début de l'agropastoralisme en Europe.

Selon Vidal de la Blache (1903) « *la connaissance de toutes les parties est nécessaire à la connaissance de l'ensemble* ». L'analyse fine de l'évolution spatiale et temporelle des socio-systèmes anthropoconstruits que représentent les montagnes agro-pastorales invite à la coopération avec d'autres disciplines comme l'histoire, l'écologie ou encore l'archéologie. L'objectif est de croiser les diverses données, à différentes échelles spatio-temporelles afin d'obtenir des *scenarii* plus précis et plus fiables sur les dynamiques de végétation et les interactions avec les sociétés et le climat sur le temps long. C'est aussi un moyen de combler les lacunes de la pédoanthracologie essentiellement basée sur l'obtention de données non continues dans le temps et l'impossibilité de dater tous les fragments de charbons en raison du coût des datations radiocarbone. Ainsi, associée à d'autres proxis (par exemple le pollen, le signal incendie, les variations climatiques, la dendrochronologie,

⁴² Choix détaillé dans la partie **IV. Trajectoires** de cette HDR qui reprend et analyse les diverses problématiques mises en avant dans mes recherches.

l'archéologie et les sources historiques), les enregistrements pédoanthracologiques permettent de reconstruire les modèles de dynamique de la végétation à l'échelle de l'Holocène.

Mes recherches s'appuient ainsi sur cette interface méthodologique impliquant une approche multiscalaire dans l'analyse du paysage (du site géoarchéologique au versant, de la fosse pédoanthracologique au versant, du versant à la montagne, de la zone intermédiaire aux estives, etc...) et l'apport du temps long, celui de l'Holocène. Je rejoins également l'idée développée par L. Lespez dans son HDR (2010) concernant l'intérêt et la capacité d'intégrer (ou d'aider à intégrer) les dynamiques du temps long dans la compréhension des dynamiques contemporaines et des enjeux de gestion associés. Cela fait écho à la notion de « temps des territoires⁴³ » qui englobe au sein de mes recherches à la fois les dimensions rétrospective et prospective. L'objectif est de reconstituer les trajectoires passées de ces territoires, d'identifier les continuités et les discontinuités entre les sociétés et leur environnement et accompagner les acteurs des territoires dans leur projet de développement. Cela demande de réaliser un jeu de manipulation des échelles spatiales et temporelles chère aux géographes et qui s'avère être ici aussi un atout dans la mesure où les projets de territoires demandent d'appliquer une approche systémique permettant de prendre en compte à la fois le local, le spécifique mais aussi le global.

⁴³ Dossier thématique sur le « Temps des territoires » de la revue Développement durable & territoires suite au colloque tenu les 9 et 10 mars 2017 à Nanterre, à l'initiative de l'UMR Ladyss (<http://www.ladyss.com/colloque-les-temps-des-territoires>).

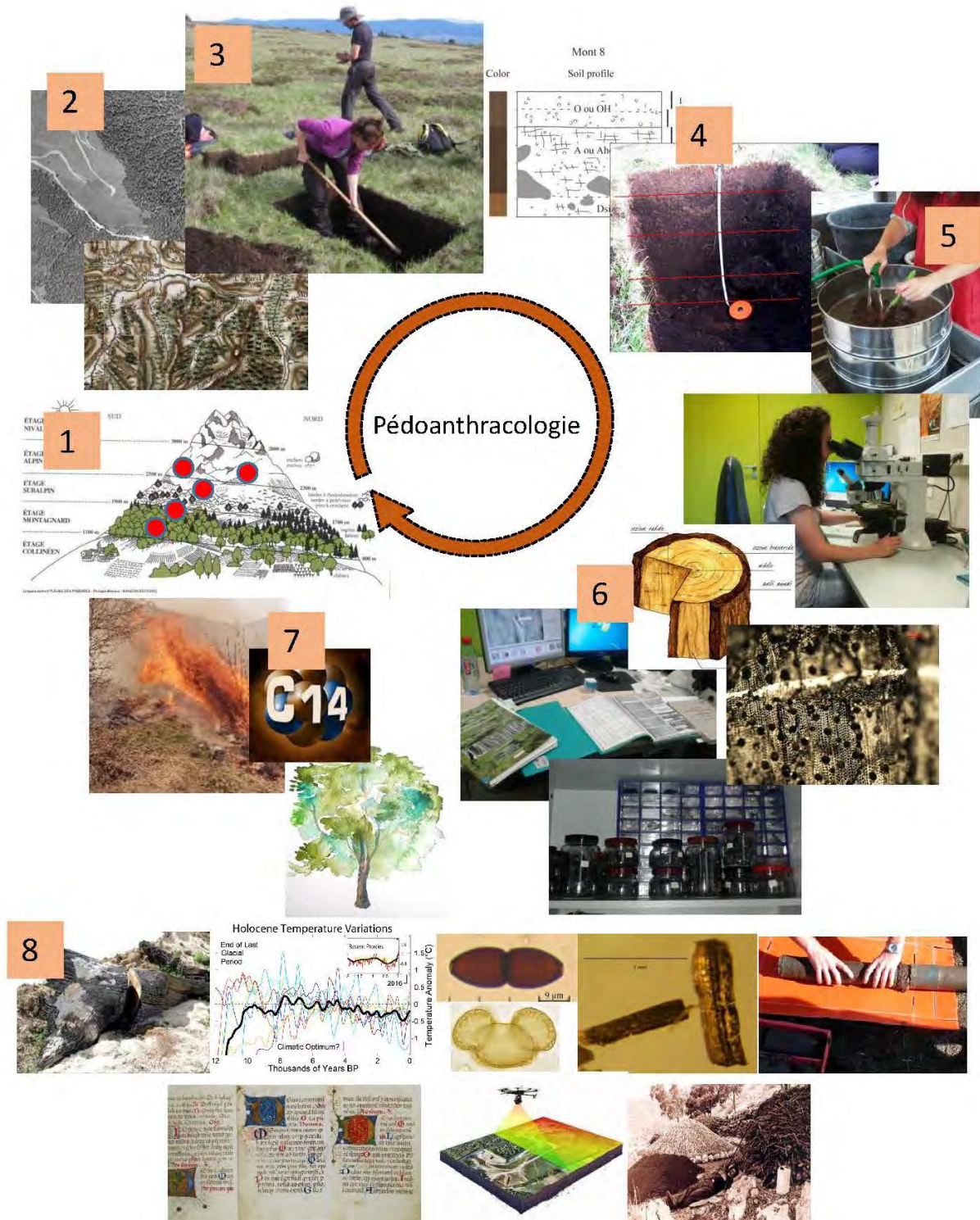


Fig. 6. Schéma récapitulatif des étapes de la méthode pédoanthracologique

1. Sélection du terrain. 2. Recherche géohistorique sur la zone (anciennes cartes, photographies aériennes, etc.). 3 & 4. Echantillonnage sur site selon un transect altitudinal, description pédologique. 5. Tamisage, séchage. 6. Identifications des charbons de bois (utilisation des atlas d'anatomie du bois et de la collection de références des charbons de bois). 7. Datations radiocarbones réalisées sur charbons de bois. 8. Comparaison avec d'autres proxies (pollen, MNP, signal incendie, climat, sources historiques, bois subfossiles, données Lidar...)

Créer du lien entre les connaissances sur les paysages et les projets de territoires : la médiation paysagère

Bercovitz rappelle dans son article (2022) que l'émergence de la *médiation paysagère* en France et en Europe et particulièrement en milieu rural date de la fin des années 1980 et au cours des années 1990-2000. Elle était accompagnée alors, d'une profonde mutation de la notion même de paysage, moins tournée vers la protection et plus axée sur le cadre de vie et la *gestion des territoires en évolution* (Barraqué, 1985 ; Luginbuhl, 2001). La *Loi paysage (1993)*⁴⁴ puis la *Convention européenne du paysage (2000-2005)*⁴⁵ ont appuyé ce changement vers la mise en place de politiques participatives afin d'intégrer les besoins/choix des habitants dans les plans de gestion de territoire. A la notion de paysage est associée celle de cadre de vie qui rappelle que le paysage est un espace vécu au sein duquel les acteurs doivent être impliqués (Davodeau & Toubanc, 2010). La convention d'Aarhus, à la même période (1998) soutient le respect des règles de participation du public au processus décisionnels et l'accès à la justice en matière d'environnement. Bercovitz (2022) fait un récapitulatif assez complet des travaux scientifiques issus de recherches-actions menées essentiellement en milieu montagnard entre 1990 et 2010, période qui correspondrait pour l'auteur à l'origine même de « l'invention » de la notion de médiation paysagère en France. Cependant, à l'heure où, comme le souligne Marylise Cottet (2019) le dérèglement climatique et l'érosion de la biodiversité sont vus comme les deux enjeux majeurs aussi bien dans les politiques publiques que par le grand public, le paysage est mis de côté depuis les grandes ambitions de préservation des paysages décrites ci-dessus. Pourtant, le paysage vu depuis au moins 2002 (Bertrand) comme un processus d'interface entre Nature et Culture, joue un rôle fondamental en facilitant les échanges entre les chercheurs et les acteurs des territoires. Sa dimension de *bien commun* (Sgard, 2010) lui confère aussi un intérêt multiple et aide au dialogue entre les habitants et les spécialistes tel un médiateur entre espace et société (Donadiou, 2007).

A ce stade de la réflexion, revenons d'abord sur la notion très controversée de « nature ». Cela permet aussi d'expliquer pourquoi ce terme n'est pas privilégié dans cet exercice d'HDR. Les enjeux environnementaux (pollution, dérèglement climatique, perte de biodiversité, perte de ressource en eau, devenir de l'habitabilité de la planète, etc.) sont à l'origine de nombreux débats exprimés dans les médias ou encore les réseaux sociaux (Espuny & Catellani, 2020). C'est ainsi que l'on assiste depuis quelques années à l'utilisation par de multiples acteurs de vocabulaires liés au domaine de l'environnement (*écologie, biodiversité, etc.*) largement détournés de leurs significations scientifiques dans l'objectif de rendre les discours plus sensationnels (au risque parfois de desservir les causes). Celui de *nature* apparaît à tout va. Concept non universel et inventé par les européens il y a 4 siècles (Descola, 2002), son utilisation répétée souligne encore plus la forte distance qu'il implique entre les non-humains et les humains (Descola et Pignocchi, 2022). Dans le contexte global au sein duquel nous vivons, un paradoxe sociétal émerge. D'un côté, une partie de la société se dit non satisfaite de la façon dont les non-humains sont traités, gérés, utilisés mais qui prône encore, probablement sous le poids de la culture européenne, la protection de la dite « nature » par la mise sous cloche. En France on voit aussi fleurir des instances nationales d'expertise scientifique et technique au nom de *conseil national*

⁴⁴ N° 93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages et modifiant certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques

⁴⁵ Adoptée en 2000 et ratifiée par la loi du 13 octobre 2005. Le paysage y est défini comme une « *Partie de territoire tel que perçu par les populations et dont le caractère résulte de la combinaison de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations* » (art.1a).

de la protection de la nature (CNPN)⁴⁶ qui démontrent bien que la nature reste alors un *espace à protéger* comme un objet distant et fragile (Descola et Pignocchi, 2022). Cette façon d’appréhender ou de gérer les futurs projets de développement creuse d’autant plus le fossé entre ce qui est appelé nature et culture. Et réciproquement, ce même fossé ne facilite pas la mise en place d’une co-construction territoriale car elle ne favorise pas l’approche systémique. De l’autre côté, des acteurs à l’échelle des territoires qui s’organisent en réseaux solidaires et s’entraident pour développer des projets de développement basés sur plus d’autonomie (alimentaire par exemple), de productions et de consommations locales, de circuits courts, etc. donc vers un système qui serait moins dépendant du marché. Dans ce cas, c’est la notion de *vivre avec* qui est mise en exergue et implique que l’on sorte alors du concept seul de protection (Descola et Pignocchi, 2022). Au sein du monde vivant, les liens de viabilité mutuelle qui unissent humains et non-humains et qui suggèrent qu’une entité (un être vivant, un écosystème, une société...) dépend des autres entités et de son environnement, prennent le nom de « coviabilité socio-écologique » (Barrière et al., 2019). Ce *vivre avec* ou la coviabilité, notions très actuelles rejoignent l’analyse des paysages et des territoires agro-pastoraux que j’ai choisie pour mener mes recherches sur l’étude de la coévolution des sociétés et de l’espace qu’elles transforment depuis le Néolithique.

Ainsi le paysage apparaît être une excellente plateforme d’interactions pour y identifier les continuités et les discontinuités entre les humains et les non-humains. Au fil des années passées au sein des montagnes méditerranéennes et des rencontres faites avec les acteurs de ces territoires, j’ai constaté que la dynamique temporelle du paysage, son histoire longue suscite curiosité de la part des habitants, des touristes, des élus, facilite le recueil d’importantes informations aussi bien sur des temps passés (activités, événements, etc.) que des réflexions prospectives en lien avec des volontés de gestion durable des territoires concernés. La transversalité du paysage amène aussi les acteurs à discuter des enjeux multiples : agriculture, économie, tourisme (Davodeau et Toublanc, 2010), dérèglement climatique, ressources, etc. qui les touchent. Le paysage constitue donc de par sa dynamique spatio-temporelle et la perception que l’on s’en fait, un levier important mobilisable pour la recherche et les projets d’accompagnement de territoires (dont la participation citoyenne est une entrée) vers une gestion durable (Davodeau, 2013).

L’accompagnement des territoires par la co-construction : une démarche bottom-up à partir des enjeux locaux

La rencontre mais aussi le travail mené ces dernières années avec les acteurs des territoires des montagnes méditerranéennes et plus récemment au sein du plateau de Sinjajevina (Monténégro), m’ont fait prendre conscience qu’il ne peut plus être question aujourd’hui de l’élaboration de simples *scenarii* faits par des chercheurs mais que la prospective vue comme un outil d’aménagement futur des territoires est fortement marquée par la participation accrue de la société civile au sens large dans cette réflexion sur le futur des territoires (Débrie et al, 2020). C’est une démarche bottom-up à partir des pratiques locales qui est développée dans cette partie de mes recherches. Ce volet s’appuie sur mon implication récente (depuis 2021) en tant que chercheuse, dans l’accompagnement du territoire de la Communauté de Communes Causses-Aigoual-Cévennes-Terres Solidaires vers la transition agro-écologique (à leur demande) dans le cadre du projet PAACTe que je pilote et du projet AGROECOV pour lequel je suis partenaire. Ces deux projets se rejoignent pour mobiliser leurs forces vives (acteurs,

⁴⁶ L'article 14 de la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 relative à la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages institue : le Conseil national de la protection de la nature (CNP), le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) et le Comité national de la biodiversité (CNB).

chercheurs, élus, etc. et financement) à l'élargissement à l'agro-écologie du premier pacte territorial pastoral⁴⁷ adopté en 2015 sur et par le même territoire. Ce pacte est issu d'un projet émanant d'éleveurs et accompagné par la recherche, soutenu par les élus de la Communauté de Communes Causses Aigoual Cévennes. La charte co-construite provient d'une réflexion collective et met en exergue un programme d'actions qui a été voté par les élus à l'unanimité. Le pacte fait appel à des innovations juridiques basées sur le droit négocié (Barrière et Bes, 2017). Il est donc question ici de se concentrer sur un challenge celui de faire face à la recomposition d'un territoire (Débrie et al., 2020) en questionnant un enjeu spécifique de l'avenir du territoire face au changement global et en particulier au dérèglement climatique.

Cela implique d'acquérir des connaissances approfondies sur ces territoires et d'apprendre à transférer les connaissances scientifiques vers la société civile pour mieux les accompagner dans la co-construction de projet de pactes territoriaux. Méthodologiquement cela se formule en quelques points/actions. Il faut s'appliquer à dynamiser les relations entre le monde de la recherche et les territoires (un investissement sur la longue durée). Cela pose la question de la façon de conduire l'exercice et d'identifier quels outils mobilisés pour que les acteurs puissent s'exprimer. Comme déjà précisé plus haut, le paysage traité selon une approche transversale favorise la réflexion/discussion entre acteurs grâce à l'organisation de tables rondes, conférences, apéro *tchatche*, sortie sur le terrain, ou encore théâtre forum. Parallèlement, l'analyse rigoureuse des territoires menée par les chercheurs facilitera l'identification des enjeux grâce à l'implication des acteurs du territoire afin de proposer un diagnostic territorial précis et un accompagnement réflexif sur les enjeux. Pour ce faire, plusieurs rencontres sont organisées par le consortium de chercheurs, d'élus et d'acteurs impliqués, sous la forme de groupes de travail, de commissions thématiques ou de comités d'animation (Figure 7) à l'échelle de la Communauté de Communes (si l'on prend l'exemple de la CC CAC⁴⁸). Enfin, ce long processus de coopération/concertation peut prendre plusieurs années avant d'aboutir à l'écriture d'un texte (pacte) de droit commun, juridique mobilisant une régulation issue de la co-construction (Barrière et Bes, 2017) mené au sein des territoires. Selon Beauvillard & Beauvillard (2020), les stratégies de co-construction territoriale émergent grâce à la capacité de développer une *compréhension humaine du territoire et des organisations*, à la mobilisation des acteurs comme *véritables co-auteurs* et à l'implication d'un territoire à forte *maturité coopérative*. Bien sûr, afin que ces initiatives de gouvernance perdurent dans le temps il faut aussi accompagner les territoires (essentiellement les communautés de communes) dans la recherche de financement pour l'animation territoriale.

⁴⁷ Pacte pastoral intercommunal Causses Aigoual Cévennes :

<https://caussesaignoualcevennes.fr/environnement/pacte-pastoral-intercommunal-3/>

⁴⁸ Communauté de Commune Causses Aigoual Cévennes

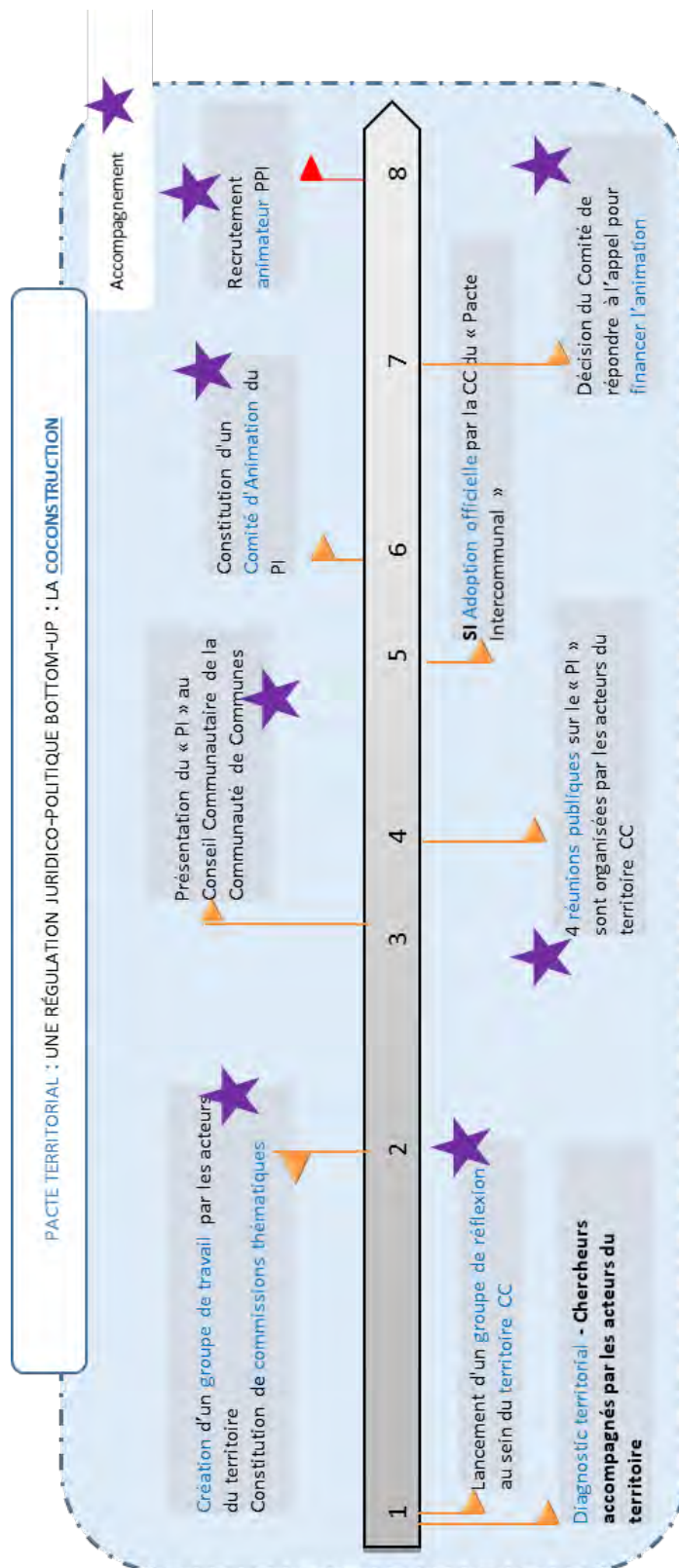


Figure 7. Schéma simplifié des processus de coconstruction du pacte pastoral territorial (PPI) de la Communauté de Communes Causses-Aigoual-Cévennes-Terre Solidaire – D’après N. Cabannes animatrice du PPI & O. Barrière Juriste anthropologue IRD EspaceDev.

Chapitre 4 – Trajectoires : Des paysages agro-pastoraux méditerranéens à la mise en place d’une intendance territoriale autour des enjeux de l’agro-écologie

« Les dynamiques paysagères inscrivent les paysages dans des « trajectoires » avec leur histoire passée et leurs transformations futures. »

Davodeau H. & Toublanc M., 2010



Photo 14. Préparation d’un brûlage dirigé dans le 31 (Haute Garonne).

Ce chapitre intitulé « Trajectoires » reprend et critique autant que possible les implications et résultats/discussions acquis, validés par mes pairs depuis mon recrutement en tant que maîtresse de conférences en 2010. Il me permet de montrer/démontrer aussi que les paysages actuels sont issus d'un long héritage de plusieurs millénaires fait d'interactions entre les sociétés, l'environnement et le climat au moment même où les controverses sur l'ensauvagement (*rewilding*) ou la *nature sauvage* explosent au sein de la communauté scientifique et les réseaux sociaux. Loin de là mon intention d'apporter plus d'éclairage à la discussion mais de donner simplement mon point de vue de géographe sur une question qui fait sens au sein des territoires de montagnes européennes. Bien souvent les points de vue sur l'ensauvagement sont cantonnés à l'opposition stricte entre la conservation patrimoniale des paysages bioculturels et la décolonisation de la nature (Schnitzler 2014). Barraud et al. (2019) retracent les diverses postures critiques sur la notion de *rewilding* et soulignent qu'il est bien difficile pour le géographe *de contribuer à ces réflexions de fond sans se laisser enfermer dans cette opposition*. Ma posture rejoint la leur en préconisant à la fois l'interdisciplinarité en associant comme ils le proposent *géographes, historiens, anthropologues, philosophes* mais aussi biologistes, écologues et généticiens, et surtout la démarche intégrative dans l'élaboration de projets de territoire en lien avec l'ensauvagement (ou ré-ensauvagement) ou autres enjeux soulevés par les acteurs et décrits dans le chapitre 2 de cette HDR (objet de recherche). J'essaie donc tant que possible de réunir systématiquement dans mes réflexions, les analyses sociales, économiques et environnementales au sein de l'espace considéré. L'espace montagnard européen est un espace construit pour lequel tout projet de développement ou de mise en défens concernera (impacterà) les acteurs de ces territoires.

Mais aussi, le sens donné ici aux trajectoires permet d'insister sur les processus de changement, les continuités et des discontinuités qui rassemblent l'histoire longue et les évolutions contemporaines (Fourny, 2018) des territoires de montagnes sélectionnées dans cette recherche. Dans ce chapitre ainsi que celui sur les perspectives de mes recherches, il est question d'innovation territoriale, sociale mais aussi technique ou technologique. Même si le terme est extrêmement utilisé dans la littérature scientifique puisqu'impulsé entre autre par les nombreux appels à projets recherche, il est préférable de le définir tel qu'il est pensé dans cette HDR. L'innovation peut être vue comme le fait simplement *d'améliorer l'existant*. Perlik (2018) définit l'innovation sociale par des changements dans les pratiques sociales conférant par exemple de nouveaux rôles aux acteurs sociaux leur permettant de produire de nouvelles formes associées à un objectif de bien être de la société. Le lien se tisse alors avec la notion de trajectoires via le processus de changement, les mouvements dans l'espace et dans le temps.

Evaluation de l'ancienneté des espaces pastoraux d'altitude – connexion avec les limites supra-forestières (timberline et treeline)

Cette thématique est nourrie des travaux que j'ai menés (projets de recherche, thèse, post-doctorats) au sein des montagnes méditerranéennes (Massif central, Pyrénées, Apennins septentrionaux et Système central espagnol ; Figure 8 ; Photo 15) grâce au développement du réseau AGRESPE (dir. Bal) et diverses publications de l'équipe (Bal et al., 2010 ; Bal et al., 2011 ; Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2019 ; Bal & Garcia-Alvarez, 2022 ; Bal et al., 2023 ; Benatti et al., 2018 ; Benatti et al., 2019 ; Garcia-Alvarez et al., 2017). J'ai notamment co-encadré avec Ph. Allée la thèse de Sandrine Paradis (Paradis-Grenouillet, 2012) sur l'étude « *des forêts métallurgiques : analyses dendro-anthracologiques et approches géohistoriques : exemple des forêts du mont Lozère et du Périgord-Limousin* ». Alessandra Benatti a soutenu sa thèse en 2018 sur la « *Reconstruction du paysage naturel et culturel le long d'un transect plaine – montagne dans la Province de Modène (Emilie Romagne, Italie) durant l'Holocène* :

approche multidisciplinaire » sous ma co-direction auprès de Ph. Allée (professeur géographe, Geolab), Anna Maria Mercuri (écologue, palynologue) et Giovanna Bosi (botaniste, Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, Italie). Salvia Garcia-Alvarez a été post-doctorante sur deux contrats de recherche (3 ans) au sein de deux projets de recherche que j'ai menés⁴⁹. J'ai formé ces deux collègues à l'analyse des paysages de montagnes sur le temps long et à la pédoanthracologie. J'ai ainsi pu transmettre une thématique de recherche et des méthodes d'analyse vers des structures de recherches en Espagne et en Italie. Les divers échanges réalisés grâce au réseau AGRESPE ont permis cela sur plusieurs années (voir vol 2 de cette HDR). Notre collaboration continue aujourd'hui avec par exemple l'étude de la paléodistribution de *Pinus sylvestris* au Portugal (Serra de Géres) et l'équipe de Madrid via le projet ODISEA⁵⁰ pour lequel je suis partenaire. La pédoanthracologie est au centre de ce projet qui l'applique au sein de diverses montagnes de la péninsule ibérique pour retracer les dynamiques de plusieurs arbres rares ou disparus de leur zone d'origine. L'apport scientifique tant thématique que méthodologique que j'ai transmis à ces équipes continue d'être mobilisé au sein de nouveaux projets.

Les zones montagneuses occupent plus de 40 % du territoire européen⁵¹ (Gløersen et al., 2004) et abritent 20,3 % de sa population, bien que ce chiffre varie considérablement entre les pays du sud-ouest de l'Europe (38,5 % pour l'Espagne, 32,6 % pour l'Italie et 14,3 % pour la France ; Gløersen et al., 2004). La zone de montagne méditerranéenne est probablement l'une des régions du monde où l'histoire des interactions entre la végétation, le climat et les activités humaines est la plus longuement documentée. Bien qu'il y ait des différences dans la composition, la structure, l'étagement de la végétation et l'histoire entre ces zones, il y a également des similitudes dans les pratiques agropastorales, y compris la pression du bétail et l'utilisation du feu à des fins pastorales. Ces similitudes ont été étayées par des preuves solides fondées sur l'analyse des charbons de bois des sols⁵² et complétées par de multiples autres proxies (pollen, archéologie, sources historiques et données climatiques). L'objectif de cette thématique de recherche est d'identifier les processus naturels et humains qui ont façonné les paysages actuels à l'échelle de chaque montagne (site d'étude) mais aussi de comparer les changements survenus dans la durée à l'échelle de l'ensemble des montagnes sylvo-pastorales citées dans ce présent travail afin d'y mettre en exergue les particularités et les similitudes qu'elles peuvent partager.

⁴⁹ Le projet de demande d'accueil d'un post-doctorant - 2013 IR SHS " *Etude de l'évolution du paysage agro-pastoral de la Sierra de Gredos (Espagne) sur la longue durée, du Néolithique à l'actuel – Patrimonialisation des paysages culturels et naturels*" direction Bal M.Cl. & Ph. Allée. Le projet recherche " *Identité forestière du limousin : vers une approche culturelle du patrimoine forestier limousin*" en réponse à l'appel à projet « Nouvelles niches d'excellence » 2015. Direction Bal M.Cl. & Ph. Allée.

⁵⁰ ODISEA : Impacto antrópico y sus implicaciones paleoecológicas en las montañas submediterráneas: la ODISEA de los bosques testigo del Centro-Oeste Ibérico – I. Garcia-Amorena (Escuela Technica superior de Ingenieros de Montes), MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Gobierno de España

⁵¹ <https://www.euromontana.org/projet/a-new-cap/les-filieres-de-montagne/>

⁵² Pour chaque site, un transect pédoanthracologique a été réalisé de la lisière forestière jusqu'au sommet le plus haut permettant encore un prélèvement de sol (parfois juste 20 ou 30 cm) : 4 profils pour le Mont Lozère (France), 6 profils pour la Valle de las Pozas (Espagne), 9 pour le Monte Cimone et 8 pour Corno alle Scale (Italie). Plusieurs datations radiocarbone ont été réalisées sur des taxons emblématiques, rares ou disparus de la zone d'étude actuelle : 14 pour le Mont Lozère, 23 pour la Valle de las Pozas, 16 pour le Monte Cimone et 9 pour Corno alle Scale (Bal et al., 2023).

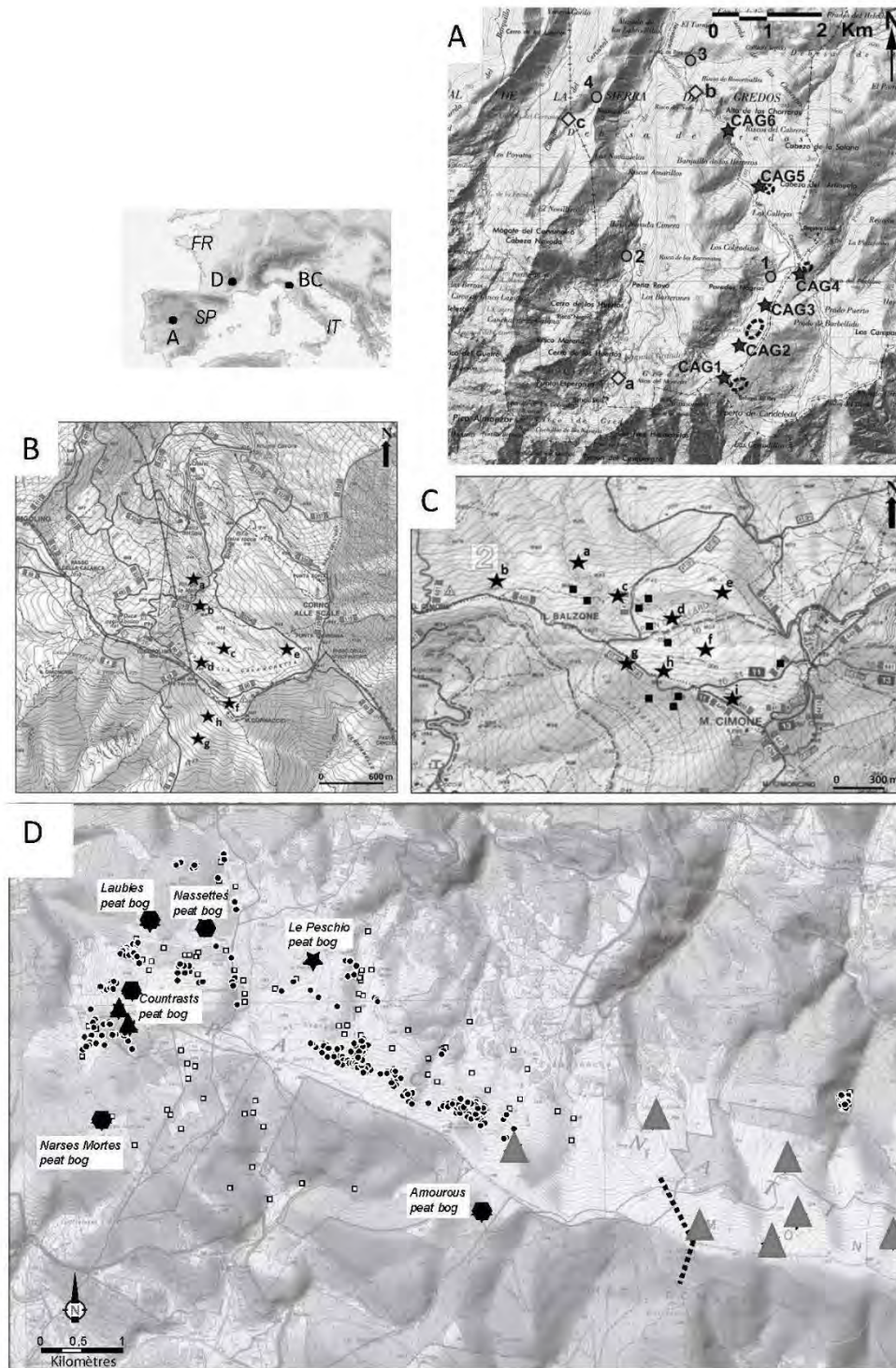


Figure 8. The inset map shows the location of Spain (SP), France (FR) and Italy (IT) in Europe and the location of Mont Lozère in Central massif (D, France), Valle de la Pozas in Sierra de Gredos (A, Spain) and Monte Cimone and Corno alle Scale in the Northern Apennines (BC, Italy). Topographic maps with the location of relevant palaeoecological sites: A Las Pozas del Vallès in Sierra de Gredos (this paper; Garcia-Alvarez and others 2017); B and C respectively Corno alle Scale and Monte Cimones in Northern Apennines (this paper; Benatti and others 2018 and 2019) and D Mont Lozère in Central Massif (this paper; Bal and others 2015). For **Gredos** (A): **Round points**: macrofossil sites at Rubiales and others (2007) and Rubiales and Génova (2015); 1: Prado de Las Pozas; 2: Garganta de Gredos; 3: Roncesvalles; 4: Cuerda del Cervunal. **Star points**: pedoanthracological transect (Garcia-Alvarez and others, 2017). **Dotted lines**: areas with pastoral structures observed during pedoanthracological sampling. For **Apennines** (B and C): Star points with letter “a” to “g” for B (Corno Alle Scale) and with letter “a” to “I” for C: pedoanthracological transect (Benatti, 2018; Benatti and others, 2018, 2019). For **Mont Lozère** (D): **Scattered line**: pedoanthracological transect. **Round points**: charcoal platforms (Paradis-Grenouillet, 2012). **Squared points**: slag sites (Ploquin and others, 2003; Baron, 2006). **Hexagonal shaped points**: peat bogs (Servera-Vives, 2014; Servera-Vives and others, 2014). **Black triangular shaped points**: pastoral structures dated. **Grey triangular shaped points**: pastoral structures geolocalised but not dated.



Photo 15. The highlands in the Mont Lozère (A: the *Nardus stricta* grassland at 1670 m altitude), in the Valley de Las Pozas (B: the *matorral* broom community at 1900 m altitude), in the Monte Cimone (C: large plateau of shrub communities dominated by *Vaccinium myrtillus* located at around 2000 m altitude) and in the Corno Alle Scale (D: shrub communities dominated by *Vaccinium myrtillus*; pedoanthracological pit named CaS-e realized at 1775 m altitude), as examples of the current landscape after long history of livestock management. On these mountains, several ancient pastoral structures (in the Mont Lozère (E), in the Valley de Las Pozas (F) and in the Monte Cimone (G) and ancient charcoal platform in the Corno Alle Scale (H) testifying to the long history of use of the natural resources of these areas.

Trois montagnes pastorales méditerranéennes - Trois niveaux d'acquisition des connaissances - Trois valorisations

Le Mont Lozère (Figure 8D ; Photo 15A-E) constitue un relief granitique de 30 km de long, s'étageant de 900 à 1700 m d'altitude et orienté nord-ouest-sud-est. Le climat y est de type méditerranéen montagnard, humide avec des précipitations annuelles d'environ 1 500 mm et une température annuelle moyenne d'environ 6,5 °C au sommet (Santa Regina et al., 1999). Entre 400 et 900 m d'altitude, le système forestier est composé de *Quercus pubescens* Willd. et de *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. accompagnés parfois de *Castanea sativa* Mill. Au-dessus de 900 m d'altitude et jusqu'à environ 1480 m d'altitude (la limite fluctue entre 1300 et 1480 m d'altitude), à la limite forestière actuelle et à l'échelle des Cévennes, *Fagus sylvatica* L. est dominant avec quelques occurrences d'*Abies alba* Mill. La hêtraie est monospécifique avec des arbres dont les troncs sont tordus et de faible diamètre. Pas de présence actuelle d'*Abies alba*. Au-dessus de 1480 m d'altitude, la végétation est dominée par des prairies composées de *Nardus stricta* L. et accompagnées de *Vaccinium myrtillus* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull et *Cytisus oromediterraneus* Rivas Martas. Il y a une recolonisation sporadique par des espèces pionnières comme *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth. et *Juniperus communis nana* (Hook.) Syme. La recolonisation des prairies par *Pinus sylvestris* et *Pinus uncinata* Ramond ex DC. a été déclenchée par la présence d'une forêt de conifères plantée principalement sur le versant sud au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles⁵³. A ces particularités environnementale et climatique, il faut rajouter que le Mont Lozère est situé au sein du Parc national des Cévennes (Massif Central), et offre un patrimoine bioculturel et paysager de grande valeur et de grande qualité⁵⁴ dont l'histoire est aujourd'hui bien connue grâce aux nombreux travaux en archéologie et en paléoenvironnement (Allée, 2003; Paradis-Grenouillet, 2012; Servera-Vives, 2014; Bal et al, 2015). Le Parc national des Cévennes est aussi le seul des parcs nationaux de France métropolitaine à être habité par une population permanente qui lui confère une identité culturelle forte et vivace traduite entre autres par un riche patrimoine immatériel. Cet espace occupé a entraîné une diminution de la pression pastorale. Les paysages et les territoires de cette montagne de moyenne altitude sont nés de l'exploitation complémentaire de ressources variées : production agricole (Hélas 1979), pastoralisme local et transhumant (Bernard 1984 ; Brisebarre 1977 et 1978 ; Rieutort 2006), sylviculture (Allée 2003 ; Paradis-Grenouillet 2012 ; Bal et al., 2015 ; Servera-Vives 2014), exploitation minière et protométallurgie (Laurent 2005 ; Ploquin et al., 2003a et b) entre autres. La distribution des ressources naturelles dans l'espace (étagement, exposition), leur accessibilité et leur mobilisation variée selon différentes temporalités (de la saisonnalité aux mutations multiséculaires) a généré une très large diversité de relations entre sociétés, pratiques territoriales et environnements. La pelouse d'altitude à *Nardus stricta*, considérée comme l'emblème du Mont Lozère et protégée de la recolonisation spontanée par le pin est un exemple de transformation paysagère sur la longue durée, visible sur tous les supports de valorisation des Cévennes. Les projets de valorisation de cette montagne sont un réel succès. En effet, les Cévennes sont inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco comme "paysage agro-pastoral méditerranéen" d'exception. Plusieurs actions sont menées par le Parc National des Cévennes comme l'éducation des scolaires et la sensibilisation du grand public aux questions environnementales, ou encore des actions en faveur du tourisme durable.

⁵³ Entre 1860 et 1882, l'Etat met en place un projet de restauration des terrains de montagne (RTM) et de reboisement face au déboisement important de ces zones. L'objectif étant de protéger les sols de l'érosion et limiter les catastrophes.

⁵⁴ Paysage reconnu comme paysage culturel agro-pastoral méditerranéen par l'Unesco (<https://whc.unesco.org/en/list/1153/>).

La Valle de las Pozas est située en Espagne (Figure 8A ; Photo 15B-F) sur le versant nord du secteur central de la chaîne de Gredos (Massif central de Gredos ou Haut Gredos), qui est un horst granitique contenant les pics les plus élevés de la chaîne, y compris le pic Almanzor (2592 m au-dessus du niveau de la mer). Ce secteur jouit d'un climat méditerranéen subcontinental, caractérisé par une longue sécheresse estivale (3 mois) (Font Tullot, 1983). Les précipitations annuelles oscillent entre 1000 et 2000 mm aux plus hautes altitudes le long des versants sud, alors qu'elles n'atteignent que 500 mm dans les basses terres du nord. La température annuelle moyenne de l'ensemble de l'aire de répartition est inférieure à 12 °C, et inférieure à 8 °C dans les hautes terres au-dessus de 1 500 m d'altitude (Font Tullot, 1983 ; Ninyerola et al., 2005). Les forêts de *Quercus* à feuilles persistantes (*Q. ilex subsp. rotundifolia* Lam. et *Q. suber* L.) et de *Pinus pinea* L. sont situées entre 400 et 1000 m d'altitude. Les forêts de *Quercus* à feuilles caduques (*Q. pyrenaica* Willd.) et de *Pinus pinaster* Aiton caractérisent la ceinture de végétation située entre 900 et 1500 m d'altitude. Des peuplements épars de *Q. pyrenaica* peuvent être trouvés jusqu'à 1700 m d'altitude. Au-dessus de 1500 m d'altitude, des communautés d'arbustes de la famille des Fabaceae, comprenant principalement *Cytisus oromediterraneus*, *Echinopartum barnadesii* (Graells) Rothm, *Genista cinerascens* Lange, et *Cytisus scoparius* (L.) Link, dominant le paysage jusqu'à 2000 m d'altitude. Ce paysage ouvert est dominé par une mosaïque composée de petits ligneux et de prairies. Des occurrences de *Juniperus communis* var. *saxatilis* sont juxtaposées à des pâturages alpins. Au-dessus de 2000 m d'altitude, le paysage se compose principalement d'assemblages herbacés avec du genêt (*Cytisus oromediterraneus*). Contrairement au Mont Lozère, il n'y a pas encore eu de recherche en archéologie pastorale, malgré la présence de nombreux vestiges archéologiques (cabanes et enclos ; Photo 15B) témoignant d'une longue histoire de pratiques agropastorales dans ce massif montagneux (García Álvarez et al., 2017). Ce manque de connaissances fait défaut aux projets de valorisation de l'environnement puisque les gestionnaires ne peuvent se saisir de ces richesses archéologiques. En effet, le système d'exploitation agro-sylvo-pastoral a constitué la forme d'utilisation traditionnelle de la Sierra de Gredos durant plusieurs millénaires. La longue tradition pastorale de cette montagne pelée (asylvatique) (Photo 15B) se maintient encore aujourd'hui et tient une place importante dans la construction et la pérennité de ces paysages. L'usage du feu a longtemps servi à la formation et au maintien des prairies d'altitude pour éviter la recolonisation arbustive. Aujourd'hui, en raison de la diminution de la pression pastorale qui a entraîné une forte recolonisation des espaces ouverts par les légumineuses (*Cytisus*, *Genista*, *Echinopartum*) le rapport au "feu" s'est transformé en une véritable "phobie" du feu (Métailié et Faerber, 2003), ce qui explique en partie la politique de gestion du parc régional de la sierra de Gredos qui tente de préserver les quelques arbres encore présents (vestiges de l'étagement forestier *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* et *Quercus pyrenaica* ou issus des plantations de *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra*) au sein de cette montagne marquée par une période estivale sèche et une forte oscillation thermique, dans un contexte global de dérèglement climatique. Les plans de gestion et de valorisation du patrimoine paysager constituent ici un enjeu territorial et sociétal important en Sierra de Gredos et particulièrement dans la partie nord qui est un secteur à faible population dont l'activité économique principale est l'élevage et reste peu fréquentée par les touristes. Ce fait est encore plus marqué par l'asymétrie qui existe entre le nord et le sud de Gredos. Le sud plus peuplé bénéficie de nombreuses infrastructures d'accueil des touristes qui cherchent un climat plus doux et apprécient des ambiances plus étagées et progressives allant de la rivière Tietar (300 m) à l'Almanzor (2592 m). Les activités proposées y sont également plus variées. Le parc de Gredos propose un réel programme de valorisation du patrimoine bioculturel basé sur l'éducation environnementale et la lutte contre l'exode rural en favorisant le pastoralisme pour ne donner que ces deux exemples ici. Cependant, il reste

encore beaucoup d'éléments à découvrir sur la longue histoire des relations entre les sociétés agropastorales et la montagne de Gredos, et surtout à transmettre aux gestionnaires du parc, aux touristes et aux associations du patrimoine. L'objectif est d'améliorer les plans de valorisation en transmettant l'acquisition des connaissances dans le domaine.

Le Monte Cimone (2165 m d'altitude, Figure 8C ; Photo 15C-G) et le Monte Corno Alle Scale (1945 m d'altitude, Figure 8B ; Photo 15D-H) en Italie sont deux des plus hauts sommets des Apennins septentrionaux et sont distants d'environ 13 km. La géologie de ces montagnes est caractérisée par des affleurements de grès et d'argile (Bettelli et al., 1989). Les températures annuelles moyennes sont d'environ 2 °C (données de la station de Monte Cimone), et les précipitations annuelles moyennes vont d'environ 690 mm (enregistrées au sommet de Monte Cimone) à 2500 mm (enregistrées à une altitude plus basse) (Alessandrini et al. 2010 ; Tositti et al., 2014). La végétation se compose d'une forêt de *Fagus sylvatica*, autrefois fortement gérée en taillis et aujourd'hui laissée à la régénération naturelle du bois, avec quelques occurrences d'*Abies alba*, d'*Acer pseudoplatanus* L. et de *Laburnum alpinum* (Mill.) Bertcht. & J. Presl. (Tomaselli et al., 1996), d'environ 900 m d'altitude jusqu'à la limite de la forêt. Aujourd'hui, on ne trouve plus le sapin (*Abies alba*) que sous forme cultivée ou naturalisée (Alessandrini et al., 2010), et il n'a pas été observé à proximité de nos points d'échantillonnage. La limite forestière actuelle se situe à 1700 m d'altitude sur le Monte Cimone, et à 1600 m d'altitude sur le Corno alle Scale. Près de la limite forestière, les communautés arbustives sont dominées par des Ericaceae (principalement *Vaccinium myrtillus*) ou des Fabaceae (par exemple, *Cytisus scoparius* et *Genista tinctoria* L.). Les prairies sont dominées par *Nardus stricta* et *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv. (Alessandrini et al., 2010). Sur ces deux montagnes, plusieurs anciennes structures pastorales (non encore datées) ont été détectées, et plusieurs anciennes plateformes de charbonnage ont été étudiés (Benatti et al., 2018), avec des apports de sources historiques et ethnographiques (par exemple, Albani, 1964 ; Rombaldi & Cenci, 2013), témoignant de la longue histoire de l'utilisation des ressources naturelles de ces zones. En Italie du nord, les études sur le long terme des relations sociétés-paysage sont très développées dans la plaine, là où les sites archéologiques sont les plus riches et les plus nombreux comparés aux montagnes. Même si dans le Trentino et les Apennins ligures toscos-émiliens, les travaux en archéologie rurale sont riches (Davite & Moreno, 1996 ; Cevasco, 2012 ; Cevasco & Poggi, 2000), à l'échelle du Monte Cimone (2000 m alt.), point culminant des Apennins toscos-émiliens situé au cœur du parc del Frignano, l'information paléoenvironnementale et archéologique est lacunaire. Il est alors difficile pour les gestionnaires de l'environnement de mettre davantage en exergue l'histoire de ces paysages agro-pastoraux car ils utilisent des données environnementales anciennes à la chronologie trop peu précise (Watson, C., 1996; Vescovi et al., 2010a; Vescovi, et al., 2010b). Ainsi, la mémoire des paysages pastoraux n'est pas assez utilisée et mise en valeur, la relation entre la montagne, la plaine et le littoral non plus. Le parc y mène cependant une importante politique de préservation de la biodiversité.

L'ancienneté de ces espaces pastoraux d'altitude

J'ai réalisé ici une importante synthèse des données pédoanthracologiques provenant des fragments de charbon de bois identifiés et datés (Tableau 2) issus de mes travaux et de la littérature scientifique contenant des publications riches en données archéologiques, palynologiques, dendrochronologiques et archéo-anthracologiques collectées aussi spatialement proche que possible des lieux d'échantillonnage de ceux des charbons de bois. Des sources historiques et des données climatiques ont également été extraites de la littérature scientifique. Les résultats sont exprimés sous

la forme de 3 figures (Figures 9, 10 et 11, présentant la chronologie et l'altitude de chaque zone d'étude. Ce travail de synthèse pluridisciplinaire a permis d'identifier des relations complexes et riches entre les sociétés agro-pastorales et la construction du paysage de montagne (dynamique forestière, distribution des taxons), les fluctuations altitudinales passées des types de végétation et la chronologie des paysages ouverts au cours de l'Holocène.

Date BP	Date Cal BP	14C age Cal AD/BC	Charcoal species	Pit and altitude	Latitude/Longitude
900 ± 25	911-741	AD 1117-1210	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont10 1450 m	44°26'32.39"N/3°41'07.07"E
1140 ± 25	1146-971	AD 857-980	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont6 1550 m	44°26'15.41"N/3°41'32.96"E
1670 ± 25	1620-1528	AD 326-426	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
2180 ± 25	2308-2121	360-171 BC	<i>Prunus cf avium</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
2170 ± 25	2308-2112	359-275 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont10 1450 m	44°26'32.39"N/3°41'07.07"E
2490 ± 25	2723-2485	770-518 BC	<i>Betula</i>	Mont1 1580 m	44°25'42.25"N/3°41'46.26"E
2730 ± 25	2870-2768	920-819 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont1 1580 m	44°25'42.25"N/3°41'46.26"E
3790 ± 30	4257-4084	2308-2135 BC	<i>Prunus cf avium</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
3820 ± 30	4354-4093	2349-2194 BC	<i>Prunus cf avium</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
4010 ± 25	4525-4422	2575-2474 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
4030 ± 25	4569-4424	2587-2475 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont6 1550 m	44°26'15.41"N/3°41'32.96"E
4850 ± 25	5645-5487	3695-3633 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	Mont6 1550 m	44°26'15.41"N/3°41'32.96"E
4870 ± 30	5655-5583	3706-3635 BC	<i>Prunus cf avium</i>	Mont4 1670 m	44°25'48.83"N/3°43'10.11"E
5320 ± 25	6185-6001	4235-4051 BC	<i>Prunus cf avium</i>	Mont1 1580 m	44°25'42.25"N/3°41'46.26"E
1102 ± 29	1064-952	AD 886-998	<i>Leguminosae</i>	CAG3 2000 m	40°15'54.29"N/5°14'40.69"O
1196 ± 24	1181-1059	AD 769-891	<i>Leguminosae</i>	CAG1 2200 m	40°15'00.78"N/5°15'19.89"O
1893 ± 28	1895-1770	AD 55-180	<i>Leguminosae</i>	CAG4 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
2086 ± 37	2148-1969	199-20 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG2 2100 m	40°15'32.18"N/5°15'00.89"O
2121 ± 32	2156-1998	207-49 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG4 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
2200 ± 33	2317-2131	368-182 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG4 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
3052 ± 35	3357-3170	1408-1221 BC	deciduous Q.	CAG5 1800 m	40°17'29.56"N/5°15'07.94"O
3213 ± 43	3514-3362	1565-1413 BC	<i>Pinus gr. Sylv.</i>	CAG6 1700 m	40°17'58.77"N/5°15'39.70"O
3474 ± 53	3876-3610	1927-1661 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG5 1800 m	40°17'29.56"N/5°15'07.94"O
4419 ± 30	5062-4870	3113-2921 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG1 2200 m	40°15'00.78"N/5°15'19.89"O
4458 ± 35	5289-4963	3340-3014 BC	<i>Betula sp</i>	CAG3 2000 m	40°15'54.29"N/5°14'40.69"O

4932 ± 42	5739-5593	3790-3644 BC	<i>Maloideae</i>	CAG3 2000 m	40°15'54.29"N/5°14'40.69"O
5388 ± 30	6284-6175	4335-4226 BC	<i>Pinus gr. Sylv.</i>	CAG6 1700 m	40°17'58.77"N/5°15'39.70"O
5537 ± 38	6401-6285	4452-4336 BC	<i>Populus sp</i>	CAG3 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
5862 ± 51	6793-6531	4844-4582 BC	<i>Betula sp</i>	CAG2 2100 m	40°15'32.18"N/5°15'00.89"O
6217 ± 37	7208-7007	5259-5058 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG2 2100 m	40°15'32.18"N/5°15'00.89"O
6800 ± 41	7690-7580	5741-5631 BC	<i>Prunus sp</i>	CAG5 1800 m	40°17'29.56"N/5°15'07.94"O
6840 ± 36	7744-7596	5795-5647 BC	<i>Pinus gr. Sylv.</i>	CAG6 1700 m	40°17'58.77"N/5°15'39.70"O
7675 ± 45	8548-8393	6599-6444 BC	<i>Leguminosae</i>	CAG1 2200 m	40°15'00.78"N/5°15'19.89"O
8013 ± 47	9018-8715	7069-6766 BC	<i>Betula sp</i>	CAG4 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
8667 ± 59	9794-9530	7845-7581 BC	<i>Maloideae</i>	CAG4 1900 m	40°16'10.45"N/5°14'24.73"O
8757 ± 46	9912-9558	7963-7609 BC	<i>deciduous Q.</i>	CAG6 1700 m	40°17'58.77"N/5°15'39.70"O
8914 ± 40	10188-9911	8239-7962 BC	<i>deciduous Q.</i>	CAG6 1700 m	40°17'58.77"N/5°15'39.70"O
10 ± 25	/	/	<i>Ericaceae</i>	CaS-b 1648 m	44°7'13.95"N/10°49'0.29"E
560 ± 20	561-530	AD 1389-1420	<i>Ericaceae</i>	MtC-c 1746 m	44°12'8.92"N/10°41'17.73"E
730 ± 30	709-653	AD 1241-1297	<i>Fagus sylvatica</i>	CaS-e 1775 m	44°7'3.24"N/10°49'33.84"E
760 ± 20	709-670	AD 1241-1280	<i>Abies alba</i>	MtC-b 1684 m	44°12'10.47"/N 10°40'56.71"E
770 ± 25	729-672	AD 1221-1278	<i>Fagus sylvatica</i>	CaS-h 1750 m	44°6'41.01"N/10°49'0.20"E
810 ± 25	768-681	AD 1182-1269	<i>Ericaceae</i>	CaS-a 1602 m	44°7'24.37"N/10°48'52.25"E
940 ± 20	887-796	AD 1063-1154	<i>Abies alba</i>	MtC-c 1746 m	44°12'8.92"N/10°41'17.73"E
960 ± 20	873-797	AD 1077-1153	<i>Ericaceae</i>	MtC-l 2078 m	44°11'42.70"N/10°41'48.82"E
990 ± 20	956-903	AD 994-1047	<i>Ericaceae</i>	MtC-f 1850 m	44°11'55.04"N/10°41'44.51"E
1310 ± 20	1290-1233	AD 660-710	<i>Taxus baccata</i>	MtC-c 1746 m	44°12'8.92"N/10°41'17.73"E
1520 ± 20	1418-1350	AD 532-600	<i>Abies alba</i>	MtC-a 1650 m	44°12'12.39"/N 10°41'5.38"E
1540 ± 20	1522-1452	AD 428-498	<i>Abies alba</i>	MtC-a 1650 m	44°12'12.39"/N 10°41'5.38"E
1690 ± 20	1624-1545	AD 326-405	<i>Ericaceae</i>	MtC-c 1746 m	44°12'8.92"N/10°41'17.73"E
1750 ± 20	1714-1604	AD 236-346	<i>Ericaceae</i>	MtC-e 1810 m	44°12'8.85"N/10°41'50.37"E
1860 ± 20	1865-1729	AD 85-221	<i>Fabaceae</i>	MtC-d 1778 m	44°12'2.64"N/10°41'34.45"E
1970 ± 20	1952-1876	AD 74-3 BC	<i>Laburnum sp.</i>	MtC-b 1684 m	44°12'10.47"/N 10°40'56.71"E
2150 ± 25	2164-2048	215-99 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	MtC-c 1746 m	44°12'8.92"N/10°41'17.73"E
2160 ± 20	2181-2107	232-158 BC	<i>Ericaceae</i>	MtC-h 1946 m	44°11'47.92"N/10°41'29.51"E

2170 ± 20	2305-2233	356-284 BC	<i>Ericaceae</i>	MtC-g 1870 m	44°11'52.46"N/10°41'20.40"E
2240 ± 30	2272-2154	323-205 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	CaS-d 1740 m	44°6'57.00"N/10°49'5.33"E
2240 ± 30	2272-2154	323-205 BC	<i>Fagus sylvatica</i>	CaS-d 1740 m	44°6'57.00"N/10°49'5.33"E
2260 ± 30	2260-2158	311-209 BC	<i>Fabaceae</i>	CaS-d 1740 m	44°6'57.00"N/10°49'5.33"E
2900 ± 25	3080-2957	1131-1008 BC	<i>Fraxinus sp.</i>	CaS-g 1700 m	44°6'39.47"N/10°48'57.35"E
7870 ± 25	8728-8592	6779-6643	<i>Fraxinus sp.</i>	MtC-a 1650 m	44°12'12.39"/N 10°41'5.38"E
8770 ± 30	9906-9658	7957-7709 BC	<i>Ericaceae</i>	CaS-f 1860 m	44°6'45.66"N/10°49'9.54"E

Table 2. AMS ¹⁴C dates from the pit soils (Mont: Mont Lozère; CAG: Gredos; Monte Cimone MtC and Corno Alle Scale CaS). Calibration in BP and in AD/BC at 2σ confidence interval, based on Calib8.2 data set. Stuiver M, Reimer P.J. 1993. Extended 14C database and revised CALIB 8.2 14C age calibration program. Radiocarbon 35:215-230.

En Lozère, depuis le début de l'Holocène (Boréal) jusqu'à la première partie de l'Holocène moyen (Atlantique) vers 4100 cal yr BC (Figure 9), le paysage était composé d'une forêt de chênes accompagnée de taxons à feuilles caduques (*Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Corylus avellana* L.). Les occurrences d'*Abies alba* s'élevaient jusqu'à environ 1550 m d'altitude (Servera-Vives 2014). Plus haut en altitude, le paysage consistait probablement en une mosaïque d'espaces boisés et ouverts. Les deux fragments de charbons de *Prunus cf avium* provenant de fosses situées à 1550 m et 1670 m d'altitude et datées respectivement de 4850 +/- 25 BP (3695-3633 cal yr BC) et 4870 +/- 30 BP (3706-3635 cal yr BC) confirment localement l'image d'un paysage en mosaïque (Bal et al. 2015). *Fagus sylvatica* est apparu vers 4100 ans avant notre ère. La chênaie-hêtraie a remplacé le système de chênaie et la hêtraie s'est ensuite progressivement établie jusqu'au sommet (environ 1700 m), occupant les espaces supérieurs autour de 2500 ans avant notre ère et jusqu'à environ 400 ans après notre ère. Les données polliniques et pédoanthracologiques (Bal et al, 2015 ; Servera-Vives, 2014) soutiennent l'hypothèse d'une formation de hêtraie ouverte puisqu'elle est associée à des taxons héliophiles indiquant différents stades de succession tels que *Betula sp.* (2490 +/- 25 BP, 770-518 cal yr BC), *Salix*, *Corylus avellana* et *Prunus cf avium* (à 1670 m d'altitude, 2180 ± 25 BP, 360-17 cal yr BC). La présence des charbons d'Ericaceae est liée aux pratiques agro-pastorales utilisatrices du feu comme technique de brûlis (Iversen, 1956) lors de phases initiales selon le modèle de Landnam à la fois à haute et à basse altitude. En effet, les clairières apparues entre le Néolithique moyen (4230 ans av. J.-C.) et le Haut Moyen Âge (vers 1200 ans ap. J.-C.) sont liées à des activités pastorales (Servera-Vives, 2014, Bal et al., 2015) qui ne semblent pas avoir appauvri le système forestier. Au cours de l'âge du bronze final, la réduction de la pression pastorale et la détérioration du climat européen (Van Geel et al., 1996, Van Geel et al., 1999) permettent à la hêtraie ouverte de continuer à occuper la partie supérieure du Mont Lozère (Bal et al., 2015). Jusqu'à la période romaine, les analyses de charbons de bois du sol démontrent encore la présence de la hêtraie ouverte associée à *Prunus cf. avium* et *Betula sp.* (Bal et al., 2015). Entre le second âge du fer et la période romaine, des attaques intensives de la hêtraie sont confirmées à l'échelle du Massif Central. A l'échelle du Mont Lozère, la pression pastorale est soutenue par les données archéologiques comme en témoignent les datations radiocarbone de cabanes (318-207 cal BC ; Palet et Orengo, 2012), les analyses géochimiques de deux tourbières proches (Narses Mortes et Countrast documentant le début d'une exploitation minière intensive durant le second âge

du fer, vers 220 cal BC ; Baron et al, 2005 ; Baron et al, 2006 ; Servera-Vives et al., 2014) et par la présence d'une mine de plomb argentifère à ciel ouvert datée du deuxième siècle avant J.-C. (Cauuet, 2012). Ceci est en accord avec la découverte d'une plateforme de charbons de bois gaulois située à 1450 m d'altitude qui confirme la présence de *Fagus sylvatica* et de *Prunus cf. avium* (Paradis-Grenouillet, 2012). À la fin de l'époque romaine, les parties sommitales de la montagne subissent une phase d'érosion importante liée à une extension des pratiques agro-pastorales au Mont Lozère (Servera-Vives et al., 2014) et à l'échelle du Massif central (Allée, 2003). Ainsi, à partir de 400 cal yr. AD, la hêtraie située au sommet de cette montagne est plus fortement impactée par l'activité humaine (Servera-Vives et al., 2014 ; Pulido, 2006). Les cabanes pastorales recensées (Palet et al., 2011) attestent d'occupations entre 250 et 900 cal yr. AD. Le déclin de la hêtraie s'accompagne de l'expansion de la prairie à *Nardus stricta* dans l'étage montagnard et de la régression de la chênaie-hêtraie jusqu'à 1500 m d'altitude. La géolocalisation d'anciennes plateformes de charbons de bois situées jusqu'à 1500 m d'altitude, confirme cette limite ancienne de la hêtraie entre le 11^{ème} et le 14^{ème} siècle (Paradis-Grenouillet, 2012). Vers 1300 cal yr. AD, *Abies* disparaît (Servera-Vives et al., 2014). Dans les périodes plus récentes, la hêtraie continue son recul jusqu'à atteindre la limite actuelle de 1480 m d'altitude. Actuellement, le pin sylvestre gagne beaucoup de terrain par recolonisation spontanée à partir des anciennes plantations réalisées à la fin du 19^{ème} siècle. Le genévrier participe également à la recolonisation des prairies à *Nardus stricta*. Nos données les plus récentes (Servera-Vives, 2014 ; Bal et al., 2015) montrent qu'au regard de la dynamique de ces paysages agro-pastoraux (depuis au moins 7000 ans), la pelouse à *Nardus stricta* n'a pas toujours occupé la partie sommitale du Mont Lozère. Le processus qui a conduit à la construction du paysage ouvert (tel qu'il est aujourd'hui) a commencé il y a 1600 ans (vers 400 ans cal. AD). Ainsi, il y a 1000 ans, la nardaie est dans un premier temps en contact direct avec la chênaie-hêtraie accompagnée de sapin jusqu'à la disparition de ce dernier vers 1300 cal yr AD. C'est alors une hêtraie-chênaie qui remplace la formation forestière de basse altitude jusqu'aux environs de 1500 m d'altitude puis celle-ci subit à nouveau une régression pour atteindre les 1480 m d'altitude qui correspondent à la limite actuelle de la forêt du Mont Lozère. La composition et la distribution de la végétation qui compose le paysage actuel du Mont Lozère sont identiques depuis 500-600 ans.

À Gredos, la compilation des données sur les charbons de bois du sol (Garcia-Alvarez et al., 2017), des résultats sur les bois subfossiles (Rubiales et al, 2007, Rubiales et Génova, 2015) et les données polliniques (Franco-Múgica, 1995) dans la figure 10 montre que depuis le début de l'Holocène (fin du Préboréal) et jusqu'à la transition Holocène moyen/Tardif (début du Subboréal), trois assemblages végétaux sont dominants dans le paysage de la Valle de las Pozas. Jusqu'à 1700 et 1800 m d'altitude, une pinède ouverte est présente (*Pinus gr. sylvestris*, à 1700 m d'altitude : 5795-5647 cal yr. BC ; 4335-4226 cal yr. BC ; 1565-1413 cal yr. BC et à 1570 m d'altitude : un bois subfossile de pin est daté de 3000 cal yr. BC) accompagnée du chêne à feuilles caduques (probablement *Quercus pyrenaica*) à 1700 m d'altitude : 8239-7962 cal yr. BC et 7963-7609 cal yr. BC). Le stade ouvert de la forêt est suggéré par la présence de taxons héliophiles : *Betula* sp., Salicaceae/Rosaceae (à 1800 m d'altitude, *Prunus* sp. : 5741-5631 cal yr. BC) et d'arbustes identifiés à partir des charbons des sols, probablement spatialement proche de sa limite altitudinale. Au-dessus, elle fait place à une lande de légumineuses avec la présence d'arbres pionniers à feuilles caduques (*Betula* sp. à 1900 m d'altitude : 7069-6766 cal yr. BC ; à 2100 m d'altitude : 4844-4582 cal yr. BC ; à 2000 m d'altitude : 3340-3014 cal yr. BC), *Populus* sp. (à 1900 m d'altitude : 4452-4336 cal yr. BC) et Maloideae (à 1900 m d'altitude : 7845-7581 cal yr. BC et à 2000 m d'altitude : 3790-3644 cal yr. BC) jusqu'à environ 2000 m d'altitude au début de l'Holocène et 2100 m d'altitude pendant l'Holocène moyen (Garcia-Alvarez et al., 2017). La présence

de ces taxons pionniers a pu être relativement importante à 1900-2000 m d'altitude, comme en témoignent les 15 bois subfossiles de *Betula* sp. identifiés par Rubiales et al. (2007). Ces associations suggèrent l'existence ancienne, au cours de l'Holocène précoce et moyen, d'une zone de transition entre la forêt de pins (altitude maximale d'environ 1800 m) et le *matorral*⁵⁵ à genêts (au-dessus de 2100 m d'altitude) dans la vallée de Las Pozas, un scénario qui n'a pas d'équivalent dans la région aujourd'hui. Au cours de cette période, *Betula* sp. était très présent dans les données polliniques, atteignant un maximum de 80 % vers 3670 cal. yr. 3670 cal yr. BP (environ 2100 BCE) (Franco-Múgica, 1995). Vers 1700 cal yr. BC à Gredos, la forêt de bouleaux commence sa réduction progressive jusqu'à sa disparition aux environs de 400 cal yr. AD (Franco Múgica, 1995) et le *matorral* prendra plus d'importance spatiale au cours de cette période. Ceci est confirmé par les dates radiocarbone de six fragments de charbon de bois de Fabaceae (Garcia-Alvarez et al., 2017) situés entre 1900 et 2200 m d'altitude (368-182 cal yr. BC ; 207-49 cal yr. BC ; 199-20 cal yr. BC ; 55-180 cal yr. AD ; 769-891 cal yr. AD ; 886-998 cal yr. AD). Les données compilées issues des charbons de bois du sol, ainsi que les 33 bois et 9 cônes de *Pinus gr. sylvestris* trouvés entre 1750 et 1840 m d'altitude dans un rayon de 10 km autour de la zone d'étude (Rubiales et al, 2007 ; Rubiales & Génova, 2015) suggèrent une limite de la pinède qui oscillait autour de 1800 m d'altitude. Le *matorral* est en contact avec la pinède depuis environ 800 ans, c'est-à-dire depuis la disparition du bouleau et du pin sylvestre estimée au 13^{ème} siècle dans la vallée de Las Pozas (Rubiales & Génova, 2015). Le pin sylvestre n'a pas été en mesure depuis lors de recoloniser naturellement la vallée. Le maquis deviendra la formation végétale dominante à Gredos, à l'exception des plantations de pins sylvestres du 20^{ème} siècle entre 1450 et 1500 m d'altitude dans les vallées voisines, comme celle de Barbellido. Ainsi, le paysage sommital ouvert actuel (ou haut plateau) de la vallée de Las Pozas existe depuis 800 ans.

Dans les Apennins du nord, du début de l'Holocène à la première partie de l'Holocène moyen (Figure 11), la forêt d'*Abies alba* accompagnée de *Picea abies* (L.) H.Karst, *Quercus* sp., *Tilia* sp., *Fraxinus* sp. et *Acer* sp. a dominé le paysage jusqu'à 1800 m d'altitude (Vescovi et al., 2010a). Ceci est confirmé par le fragment de frêne daté de 8728-8592 cal. BP (MtC-a) à 1650 m d'altitude, soit 150 m plus haut qu'aujourd'hui (Pignatti et al., 2017 ; Benatti et al., 2019). Aujourd'hui, au-dessus de la hêtraie, on trouve une prairie composée de *Trifolium thalii* Vill., *Nardus stricta*, *Brachypodium genuense* et une lande de montagne composée de *Vaccinium myrtillus* et *V. uliginosum subsp. uliginosum* (Alessandrini et al., 2003 ; Tomaselli et al., 1996). Le fragment de charbon de bois d'Ericaceae (7957-7709 cal. BC) situé à Corno alle Scale à 1860 m d'altitude et l'absence de charbon de bois d'arbres dans cette fosse d'échantillonnage suggèrent qu'au cours de l'Holocène précoce, la partie sommitale était déjà ouverte (sans couverture forestière). Au cours de l'Holocène moyen, les données polliniques des Apennins septentrionaux (Branch et Marini, 2014 ; Vescovi et al., 2010a, 2010b ; Watson, 1996) montrent que le nombre d'*Abies alba* a diminué et que celui des hêtres a augmenté vers 4500 cal yr. BC. La forêt dominée par le sapin a été remplacée par une forêt de hêtres et de chênes accompagnée de sapins. Les études archéologiques ont identifié plusieurs espaces ouverts qui sont supposés avoir été causés par des sociétés pastorales (Cardarelli et Malnati 2006 ; Cevasco, 2012 ; Stagno, 2016). Au cours de l'Holocène supérieur, les données sur les pédocharbons (Benatti et al., 2019) confirment cette composition forestière ancienne caractérisée par *Fagus sylvatica* (323-205 cal yr. BC ; 215-99 cal yr. BC ; 1221-1278 cal yr. AD et 1241-1297 cal yr. AD) avec la présence de *Fraxinus* sp. (1131-1008 cal. yr. BC) et *Abies alba* (428-498 cal. yr. AD ; 532-600 cal yr. AD ; 1063-1154 cal yr. AD ; 1241-1280 cal yr. AD), cette dernière espèce n'ayant été identifiée qu'au Monte Cimone. *A. alba* n'est actuellement connu

⁵⁵ Terme local désignant une communauté à genêts

que comme cultivé et naturalisé par des plantations (Alessandrini et al. 2010) et n'a pas été détecté à proximité de nos points d'échantillonnage. De la fin de l'Age du Fer à la fin du Moyen-Âge, la timberline des deux sites de montagne Monte Cimone et Corno alle Scale a diminué et oscillé autour d'environ 1750 m d'altitude. La présence de *Laburnum* sp. (daté 3 BC-AD 74 = période romaine) à Monte Cimone, et d'Ericaceae (daté 1182 AD-1269 AD - fin du Moyen-Âge) à Corno alle Scale près de la limite des arbres confirme des phases d'ouvertures de la forêt. Ces épisodes de défrichement peuvent être liés à des activités pastorales utilisatrices du feu pour ouvrir l'espace, à la fois pendant la période romaine (Geri, 1992 ; Giordani, 2006) et le Moyen Âge (période clé pour la déforestation européenne à grande échelle par des activités agro-pastorales - Bal et al., 2015), pendant laquelle l'importance de l'élevage ovin est attestée dans les zones les plus élevées des Apennins (Cremaschi et Dall'Aglio, 1988). Ce système de forêt ouverte semble être favorable à *Taxus baccata* qui est identifié près de la limite forestière (à 1746 m d'altitude) et daté 660 -717 AD (Benatti et al., 2019). Linares (2013) suggère que les peuplements à canopée ouverte ont une proportion relative plus élevée d'individus sains de *Taxus baccata*, par rapport aux peuplements plus denses car il y a moins de concurrence de la part des espèces d'arbres qui peuvent les encombrer (Iszkuło et al., 2005 ; Ruprecht et al., 2010 ; Dhar et al., 2007). Aujourd'hui l'if est une espèce relique avec une distribution fragmentée. Dans la Province de Modène, il n'y a que deux points de populations naturelles (à 15 km de nos zones d'étude) protégées par des parcs (Alessandrini et al. 2010). En Europe, les populations d'ifs ont quantitativement diminué au cours des 6000-4000 dernières années en raison de nombreuses causes telles que le pâturage, les pratiques forestières et la compétition (Linares 2013 ; Ruprecht et al., 2010 ; Piovesan et al., 2009 ; Dhar et al., 2007 ; Thomas et Polwart, 2003 ; Tittensor, 1980). Entre la fin du Moyen Âge et la période actuelle, la limite supraforestière a diminué respectivement de 46 m au Monte Cimone et de 150 m au Corno alle Scale, ce qui est inférieur aux anciennes limites (Benatti et al., 2019). Au-delà de 1600 m d'altitude à Corno alle Scale, et au-delà de 1740 m d'altitude à Monte Cimone, les Ericaceae (datées 10+/-25 cal AD (Benatti et al, 2019)) sont devenues prédominantes, ce qui suggère que ces zones ont été utilisées comme pâturages pendant une période suffisamment longue. Au Monte Cimone et à Corno alle Scale, juste en dessous de la limite forestière actuelle, entre 1500 et 1700 m d'altitude, 71 anciennes charbonnières ont été découvertes (Benatti et al., 2018) dont 48 d'entre elles ont été analysées (identification du charbon de bois et datation au radiocarbone). Elles ont renforcé l'image de la dominance d'un système de hêtraie de 1616 à 1948 après JC, c'est-à-dire du début du 17^{ème} et du milieu du 20^{ème} siècle. Une date (à Corno alle Scale) confirme le fonctionnement de la charbonnière vers 1390-1477 cal AD c'est-à-dire entre la fin du 14^{ème} et la fin du 15^{ème} siècle. Dans nos zones d'étude, leur présence juste en dessous de la limite forestière actuelle suggère que cet écotone n'a pas connu de régression altitudinale entre le 15^{ème} et le 20^{ème} siècle.

Réflexion – conclusion

L'étude comparative de l'histoire de ces paysages ouverts d'altitude atteste de l'interaction entre les sociétés à long terme (principalement les sociétés pastorales par entre autres la pression du bétail et l'utilisation du feu) et les épisodes climatiques prolongés qui ont conduit à des changements communs dans les zones étudiées. Les processus qui ont conduit à la physionomie actuelle des paysages se sont déroulés au cours du dernier millénaire, avec un certain degré de synchronisation au cours des 500 à 800 dernières années.

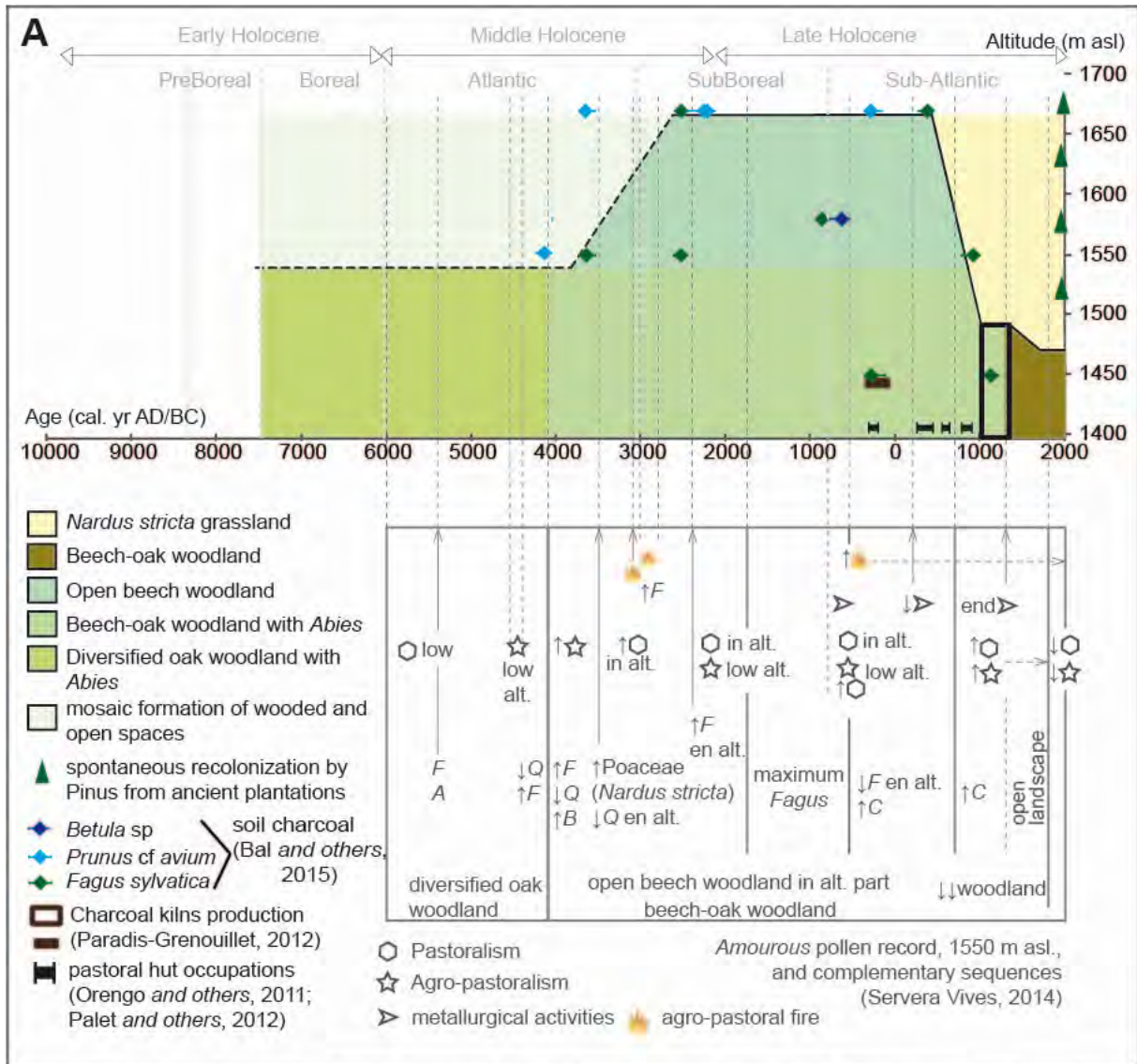
A une échelle d'analyse précise, la comparaison des différents forçages (climatiques et anthropiques) qui ont conduit aux *highlands* actuels met en évidence certains points :

- Les épisodes d'incendie apparaissent beaucoup plus tôt et avec une fréquence plus élevée dans la région de Gredos au début de l'Holocène (Figure 10), où le paysage forestier était composé de *Pinus gr. sylvestris* accompagné de *Quercus* et de Maloïdeae à feuilles caduques vers 10 000 ans avant notre ère, que dans les Apennins septentrionaux et le Mont Lozère. Une forte activité de feu est présente dans la région du sud-ouest méditerranéen pendant l'Holocène précoce (Carrión et al. 2003, Carrión et al., 2012 ; Tinner et al. 2013 ; Vannière et al. 2011 ; Bal et al. 2011). En outre, à l'échelle de ces trois montagnes méditerranéennes, l'ancienneté des incendies suit un gradient géographique d'ouest en est (Figures 8 et 12). Selon Rendu (2001), Bal (2006), Bal et al. (2010), Palet et al. (2013) et plus récemment Alvarez-Garcia et al. (2017), Benatti et al. (2018, 2019) et Garcia-Ruiz et al. (2020) dans leur étude comparative entre la déforestation dans la partie subalpine des Pyrénées centrales espagnoles et la transhumance, nous notons l'importance des processus de longue durée dans le changement du paysage lié à plusieurs pratiques humaines (agro-pastoralisme, production de charbon de bois, exploitation minière...) qui se produisent dans les environnements de montagne. En ce qui concerne la structure altitudinale du paysage végétal, la région des Apennins septentrionaux semble avoir été caractérisée par un paysage végétal similaire pendant tout l'Holocène supérieur. Le faible déplacement de la limite forestière mis en évidence ici contraste fortement avec les grands changements (de 250 à 400 m) identifiés en Lozère et en particulier à Gredos et dans d'autres montagnes européennes (Garcia-Ruiz et al., 2020 ; par exemple dans les Alpes - Talon et al., 1998, 2010 ; Carnelli et al., 2004 ; Ali et al., 2005 ; Badino et al., 2018 ; dans les Pyrénées - Bal et al., 2011 ; Cunill et al., 2013). Il semble que l'établissement de la hêtraie actuelle ou de la hêtraie-chênaie après le déclin de l'*Abies* respectivement pour les Apennins du Nord selon Vescovi et al. (2010a), Branch (2013) et Morales-Molino et al. (2021), et le Mont Lozère ait eu lieu à une époque relativement récente, il y a 500-600 ans.

Enfin, qu'apportent ces études sur les montagnes méditerranéennes et leur comparaison aux projets de mise en valeur de ces territoires ? Elles prouvent que les paysages correspondent à une longue co-construction entre les sociétés et leurs environnements et qu'ils peuvent être aujourd'hui très différents de ce qu'ils ont été, surtout sur une si longue durée. Cette dernière est peu prise en compte dans la valorisation des patrimoines. Comme si les paysages actuels de montagnes avaient toujours connu ce même "état" presque vu comme un état stable, immuable. Sont donc surtout considérés des "états" relativement récents ou remontant à quelques millénaires pour les sites patrimoniaux les plus connus. Connaître ces changements sur une longue durée (depuis que les sociétés ont occupé ces espaces) démontre s'il le faut encore, que la *nature est le produit d'une anthropisation* (Descola, 2002) longue et complexe et qu'il en découle que la *nature sauvage*⁵⁶ expression tant utilisée à l'échelle du monde n'existe pas, tout espace étant anthropisé.

Mais aussi, l'analyse de la longue coévolution entre les sociétés et le paysage nous a amené à réfléchir sur l'héritage des pratiques humaines et des changements climatiques antérieurs, en termes de composition des forêts modernes et de sensibilité de certains taxons arboricoles (*Pinus gr. sylvestris*, *Abies alba* et *Taxus baccata*) qui ont décliné ou disparu à la fin de l'Holocène, lorsque les taux de changement de la végétation se sont nettement accélérés.

⁵⁶ Le terme de « sauvage » désigne ce qui relève de la nature non domestiquée, en fonction des représentations de celui ou celle qui l'emploie. Il n'existe plus aujourd'hui, au plan écologique, de nature vraiment « sauvage », c'est-à-dire totalement en-dehors de l'influence ou du contrôle humain (Géococonfluences)



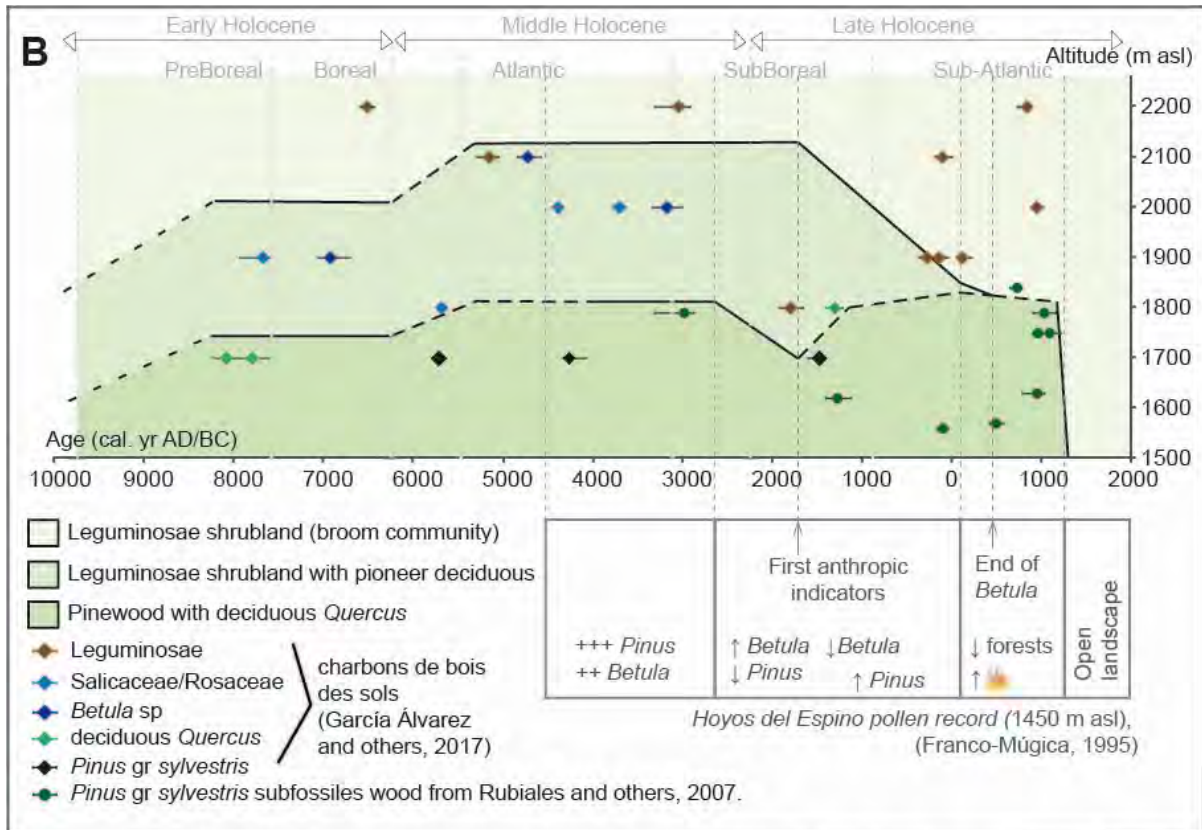


Figure 10. Models of altitudinal distributions of plant formations of Valley de Las Pozas (Sierra de Gredos) during Holocene (figure modified from Garcia-Alvarez and others 2017). The Holocene division follows the proposal of Walker and others (2012).

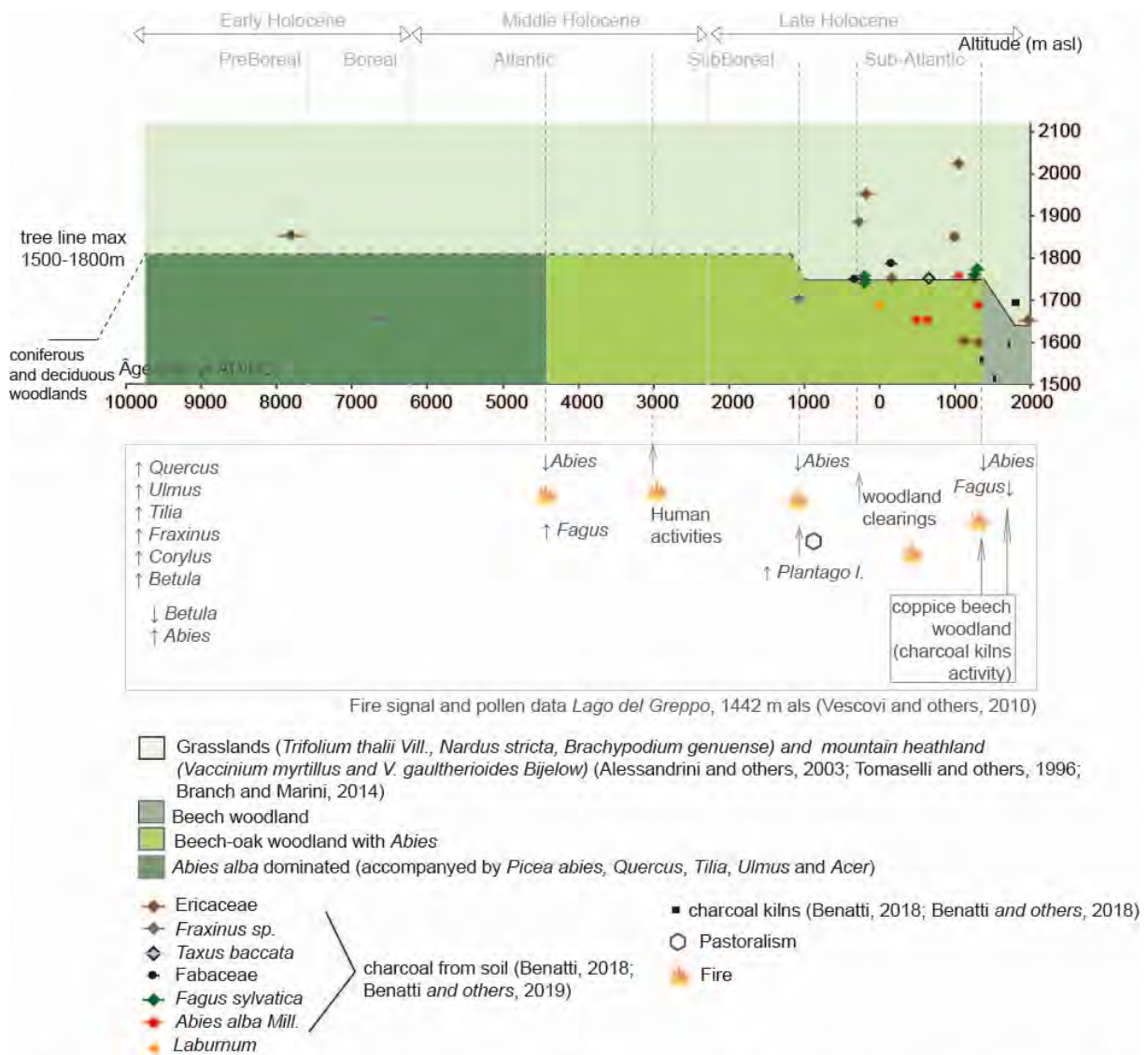


Figure 11. Models of altitudinal distributions of plant formations at the Northern Apennines: Monte Cimone and Como Alle Scale (Italy) during Holocene from Benatti and others (2018, 2019), Vescovi and others (2010), Alessandrini and others (2003), Tomaselli and others (1996), Brand and Marini (2014). The Holocene division follows the proposal of Walker and others (2012).

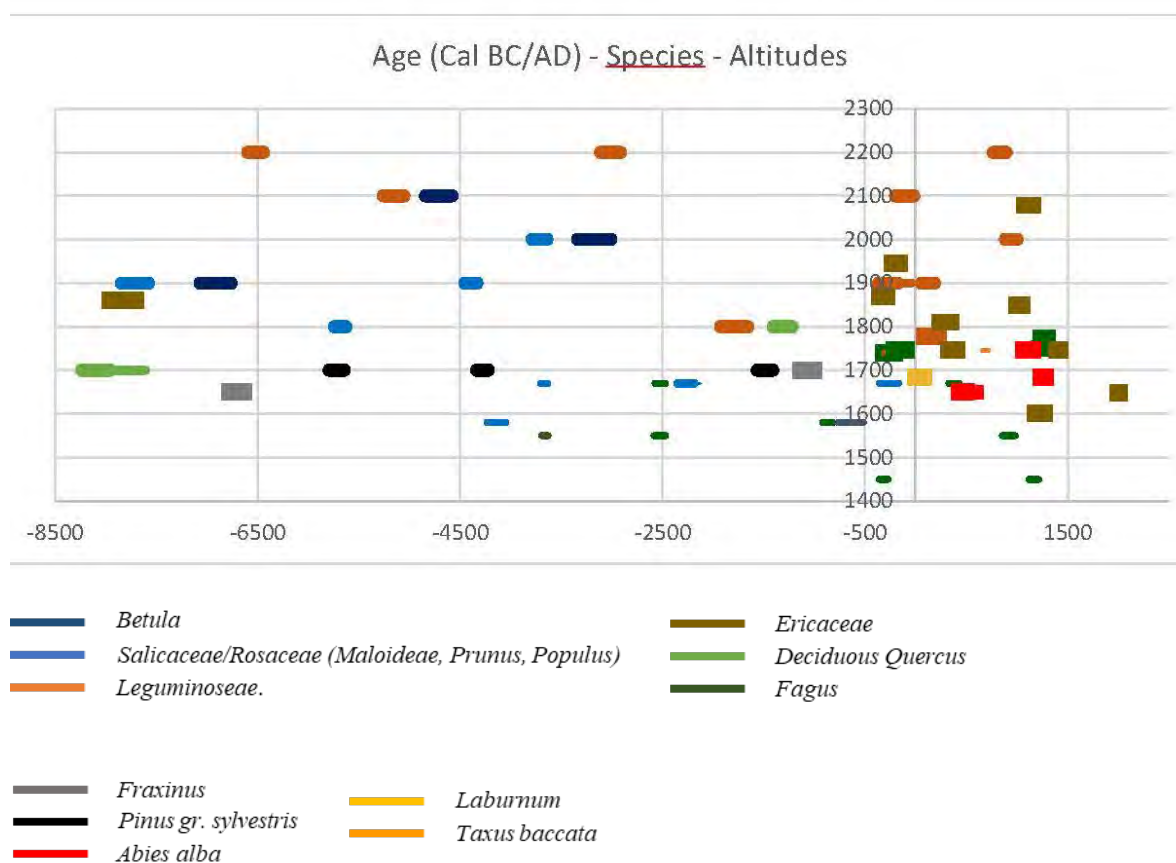


Figure 12. Palaeo-altitudinal distributions of identified taxa at the scale of the 3 sites (Gredos, Lozère and Apennines) during Holocene. Age (Cal BC/AD – species – altitudes (m asl)). Each color correspond to an identified species and the line form correspond to the geographical site (thick line with round tips: Valle de Las Pozas; thin line with round tips: Mont Lozère; thick line with square tips: Apennines (Corno Alle Scale and Monte Cimone)).

Paléodistributions de taxons rares/vestiges – le rôle de l’agro-pastoralisme

Ce travail de recherche que j’ai mené et qui a abouti entre autre à la publication d’un article dans la revue CATENA (Bal et al.) en 2023 est issu de données acquises depuis ma thèse (Bal, 2006), mes post-doctorats (Bal et al., 2010 ; Bal et al., 2011) et quelques articles publiés depuis mon recrutement en tant que maîtresse de conférence, en 1^{re} auteure (Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2019 ; Bal et al., 2023) ou en tant que directrice des travaux et porteuses de projets de recherche (Benatti et al., 2018 ; Benatti et al, 2019 ; Garcia-Alvarez et al., 2017). Mes données sont ici aussi accompagnées, confrontées à celles issues de la littérature scientifique et de bases de données sur la distribution des taxons ligneux (citées dans le texte ou en notes bas de page).

Les incendies naturels et anthropiques ont joué un rôle important dans les montagnes méditerranéennes, ce qui pourrait avoir façonné le paysage actuel avec la disparition de taxons moins tolérants au feu (*Pinus gr. sylvestris* - Garcia-Alvarez et al., 2017 ; *Abies alba* - Bal et al., 2015, Benatti et al., 2019 ; et *Taxus baccata* - Benatti et al., 2019). La paléodistribution de ces trois taxons est documentée ici à différents niveaux : *Abies alba* et *Pinus gr. sylvestris* sont très bien documentés à

l'échelle européenne par des données polliniques collectées dans des bases de données telles que l'European Pollen Database (Aix-Marseille University, Pytheas Institute, et IMBE) ou à l'échelle des Pyrénées par la Paleopyr Database (Geode). En revanche, les bases de données Neotoma via European Pollen Database ne renseignent pas sur la paléo-présence de *Taxus baccata* dans les Pyrénées et sont incomplètes pour les Apennins septentrionaux. Notre étude confirme que des paléo-données à haute résolution spatiale permettraient de révéler la présence d'un taxon et en particulier sa dynamique altitudinale, paramètre essentiel dans les zones montagneuses. La pédoanthracologie détaillée dans la partie méthodologie permet d'obtenir une telle résolution spatiale (Figure 12). D'importantes distorsions existent aussi entre les données polliniques et celles des macrorestes végétaux. Ainsi, Goepp (2007) a notamment démontré la présence de *Abies alba* autour de 20 000 ans dans les Vosges par la datation de charbons de bois issus des sols, alors que la palynologie ne le documentait pas avant l'Holocène. L'étude de l'écologie passée et de la dynamique des taxons à une échelle de haute résolution spatiale semblent essentielle pour explorer de nouvelles perspectives sur les réponses futures de la forêt méditerranéenne au réchauffement climatique qui accélère la disparition ou la diminution de la forêt méditerranéenne. Par exemple, Tinner et al. (2013) montrent comment les données paléoécologiques pourraient améliorer les perspectives sur les dynamiques forestières futures en réponse au changement global. Les perturbations anthropogéniques (sous forme de feu ou de pâturage) semblent critiques pour les perspectives d'*Abies alba*, bien qu'il puisse théoriquement survivre avec des précipitations d'environ 800 mm par an.

Pinus sylvestris, répandu dans toute l'Eurasie, a une limite de distribution continentale naturelle, la plus occidentale sur le versant nord du système ibérique central (Sierra de Gredos), mais largement réduite, représentée uniquement par les pinèdes de la vallée d'Iruelas, Navalacruz-Navarredondilla, Hoyocasero et Navarredonda de Gredos-Hoyos del Espino, toutes situées dans la partie orientale de la chaîne, entre 1230 et 1500 m d'altitude. Un certain nombre de sites de haute altitude (par exemple Franco et al., 1997, Dorado-Valiño et al., 2001, López-Merino et al., 2009) montrent un changement synchrone et brutal avec une extension des prairies et un déclin des forêts (principalement *Pinus gr. sylvestris*) depuis l'Age du Bronze, mais les arbres peuvent se rétablir et le feu n'est pas massivement enregistré dans les registres de micro- et macro-charbons. Les données combinées de la pédoanthracologie (Garcia-Alvarez et al., 2017) et les analyses de 33 bois et 9 cônes de *Pinus gr. sylvestris* trouvés à 1750-1840 m d'altitude dans un rayon de 10 km de la zone d'étude (Rubiales et al., 2007 ; Rubiales et Genova, 2015) confirment la présence d'une limite forestière de *Pinus gr. sylvestris* à environ 1700-1800 m d'altitude dans la vallée de Las Pozas où le pin est absent du paysage actuel. Le système d'information EUFGIS a répertorié le pin sylvestre comme ressource génétique forestière conservée non loin du site de collecte, à Hoyos del Espino à 1513 m d'altitude (EUGGIS). Ainsi, la rareté de *Pinus sylvestris* dans les hautes terres du nord de Gredos (figures 10 et 12) est liée à la longue tradition de pastoralisme dans cette zone montagneuse (asylvatique), qui se maintient encore aujourd'hui et joue un rôle important dans ces paysages. Cette tendance a pris un tournant avec le repeuplement de la chaîne de Gredos à partir de 1100 après J.-C. (Monsalvo, 2003), qui a montré une nette augmentation des activités agro-pastorales et de l'économie rurale. Les informations historiques abondent à partir de ces dates et renforcent cette idée. Une puissante association protégeant les propriétaires de bétail et leurs animaux (appelée "Honrado Concejo de la Mesta") a été incorporée à la Couronne de Castille au cours du 13^{ème} siècle. La transhumance concernait les moutons qui étaient généralement détenus à Gredos et plus au nord (où ils avaient leurs pâturages d'été) et qui migraient vers et depuis les pâturages d'hiver de l'Estrémadure voisine au sud. La relation entre la déforestation rapide et le développement de grands marchés de la laine en Europe

se retrouve dans d'autres régions montagneuses du sud de l'Europe, telles que les Pyrénées. Des sources compilées telles que des documents écrits, des études géomorphologiques et des informations paléoécologiques (par exemple García-Ruiz et al., 2020) montrent que les frictions pour le contrôle des prairies d'été sont liées à un déclin rapide des forêts et à une forte augmentation des taux de sédimentation à la suite de la déforestation, ce qui suggère une érosion intense. Par exemple, la déforestation rapide de la ceinture subalpine des Pyrénées à partir du Moyen Âge a provoqué une augmentation soudaine des processus géomorphologiques conduisant à l'instabilité des pentes des collines. L'érosion historique des sols, le ravinement, les éboulements et les glissements de terrain peu profonds ont été régulièrement caractérisés (par exemple, Montserrat, 1992, García-Ruiz et al., 2010) et les glissements de terrain sont principalement détectés sur les pentes des collines déboisées et couvertes de prairies. Cependant, à titre indicatif ici, les glissements de terrain peuvent aussi se produire sous forêt. Le ruissellement est défavorable aux glissements, contrairement à l'infiltration (Schwartz, communication orale). Ces raisons font de la déforestation le principal facteur contribuant à l'érosion des sols, par le biais de changements dans l'hydrologie du sol, réduisant la cohésion des racines et par conséquent la résistance du sol dans des conditions critiques coïncidant avec la fonte des neiges et les grandes tempêtes de pluie (Beguería, 2006). Le feu a longtemps été utilisé pour former et maintenir les prairies de haute altitude afin d'éviter la recolonisation des arbustes. La diminution de la pression pastorale et les changements dans les types et les méthodes d'exploitation des troupeaux ont favorisé l'expansion et la dynamique de la garrigue. La conservation des quelques vestiges naturels arborés (principalement de *Pinus sylvestris*, *P. nigra*) est une priorité des administrations, dans cette montagne marquée par une période estivale sèche et une forte oscillation thermique, dans un contexte global de dérèglement climatique. Les plans de gestion et de valorisation du patrimoine paysager et de l'arbre (ici *Pinus sylvestris*) constituent ici un enjeu territorial et sociétal important en Sierra de Gredos et particulièrement dans la partie nord, qui est une zone peu peuplée, dont la principale activité économique est l'élevage et qui reste peu visitée par les touristes.

Comme l'if, *Abies alba* a une distribution beaucoup moins étendue aujourd'hui (base de données EUFORGEN) que par le passé. Élément important du paysage forestier européen, le sapin blanc a été une ressource indispensable pour les sociétés du passé, selon l'époque : défriché, utilisé pour la charpenterie et la construction navale ou comme fourrage supplémentaire (Ducci et al., 1998). Le sapin est très sensible au feu et au pâturage (Bernetti, 1995 ; Morales-Molino et al., 2021 ; San-Miguel-Ayán et al., 2016 ; Tinner et al., 2013). Toutes ces utilisations expliquent son lent déclin. Il semble avoir été plus résistant aux conditions chaudes et sèches dans le passé qu'il ne l'est aujourd'hui (Morales-Molino et al., 2021). De grands programmes comme EUFORGEN-EUFGIS prennent en compte *Abies alba* dans leurs projets de conservation et d'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Europe. Le système d'information EUFGIS répertorie les lieux où la ressource génétique forestière est conservée. Dans le nord des Apennins, la réserve génétique forestière du sapin se trouve à Abetone (sapin en italien), qui se situe dans un massif forestier de 584 ha répartis entre 1190 m et 1530 m d'altitude. À moins de 10 km de là, sur le Monte Cimone, *Abies alba* est absent de l'assemblage végétal actuel, mais des données pédoanthracologiques (Benatti et al., 2019) ont révélé de faibles occurrences à la fin de la période romaine et à la fin du Moyen Âge à 1746 m, c'est-à-dire à la limite ancienne de la forêt, plus élevée que sa limite actuelle (Figures 10 et 11). Il a également été identifié sur le mont Cusna (Apennins du nord, à 25 km de nos zones d'étude), à la même altitude et pendant l'Holocène tardif (Compostella et al., 2013). Selon Morales-Molino et al. (2021), *Abies alba* a continué de décliner à mesure que les activités humaines et les incendies augmentaient, pour finalement disparaître dans les Apennins du nord autour de 1000 et 500 cal. BP. *Abies alba* est actuellement connu

uniquement comme cultivé et naturalisé par les plantations (Alessandrini et al. 2010), et n'a pas été détecté près de nos points d'échantillonnage. Au milieu du 19^{ème} siècle, la zone climatique du hêtre a subi un reboisement par des conifères, dans le but de protéger le sol dans les zones dégradées par l'érosion. Le reboisement a été effectué avec des espèces indigènes de la zone d'étude telles que *Abies alba* et *Picea abies*, ainsi que d'autres espèces telles que *Pinus nigra*, *P. mugo Turra*, et *Larix decidua* Mill. (Alessandrini et al., 2003 ; Tomaselli et al., 1996). La période de reboisement a coïncidé avec l'apogée de l'élevage ovin et caprin dans nos zones d'étude (Benatti et al., 2019). Selon Watson (1996) et Vescovi et al. (2010a), *Abies alba* joue aujourd'hui un rôle nettement subordonné. Sur le Mont Lozère, la hêtraie située à proximité de la zone d'étude est une forêt monospécifique avec des *Fagus sylvatica* aux troncs étroits et tordus et peu d'occurrences d'*A. alba*. Selon Beaulieu et Pons (1979), Reille (1990), Guilliot (2001), Pulido (2006) et Servera-Vives et al. (2014), *Abies* a commencé à décliner vers 450 cal. yr. AD, pour disparaître vers 1300 cal. yr. AD. Au cours du haut Moyen Âge, la déforestation des forêts est liée au développement des activités agropastorales, qui ont également été signalées dans d'autres zones montagneuses du Massif central, telles que le Cantal, l'Aubrac et la Margeride (Beaulieu & Pons, 1979 ; Faure, 2012 ; Reille et al., 1988 ; Surmely et al., 2009). Dans la partie ouest du mont Lozère, à Countrasts, des changements dans l'utilisation des terres sont survenus en raison d'un déclin local de l'exploitation minière et de la métallurgie (Servera-Vives et al., 2014). Les études historiques indiquent que les troupeaux transhumants qui traversent le mont Lozère (Margeride draille à l'ouest et Gévaudan draille à l'est et au centre) depuis la plaine littorale du Languedoc se sont intensifiés à partir du 11^{ème} siècle (Pulido, 2006). Il a également été suggéré que les mouvements de bétail à longue distance ont eu lieu avant le 10^{ème} siècle (Durand, 2003).

L'if (*Taxus baccata*), une espèce fragile qui n'est pas très compétitive lorsque d'autres conifères empiètent, a été réduit à l'état de vestige dans plusieurs zones d'Europe. Sa distribution a augmenté en raison de plantations isolées comme les arbres ornementaux, mais les parcelles naturelles sont relativement rares, de sorte que cette espèce est maintenant protégée (EUFORGEN-EUFGIS). Paradoxalement, peu de données sont disponibles sur sa paléodistribution. Les bases de données Neotoma, y compris l'European Pollen Database, ne fournissent aucune information sur la paléoprésence de *Taxus baccata* dans les Pyrénées, et sont incomplètes pour les Apennins du nord. En 2014, J.-L. de Beaulieu a lancé un projet de production de cartes à l'échelle européenne à partir de données de paléodistribution de l'if commun, basées sur l'European Pollen Database et les données archéologiques disponibles (charbon de bois, macrorestes). Malheureusement, l'article de synthèse sur *Taxus baccata* n'est toujours pas disponible, pas plus que les cartes de paléodistribution. A plus grande échelle, celle des Pyrénées, l'if est présent dans la forêt entre Sorède et Les Albères, et des individus isolés sont disséminés sur les sols calcaires des Pyrénées ariégeoises aux Pyrénées atlantiques. Dans les Pyrénées espagnoles, *Taxus baccata* est rarement dominant, mais il est très fréquent⁵⁷ comme espèce d'accompagnement des hêtraies et des sapinières (en raison de sa tolérance à l'ombre). Du côté des Pyrénées espagnoles, on le trouve sous forme de peuplement dans la forêt d'Irati. Les données archéo-anthracologiques indiquent sa présence dans les Pyrénées Atlantiques sur l'estive d'Aneu (Bal, inédit) entre 1400 et 2000 m à l'âge du bronze tardif, en mélange avec le sapin pectiné et le genévrier accompagnant le hêtre, taxon dominant des assemblages. Plusieurs traces fossiles d'if commun ont été recensées dans le Haut-Videssos (Forêt de Freychinède, Bernadouze) et le Haut-Couserans (Aulus-les-Bains, Port de Saleix), sur un transect allant de 1400 à 1600 m (Py et al., 2020). Cette espèce a également une distribution très fragmentée dans le nord des Apennins. Dans la

⁵⁷ http://coleccion.es.rjb.csic.es/#card.php?id_name=124986/

province de Modène, on la trouve uniquement comme vestige dans deux peuplements naturels (Alessandrini et al., 2010) situés à 15 km de Monte Cimone, où *Taxus baccata* est désormais absent de la forêt. Benatti (2018) a démontré sa présence à la fin de l'époque romaine et au début de l'époque médiévale à l'ancienne limite du bois à 1746 m d'altitude (c'est-à-dire 150 m plus haut que sa répartition actuelle). Il existe peu de données sur la paléo-distribution de l'if en Italie du Nord, et il n'est pas mentionné dans les diagrammes polliniques pour les phases les plus récentes de la zone en question (Watson, 1996 ; Vescovi et al., 2010a, 2010b). L'if n'a été signalé que pour le Subboréal (Chalcolithique et Age du Bronze), dans une étude pollinique réalisée lors de la fouille géoarchéologique du site mésolithique de Monte Bagioletto, situé à 25 km de Monte Cimone (Cremaschi et al., 1984). Ainsi, les quelques études holocènes menées jusqu'à présent montrent que cette espèce a une longue histoire et qu'elle a eu une aire géographique beaucoup plus étendue dans le passé qu'aujourd'hui. La forte pression agro-sylvopastorale exercée sur les massifs montagneux depuis le Néolithique explique en partie le fort déclin, voire la disparition de ce taxon particulier, qui inspirait tantôt la crainte dans les sociétés du passé, en raison de sa toxicité, tantôt un atout en raison de son utilité comme fourrage ou pour la qualité de son bois.

Réflexion – conclusion

Une base de données incluant les résultats acquis sur les paléodistributions de taxons rares ou vestiges à partir de l'analyse des charbons de bois des sols et des bois subfossiles permettrait d'affiner les échelles de représentation passées de nos forêts ou bois. La dynamique actuelle est une conséquence des évolutions et interactions passées entre le climat – les sociétés et la végétation. Même si les épisodes climatiques récents sont beaucoup plus fréquents et agressifs que par le passé (sur une échelle de 10000 ans), nous pouvons toutefois en tirer quelques conclusions et intégrer donc une profondeur historique plus longue qui aideraient à émettre des prospectives plus fines. En effet, des études sur la dynamique récente (20^{ème}-21^{ème} siècles) du pin sylvestre (Vennetier et al., 2006) confirment que les principaux facteurs limitant la croissance et la survie des peuplements de cet arbre sont les sécheresses et températures très élevées comme rencontrées en zone méditerranéenne. En altitude, les chutes de neige peuvent abîmer les houppiers des pins sylvestres et limiter ainsi leur croissance. Pour le pin sylvestre, ce que nous avons démontré à l'échelle du système central espagnol est appuyé par Vennetier et al. (2006) pour le 20^{ème} siècle et les modélisations faites pour le milieu du 21^{ème} siècle qui montrent une diminution constante de la productivité puis un effondrement. La disparition du pin sylvestre au centre de l'Espagne il y a plusieurs siècles en lien essentiellement avec l'activité pastorale, s'étend à l'aire méditerranéenne au 21^{ème} siècle. Cependant, les forçages sont plus complexes.

L'ancienneté des forêts – identification de l'évolution de leurs marges et de leurs compositions sur 6000 ans

J'ai choisi ici de détailler les données que j'ai acquises en collaboration avec Salvia Garcia-Alvarez (post-doctorante que j'ai encadrée, projet PAPAGENO : Dir. Bal & Blondeau) sur l'évolution des marges et de la composition d'une forêt en Limousin en appliquant une démarche géo-archéologique via le croisement de données cartographiques et pédoanthracologiques (Bal & Garcia-Alvarez, 2022). J'ai développé cette recherche dans l'objectif d'analyser l'ancienneté d'une forêt qui semblait, d'après les données cartographiques anciennes, résister face à l'emprise pastorale.

Il ne reste rien ou presque des forêts anciennes de France. Elles ne couvrent plus aujourd'hui que 29 % du territoire national (Vallauri et al., 2012), et un peu plus de 30 % du Massif central, même si dans le Limousin où cette étude a été menée, seules 9,5 % sont présumées anciennes. Elles poursuivent leur lente régression malgré le doublement de la surface forestière en France depuis le milieu du 19^{ème} siècle, grâce au programme de Restauration des terrains de montagne (1860) et au Fonds forestier national entre les années 1945 et 1975. De nombreuses phases de défrichement, de régression ou au contraire de reboisement, depuis le Néolithique (Bal, 2006 ; Miras et al., 2011) ont eu un impact considérable sur les paysages français. L'ancienneté d'une forêt (Goldberg et al., 2007) est définie comme la durée ininterrompue de l'état boisé en un lieu donné, et est déterminée à partir des documents les plus anciens disponibles dans les archives forestières du pays (Cateau et al., 2015). En France, ces documents prennent la forme de cartes de l'Etat-Major datant du milieu du 19^{ème} siècle, époque où la surface forestière française était la plus faible. En plus d'être un réservoir de biodiversité, les forêts anciennes restent un écosystème précieux en termes de biodiversité, de ressources en bois, de sylvo-pastoralisme... et représentent un patrimoine bioculturel important. C'est pourquoi il est essentiel d'évaluer précisément l'ancienneté des forêts du pays, afin d'estimer leur capacité à persister dans le temps malgré l'évolution du climat et des pratiques sociétales.

Dans la présente étude qui porte sur la forêt de Mirambel (Bal et al, 2022 ; Figure 13A, B et C) qui constitue une exception sur le plateau de Millevaches (Limousin), dans la mesure où elle apparaît comme le dernier vestige de forêt feuillue ancienne d'une réelle étendue (385 hectares). En effet, à partir de 1912, les éléments du paysage sont inversés. Les plans successifs de reboisement en résineux ont eu raison des nombreuses landes caractéristiques du pastoralisme du Massif central. En 30 ans, la forêt, majoritairement composée de résineux, occupe un quart du territoire du plateau de Millevaches en 1946. A cette époque, pour contrer la forte déprise agricole qui a suivi la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'Etat crée le Fonds forestier national qui encourage la plantation de grandes surfaces de forêts de résineux. Le Parc Naturel Régional de Millevaches en Limousin a identifié la forêt de Mirambel comme un site d'intérêt environnemental majeur dans sa charte, et a longuement étudié les sources historiques (cartes de Cassini et de l'Etat-Major), démontrant la présence de cette forêt lors du minimum forestier au milieu du 19^{ème} siècle (carte de l'Etat-Major, 1836) avec plus ou moins la même surface qu'aujourd'hui. La carte de Cassini de 1760 montre la forêt de Mirambel présentant le même contour et la même localisation qu'aujourd'hui, mais sans mesure précise de sa superficie. On ne peut évidemment pas s'appuyer de façon très fiable en termes de cartographie forestière sur ce dernier document imparfait (Vallaury et al., 2012) qui révèle par exemple dans les Vosges des données erronées. Dans le cas de la forêt de Mirambel, il apporte toutefois un témoignage dessiné dont les contours sont fortement semblables à ceux de la forêt aujourd'hui, déjà entourée d'espaces ouverts. L'Auvergne et le Limousin étaient fortement déboisés à l'époque (Vallaury et al., 2012).

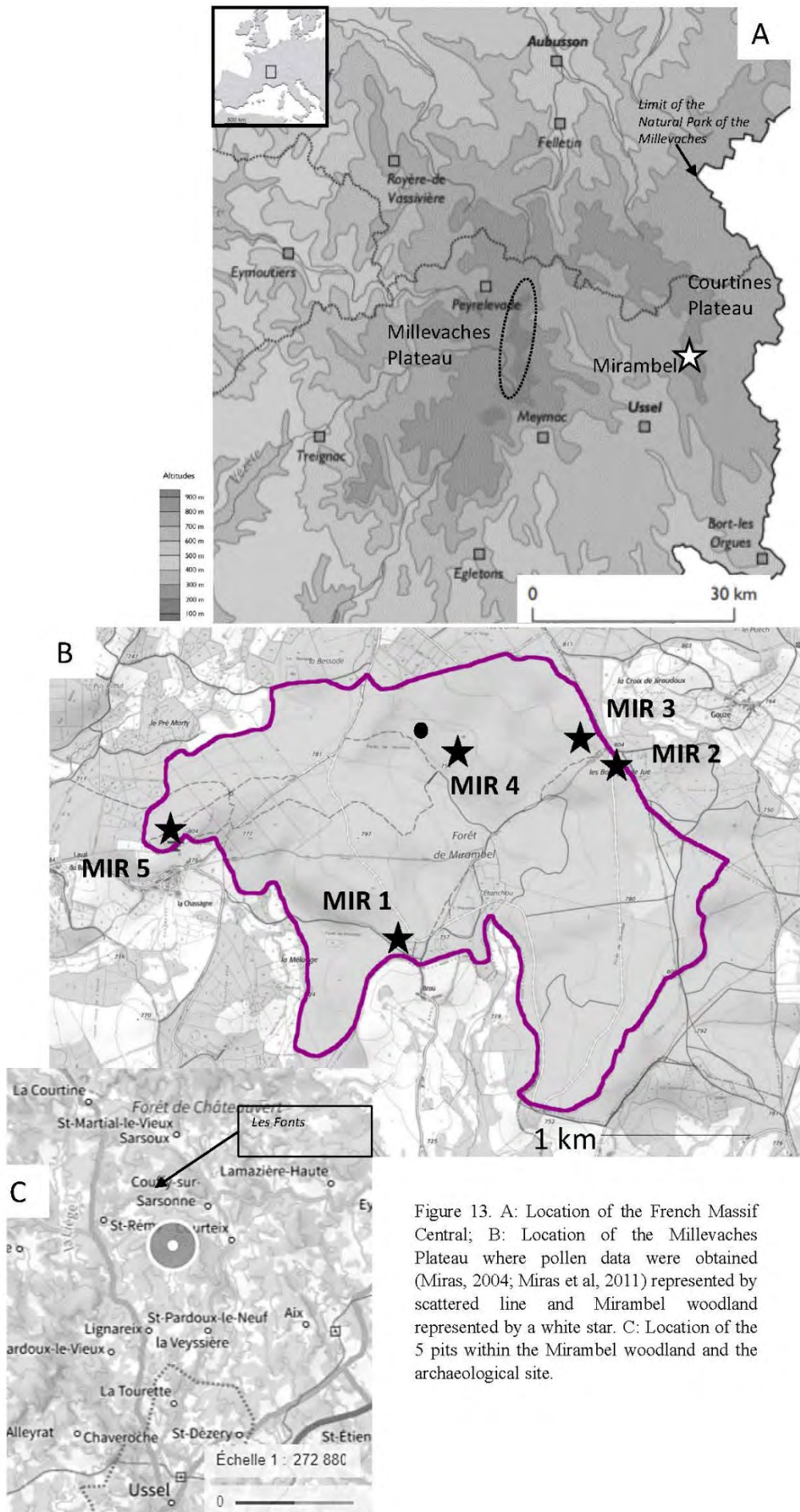


Figure 13. A: Location of the French Massif Central; B: Location of the Millevaches Plateau where pollen data were obtained (Miras, 2004; Miras et al, 2011) represented by scattered line and Mirambel woodland represented by a white star. C: Location of the 5 pits within the Mirambel woodland and the archaeological site.

Aujourd'hui, cette forêt correspond à un mélange d'essences à feuilles caduques *Fagus sylvatica* et *Quercus* (*Q. robur* L. et *Q. petraea* (Mattuschka) Liebl) sous forme de futaie et de taillis.

Cateau et al. (2015) ont suggéré qu'une forêt qui était présente lorsque la surface forestière était la plus basse (milieu du 19^{ème} siècle), a de fortes chances d'avoir persisté sur une plus longue période. C'est sur ce postulat que la problématique de recherche a été posée. Pour estimer l'ancienneté de cette forêt, nous avons choisi d'entreprendre une étude pédoanthracologique, car cette méthode permet d'obtenir des données à long terme et à une échelle spatiale très fine sur la dynamique des ligneux et l'histoire des incendies en fonction des variations climatiques et des pratiques agro-pastorales et sylvicoles. L'approche pédoanthracologique est utile pour ce type de recherche à petite échelle, car les fragments de charbon de bois du sol de plus de 2 mm ne sont pas particulièrement sujets à la dispersion aérienne par le vent et la fumée (Clark, 1988 ; Clark et al., 1998 ; Ohlson et Tryterud, 2000 ; Lynch et al., 2004). Les données sur les charbons de bois du sol ont été confrontées aux données polliniques (Cubizolle et al., 2004, 2014, 2016 ; Miras, 2004 ; Miras et al., 2011) et sédimentaires (Allée, 2003) déjà acquises pour le plateau de Millevaches, et en relation avec les données climatiques issues de travaux menés à l'échelle des paysages d'Europe centrale (Magny, 2004 ; Magny et Haas, 2004 ; Magny et al., 2006 ; Magny et al., 2013 ; Vollweiler et al., 2006 ; Graham et al., 2011 ; Moossen et al., 2015 ; Poschlod, 2015 ; Büntgen et al., 2016 ; Pei et al., 2017 ; Martin et al., 2020). Comme le précise la charte du parc naturel régional, ces forêts anciennes de feuillus ont une grande valeur en termes de production de bois et de fonctions environnementales et sociales. Selon le Programme régional de la forêt et du bois d'Aquitaine 2018-2027, adapté du Programme national de la forêt et du bois 2016-2026 favorisant l'investissement dans le renouvellement des forêts et l'amélioration des peuplements, des questions se posent sur l'avenir des forêts anciennes qui ne répondent pas à la demande actuelle du marché du bois. Une étude unique sur l'ancienneté d'une zone spécifique de forêt ne protégera pas ce patrimoine, mais elle peut aider à améliorer sa gestion et à informer le plus grand nombre sur les avantages de sa préservation. Il s'agira d'identifier si des données anciennes sur cette forêt peuvent aider à sa gestion actuelle et si celle-ci peut être compatible avec la dynamique et la résilience à long terme de la forêt, et en particulier si elle est durable à court et moyen terme (Whitlock et al., 2018).

L'approche géoarchéologique pour identifier la dynamique de la forêt de Mirambel

L'analyse des charbons de bois des sols a été confrontée à l'étude précise d'anciennes cartes localisant la forêt de Mirambel. L'objectif principal était d'obtenir des données locales sur la dynamique de la végétation (composition et marges) et les incendies passés, à l'échelle de cette forêt. La stratégie d'échantillonnage a donc été basée sur une comparaison entre les limites anciennes de la forêt de Mirambel (figurant sur les archives et les documents du Parc Naturel Régional (Figure 14), et la situation actuelle identifiée par le travail de terrain afin de détecter les fluctuations de la surface de la forêt et la dynamique de sa végétation au cours des derniers millénaires. Les cartes de l'Etat-Major datant de 1820-1866 ont été utilisées comme référence, car elles fournissent une spatialisation précise des boisements au milieu du 19^{ème} siècle. Cateau et al. (2015) suggèrent que les boisements présents au milieu du 19^{ème} siècle ont de fortes chances d'avoir persisté sur une plus longue période. En conséquence, cinq fosses pédologiques⁵⁸ ont été échantillonnées selon la méthode détaillée dans la

⁵⁸ 2 fosses au sein de 2 parcelles déboisées actuellement mais boisées entre 1820-1866 (cartes de l'Etat-Major), et 3 fosses situées dans la forêt actuelle et décrites comme étant également sous couvert forestier au milieu du 19^{ème} siècle. La fosse située au cœur de la forêt a été sélectionnée afin de détecter des phases ouvertes potentielles au cœur de la forêt, sur la base de preuves archéologiques.

partie méthodologie de cette HDR, et 28 charbons de bois identifiés ont été datés (Tableau 3) au ^{14}C (Bal et al., 2022).

Une forêt plurimillénaire, vestige d'une longue coévolution société-environnement

Transition Atlantique-subboréal – 1^{re} moitié du subboréal (5900-4400 cal. BP) - Néolithique moyen à Néolithique final :

Les 2767 fragments de charbon de bois identifiés (sur les 3300 extraits) ont permis de reconstituer la composition de la végétation ligneuse brûlée. La localisation précise des cinq fosses à l'intérieur et en marge de l'actuelle forêt de Mirambel, ainsi que la taille et la quantité des fragments de charbon de bois, indiquent que des incendies de forêt ont eu lieu localement (Bal et al., 2015 ; Robin et al., 2013a). D'après les données polliniques (Miras, 2004, Miras et al., 2011), la composition de la forêt n'a pas beaucoup changé depuis la période atlantique. Les dates radiocarbone pour les cinq fosses ont démontré que les *Quercus* à feuilles caduques et *Tilia* composaient l'ancien système forestier à la fin de la période atlantique. *Tilia* était présent dans les profils pédologiques des niveaux inférieurs et intermédiaires des cinq fosses, mais pas dans les niveaux supérieurs. Les trois dates radiocarbone pour les *Tilia* correspondent à leur période de régression et à l'arrivée de *Fagus sylvatica* vers 5500 cal BP (Miras et al., 2011). Il n'y a pas de *Tilia* dans la végétation actuelle. *Fagus sylvatica* apparaît dans toutes les fosses et domine les spectres de charbons de bois identifiés et extraits sous les hêtraies ou clairières actuelles. L'identification des fragments de charbon de bois a montré la dominance de taxons forestiers dans quatre des cinq fosses : hêtraie-chênaie dans tous les profils, avec certains taxons pionniers (*Corylus avellana*, *Ilex*, *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Juniperus*). Les dates radiocarbone les plus anciennes pour les taxons forestiers se situent avant 1500 ans cal. BP (450 cal. AD), avec huit dates pour les *Quercus* à feuilles caduques, trois dates pour *Tilia*, et une date pour les Leguminosae. Ceci est en accord avec les données polliniques indiquant le développement de la première forêt de *Quercus* et *Fagus* et l'expansion singulière de *Fagus sylvatica* à partir de 5500 cal yr BP sur le plateau de Millevaches. Il n'y a aucune preuve de la présence de sapin (*Abies alba*) dans la composition dynamique de la forêt de Mirambel. Les données polliniques confirment cette absence sur le plateau de Millevaches (Miras et al., 2011). La présence d'espèces héliophiles (fragment de charbon de Leguminosae daté de 5039-4868 cal yr BP) et d'espèces de succession tardive dans la forêt actuelle de Mirambel soutient l'hypothèse que plusieurs ouvertures (et par conséquent des recolonisations forestières) ont eu lieu après 5800 cal yr BP. Plus de 3300 fragments de charbon de bois ont été extraits du sol forestier dans les cinq fosses situées dans différents types de parcelles (clairières ou couvert arboré), démontrant que de nombreux incendies se sont produits dans la forêt de Mirambel et l'impact du feu sur son histoire dynamique depuis 5893-5664 cal yr BP (3944-3715 cal yr BC). Tous les incendies que nous avons détectés ont eu lieu au milieu et à la fin de l'Holocène, et il n'y a aucune preuve d'incendie au début de l'Holocène. Plusieurs études pédoanthracologiques ont fait la même observation (Goepf, 2007). Pour le Mont Lozère (France), 14 dates radiocarbone faites sur des charbons des sols sont de l'Holocène moyen ou tardif (Bal et al. 2015), et seulement quelques dates correspondant à l'Holocène précoce. Pour deux sites dans les Apennins (Italie), sur 25 dates radiocarbone seules deux dataient de l'Holocène précoce (Benatti et al., 2019). Pour la chaîne de montagnes de la Sierra de Gredos (Espagne), sur 23 dates radiocarbone, seules quatre correspondaient à l'Holocène précoce (Garcia-Alvarez et al., 2017), tandis que pour deux sites en Allemagne centrale et un dans les Alpes, Robin et al. (2013b) ont rapporté que sur 23 dates ^{14}C , seules cinq correspondaient à un âge de l'Holocène précoce. La synthèse (Figure 15) montre que les incendies ont eu lieu sous différentes influences climatiques (Poschlod, 2015) et ont coïncidé avec l'impact

humain précoce et étendu détecté dans le Massif central (Miras, 2004 ; Miras et al., 2011). Cependant, le premier signal agro-pastoral identifié par les analyses polliniques vers 6600-6500 cal yr BP dans le Limousin (Miras et al., 2011) n'apparaît pas dans les données de charbons de bois du sol. Contrairement à la palynologie, les données sur les charbons de bois du sol nous ont fourni des informations à très haute échelle spatiale. Par conséquent, il est possible que les défrichements effectués par l'homme n'aient pas eu d'impact sur la forêt de Mirambel dans un premier temps. Une autre explication possible est que dans le lot de charbons de bois sélectionnés pour datations, aucun n'a révélé de datations plus anciennes (problème de sélection pour datations étant donné que tous les fragments ne peuvent être datés en raison du coût). La première période d'incendies trouvée (de 5893-5664 cal yr BP à 5039-4868 cal yr BP) correspond à des activités humaines majeures, comme le révèlent les données polliniques (Miras et al., 2011) pendant le Néolithique moyen et le début du Néolithique final. Les incendies ont également coïncidé avec la phase de refroidissement de l'Holocène moyen. Nous supposons que l'occurrence des incendies est liée aux activités humaines qui ont été amplifiées, ou du moins facilitées ou renforcées par les conditions climatiques. Dans les Vosges, Goepp (2007) montre que sur 40 datations, 33 sont post 4000 BP. L'hypothèse soutenue dans ce dernier cas est celle de feux anthropiques survenus au moment où l'érosion dans les Vosges est très faible, voire nulle, à l'Holocène. Les périodes les plus favorables aux feux étant le Boréal et l'Atlantique. A l'inverse en Scandinavie, Carcaillet et al. (2007) estime que les feux sont naturels car très majoritairement situés dans l'Holocène ancien. Ce raisonnement n'exclut cependant pas la possibilité d'incendies dûs à la foudre. La chênaie de Mirambel a été marquée par un autre incendie (de 4427-4566 cal yr BP à 4416-4517 cal yr BP) pendant l'Optimum de l'Holocène moyen. La palynologie (Miras et al., 2011) a révélé de petites clairières au sein de la chênaie-hêtraie. Grâce à sa haute résolution spatiale, la pédoanthracologie a confirmé l'existence d'un écosystème forestier à Mirambel entre la fin de la période atlantique et le milieu de la période subboréale qui semble avoir eu au moins la même superficie que l'écosystème actuel.

Du milieu de l'ère subboréale (4400-2200 cal. an BP) au début de l'ère subatlantique - Du Néolithique final à la période de La Tène :

Une longue période s'est écoulée entre le Chalcolithique et le début de la période de La Tène, sans information sur les incendies et sans dates radiocarbone. Les 29 dates radiocarbone correspondent à 29 des 2767 fragments de charbon de bois que nous avons identifiés. En raison des coûts, il est difficile de dater chaque fragment de charbon de bois, il est donc possible que plusieurs incendies n'apparaissent pas dans les données. Il est possible aussi que des incendies très violents cachent des incendies de moindre intensité. Ainsi, la dynamique du paysage et l'impact de l'activité humaine sur les boisements ont été essentiellement révélés par les données polliniques, mais pour l'ensemble du plateau de Millevaches (Miras et al., 2011). Au cours de la transition entre le Néolithique tardif et l'âge du Bronze précoce (environ 3900-3500 cal yr BP), l'augmentation de la pression humaine s'est traduite par des défrichements forestiers et des indicateurs d'agriculture et de pâturage. Il a été suggéré qu'à la suite d'un deuxième défrichement régional des hêtraies et des hêtraies-charmaies, *Fagus sylvatica* a diminué. Après environ 3500-3200 cal yr BP, la hêtraie-chênaie a dominé le paysage régional (Miras et al., 2011). Ces auteurs suggèrent que la composition de la couverture boisée est restée largement inchangée jusqu'à la période de La Tène (en particulier du 4^{ème} au 2^{ème} siècle avant J.-C.). Le climat alternait entre des périodes froides et chaudes : la fin d'une époque froide a laissé place à une époque principalement chaude (Martin et al., 2020).

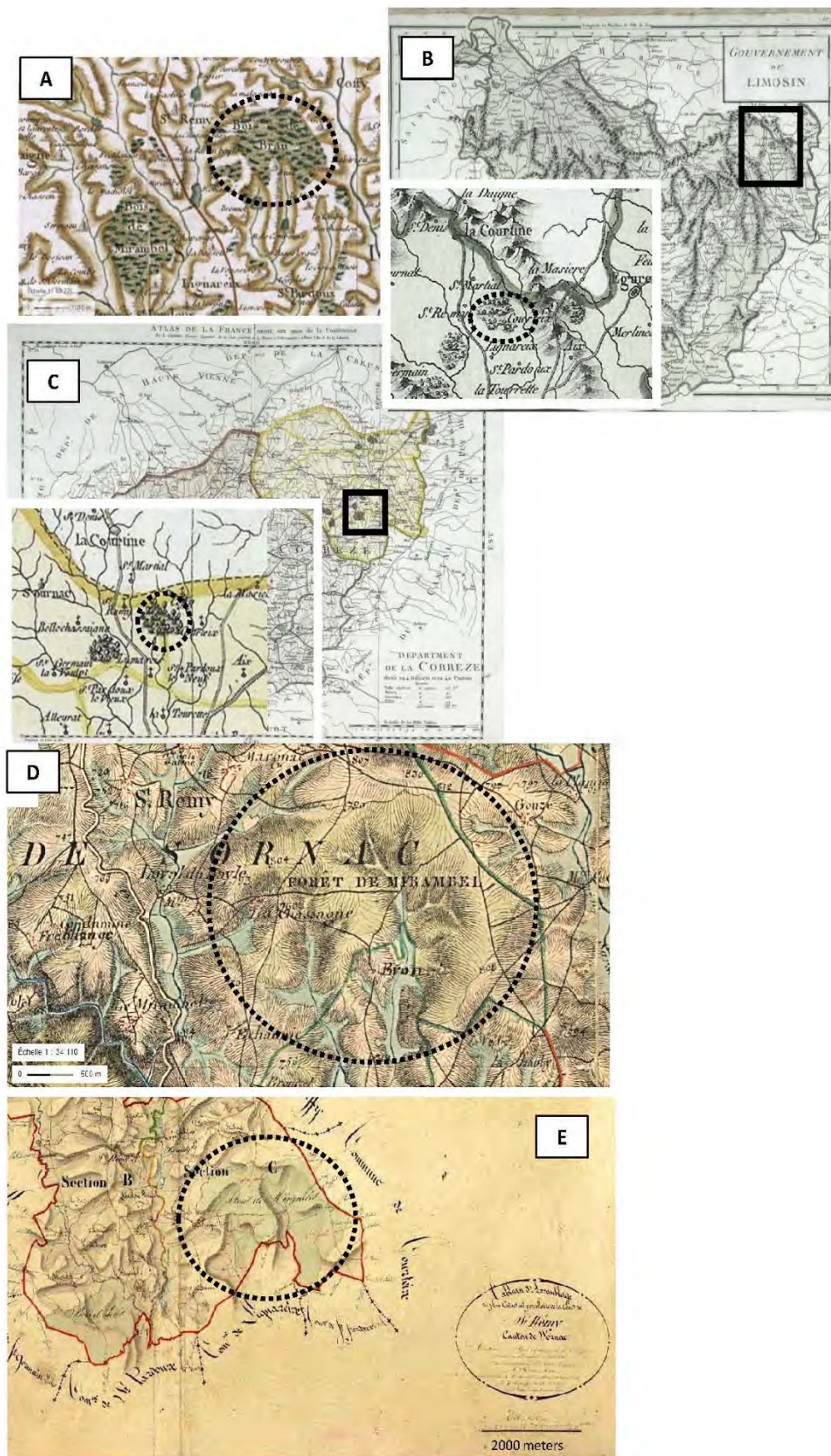


Figure 14. Ancient maps: A: Cassini map (1760) in colour (engraved and watercoloured leaves), from the copy known as "Marie-Antoinette" from the 18th century <https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-de-cassini/> ; B: Mentelle map (1782); C: Capitaine map (1795); D: Etat Major Map (1820-1866), www.geoportail.fr. E: Napoleonic cadastral, assemblage table of Saint Rémy commune, (1836), Departmental archives of Corrèze, Saint Rémy, cote FRAD019_238_CAD_TA.

Pits/levels	Taxon	14C age years BP	14C yr cal BP		14C yr cal BC/AD	
			2 σ interval	Median probability	2 σ interval	Median probability
MIR1-II	<i>Calluna</i>	60 ± 20	-----	-----	-----	-----
MIR1-V	<i>Calluna</i>	80 ± 20	32 - 256	97	1694 - 1918 AD	1853 AD
MIR4-I	<i>Leguminosae</i>	90 ± 20	31 - 256	107	1694 - 1919 AD	1843 AD
MIR1-IV	<i>Leguminosae</i>	190 ± 20	0 - 289	178	1661 - 1950* AD	1772 AD
MIR1-II	<i>Juniperus</i>	210 ± 20	0 - 301	169	1649 - 1950* AD	1781 AD
MIR4-II	<i>Quercus dec.</i>	860 ± 20	726 - 892	763	1154- 1224 AD	1187 AD
MIR2-IV	<i>Leguminosae</i>	870 ± 25	709 - 903	772	1148 - 1224 AD	1178 AD
MIR3-II	<i>Quercus dec.</i>	950 ± 20	796 - 925	852	1075 - 1154 AD	1098 AD
MIR2-III, MIR3-III	<i>Calluna</i>	1050 ± 20	927 - 1041	952	969 - 1023 AD	998 AD
MIR3-V	<i>Leguminosae</i>	1180 ± 20	1014 - 1177	1116	773 - 893 AD	834 AD
MIR4-IV, MIR5-II	<i>Quercus dec., Calluna</i>	1220 ± 20	1067 - 1234	1142	766 - 883 AD	808 AD
MIR4-III	<i>Leguminosae</i>	1250 ± 20	1089 - 1271	1218	679 - 777 AD	732 AD
MIR5-V	<i>Leguminosae</i>	1490 ± 25	1313 - 1411	1371	539 - 637 AD	579 AD
MIR2-III, MIR5-III	<i>Leguminosae</i>	1520 ± 20	1350 - 1518	1398	532 - 600 AD	552 AD
MIR1-III	<i>Quercus dec.</i>	1650 ± 20	1525 - 1606	1552	375 - 425 AD	398 AD
MIR1-II	<i>Quercus dec.</i>	1680 ± 20	1538 - 1685	1582	331 - 412 AD	368 AD
MIR4-VI	<i>Quercus dec.</i>	1720 ± 20	1563 - 1697	1624	253 - 387 AD	326 AD
MIR5-V	<i>Quercus dec.</i>	2120 ± 20	2037- 2150	2096	201 - 88 BC	147 BC
MIR3-V	<i>Quercus dec.</i>	3980 ± 20	4416 - 4517	4474	2568 - 2467 BC	2525 BC
MIR1-V	<i>Quercus dec.</i>	4010 ± 20	4425 - 4521	4479	2572 - 2508 BC	2530 BC
MIR3-IV	<i>Quercus dec.</i>	4030 ± 20	4427 - 4566	4477	2581 - 2478 BC	2528 BC
MIR1-VI	<i>Leguminosae</i>	4390 ± 25	4868 - 5039	4940	3036 - 2919 BC	2991 BC
MIR3-III	<i>Tilia sp</i>	4450 ± 30	4893 - 5285	5102	3336 - 3011 BC	3153 BC
MIR5-IV	<i>Tilia sp</i>	4630 ± 25	5376 - 5454	5416	3505 - 3427 BC	3467 BC
MIR4-V	<i>Tilia sp</i>	4920 ± 30	5596 – 5714	5638	3717 - 3647 BC	3689 BC
MIR2-V	<i>Quercus dec.</i>	5030 ± 25	5664 - 5893	5826	3944 - 3761BC	3877 BC

Table 3. AMS-Radiocarbon dates performed on samples from the five soil profiles from the Mirambel woodland (Massif Central, France) by the Center for Applied Isotope Studies (University of Georgia, USA).

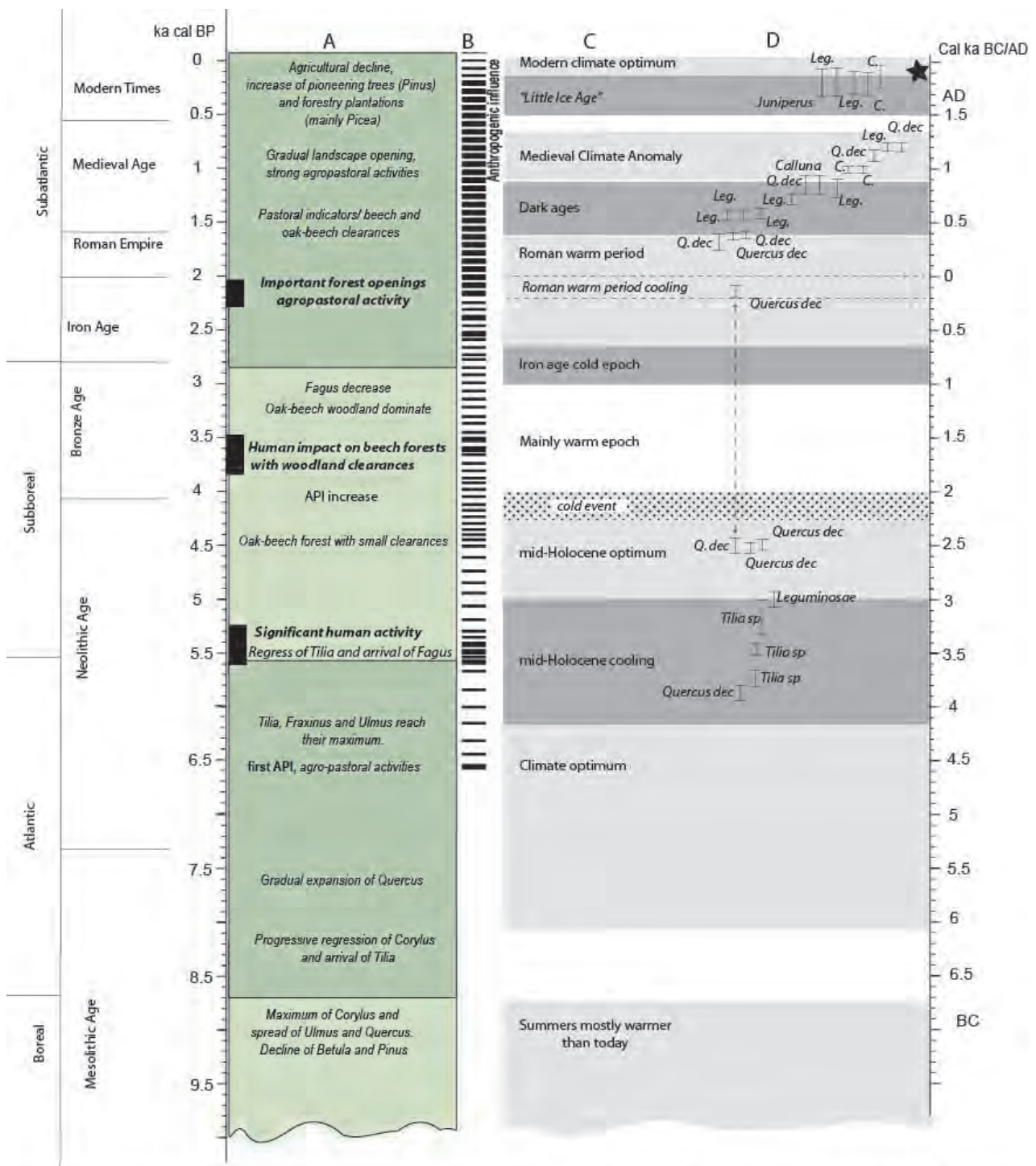


Figure 15. Synthesis and comparison of proxy data performed at the Mirambel woodland (Massif Central, France): Palynological data (A) and anthropogenic influences (B) as published by Miras (2004), Miras et al. (2011), and Cubizolle et al. (2004, 2014 and 2016); climatic events (C) as published by Magny (2004); Magny and Haas (2004); Magny et al. (2006); Vollweiler et al. (2006); Graham et al. (2011); Magny et al., 2013), Moossen et al. (2015), Poschlod (2015), Büntgen et al. (2016), Pei et al. (2017), and Martin et al. (2020), and the fire events identified by the pedoanthracological data of this study (D). Abbreviation API = Anthropogenic Pollen Indicators.

Subatlantique (depuis 2200 cal yr BP) : De la période de La Tène à la fin de l'ère médiévale (1492 ap. J.-C.) :

Au cours des 4^{ème} et 2^{ème} siècles avant J.-C. (Figure 15), le paysage a été marqué par de vastes ouvertures de forêts dans la région du Limousin, à des fins d'activité pastorale (Miras et al., 2011). Les forêts ont été remplacées par des landes à *Calluna vulgaris*. Par la suite, l'introduction de *Castanea sativa* est avérée sur le plateau de Millevaches. C'est pourquoi, dans les identifications des charbons de bois, nous avons proposé de différencier *Quercus* feuillus et *Quercus/Castanea* en cas de doute anatomique, même si les cinq placettes étaient situées à la limite altitudinale de *Castanea sativa*. La déforestation semble plus importante pendant la transition gallo-romaine de La Tène vers 2307-1870 cal yr BP, ce qui correspond au refroidissement de la période chaude romaine (Martin et al., 2020) et au début du troisième épisode d'incendie (2150-2007 cal yr BP (201-58 cal yr BC)). Cette date a été obtenue à partir d'un fragment de *Quercus* à feuilles caduques extrait de la fosse située dans l'actuel couvert de chênes. A l'échelle du Massif central, plusieurs ouvertures paysagères ont également été détectées (Cubizolle et al., 2004, Miras, 2004, Surmely et al., 2009). A partir du début de la période romaine, nous ne disposons pas d'informations issues de la palynologie, en raison du faible taux de sédimentation enregistré au sommet des séquences tourbeuses étudiées (Miras et al., 2011). A la transition Moyen Age - Epoque gallo-romaine, la période chaude romaine se termine et la période froide de l'âge sombre commence (Büntgen et al., 2016 ; Moossen et al., 2015 ; Martin et al., 2020). Les incendies semblent correspondre à une nouvelle phase d'ouverture du chêne. Trois fragments de charbon de bois de *Quercus* ont été datés de 1697-1525 cal yr. BP (253-375 cal. ap. J.-C.). Les forêts de chênes sont associées aux Leguminosae, qui sont devenues plus présentes après 1400-1350 cal yr BP. Trois fragments de charbon de bois extraits de fosses situées sur les marges est et ouest de la forêt actuelle, ont été datés de 1411-1350 cal yr BP (532-637 cal AD). Cette hypothèse de phases d'ouverture de la forêt est renforcée par les données archéologiques qui indiquent une occupation de la zone assez proche de la fosse la plus centrale de la forêt de Mirambel à l'âge gallo-romain-médiéval (Loubignac, 2015). A deux kilomètres au nord du bois de Mirambel, un important ensemble de structures et de terrasses nommé Les Fonts (Figure 13) est intégré dans un complexe archéologique qui comprend également d'autres éléments tels que deux anciennes voies reliant des sites des communes aujourd'hui environnantes - Ussel-La Courtine et Chateaufort-Mirambel. Tous ces sites ont été interprétés comme faisant partie d'un ensemble régional de plusieurs villas et de bâtiments dispersés plus petits couvrant la zone de neuf communes actuelles (Loubignac, 2015). Un autre incendie s'est produit en 1271-1089 cal yr BP (679-777 cal AD) et 892-726 cal yr BP (1154-1224 cal AD) (coïncidant avec la fin de l'âge sombre et la période chaude médiévale) dans la forêt actuelle, et a affecté les *Quercus* à feuilles caduques (MIR4), les Leguminosae et *Calluna vulgaris*. La plupart des fragments de charbon de bois datés après 1500 cal. yr BP (400 cal. yr AD) dans les cinq fosses provenaient de Leguminosae et de *Calluna vulgaris*, qui sont clairement des taxons d'espaces ouverts. La configuration régionale du plateau de Millevaches (espaces ouverts de plus en plus étendus) semble avoir fortement influencé l'environnement de la forêt de Mirambel. La fosse située dans la zone de Brou peut en être le reflet. L'impact de l'activité humaine sur la forêt de Mirambel semble avoir pris la forme de phases successives d'ouverture de la forêt, comme l'indiquent les charbons de bois identifiés : espèces héliophiles (décrites ci-dessus) et espèces de fin de succession (*Quercus* et *Fagus sylvatica*). *Fagus sylvatica* n'a pas été daté, mais représentait une espèce dominante aux côtés de *Quercus* dans la végétation forestière passée. L'ancienne hêtraie-chênaie de Mirambel a probablement connu des phases ouvertes et fermées entre le Néolithique et l'époque moderne. Cubizolle et al. (2016) ont également fourni des preuves de l'ouverture des forêts dans le Massif central oriental vers 1220-999 cal yr BP. À l'échelle européenne, l'âge médiéval central a été une période clé à cet égard, les activités

agro-pastorales ayant entraîné la déforestation (Williams, 2000 ; Rendu, 2003 ; Walsh et al., 2006 ; Bal et al., 2015).

De l'époque moderne (1492 ap. J.-C.) à nos jours - comparaison avec les cartes historiques : Permanence de la forêt de Mirambel depuis le 18^{ème} siècle :

Selon la carte la plus ancienne (carte de Cassini, 1760) à laquelle nous avons eu accès, le bois de Mirambel existait déjà en 1760. Son contour et sa localisation près du village de Saint Rémy sont reconnaissables, mais avec le toponyme bois de Brau. Le toponyme Mirambel est réservé à une zone boisée située dans l'angle sud-ouest de notre site d'étude (Figure 14). Bien qu'il soit difficile d'obtenir des mesures très précises des contours du bois, l'échelle donnée permet de calculer approximativement la surface du bois, qui mesurait entre 375 et 380 hectares (soit plus ou moins la même surface qu'aujourd'hui). Des cartes ultérieures réalisées par les géographes Edme Mentelle et François d'Houdan, respectivement vers 1782 et 1790, confirment la forme et la situation géographique, mais n'apportent pas d'informations nouvelles. Les cartes de l'Etat-Major sont plus précises, car les limites des bois sont détaillées et suivent la topographie locale. En utilisant les échelles indiquées sur ces cartes, ainsi que l'outil Géoportail du gouvernement français⁵⁹, nous avons pu estimer la surface du bois entre 1820 et 1866, qui s'est avérée être restée plus ou moins inchangée depuis Cassini (381 hectares). Sur le plan d'index du cadastre napoléonien de la commune de Saint Rémy, établi en 1836, le contour du bois de Mirambel est clairement indiqué. Comme il est dessiné à l'échelle, nous avons pu estimer la surface du bois à environ 380-390 hectares. Le mauvais état de conservation de la feuille de la section C, celle qui concerne le bois, ne nous a pas permis d'en voir les limites précises. Néanmoins, sur la base de ces cartes anciennes, nous pouvons conclure que les limites de la forêt du Mirambel sont restées stables au cours des 250 dernières années. En ce qui concerne les incendies contemporains (Figure 15) de nos sources cartographiques et cadastrales, ils ont eu lieu en 301-0 cal yr BP (1649-1950 cal yr. AD) et 256-32 cal yr BP (1694-1918 cal AD), et correspondent au Petit Âge Glaciaire ou au début de l'Optimum Climatique Moderne (Poschlod, 2015). Des fragments de charbon de *Calluna vulgaris*, de Leguminosae et de *Juniperus* ont été datés. La présence de *Juniperus* (301-0 cal BP, c'est-à-dire AD 1650-1950) soutient l'hypothèse d'un terrain ouvert plus ou moins stable, probablement entretenu par la gestion du bétail et/ou des feux très contrôlés qui ont permis la présence de taxons sensibles au feu comme *Juniperus*. Largement répandu et tolérant au feu, le taxon le plus typique des espaces ouverts du plateau de Millevaches est *Calluna vulgaris*, que nous avons identifié dans les marges boisées actuelles, datées de 1067-256 cal yr BP. Dans l'est du Massif central, *Calluna* s'est développée au cours du Subatlantique (Cubizolle et al., 2014). A l'exception de la fosse située en espace ouvert actuel, où *Calluna vulgaris* et les Leguminosae sont dominantes, les fosses ont révélé la dominance de *Quercus* à feuilles caduques et/ou *Fagus sylvatica*, accompagnés d'espèces héliophiles, avec des degrés variables de boisements ouverts/fermés depuis le Néolithique. La présence du chêne a été confirmée en 1898 par les archives de l'aménagement forestier (Archives départementales de la Corrèze 1898) décrivant l'exploitabilité des bois, notamment du chêne. Elle s'inscrit dans une phase ultime de défrichements, plus courte mais plus intense que toutes les précédentes, qui s'est déroulée approximativement du 16^{ème} au début du 20^{ème} siècle et à laquelle n'ont échappé ni la région Limousin, ni le plateau de Millevaches et ses environs. Entre 1842 et 1844, le taux de boisement de la région Limousin n'est que de 7 %. La pression sur cette ressource est alors à son comble dans un monde rural où la population augmente, où l'on a besoin de bois pour la construction, l'outillage, le chauffage, la chasse, la récolte ou encore la fabrication de charbon de bois

⁵⁹ <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>, 2020.

pour l'industrie, et où le sylvo-pastoralisme empêche l'installation de jeunes arbres. Compte tenu de l'évolution des noms de lieux sur les cartes et les cadastres datant du 18^{ème} siècle, on peut supposer que les dernières grandes phases de défrichement des 18^{ème} et 19^{ème} siècles ont également eu un impact sur le secteur étudié, en fragmentant les espaces boisés. Les archives de la gestion forestière apportent un éclairage supplémentaire sur cet impact. Une note de service de la Direction des Eaux et Forêts du 5 décembre 1899 indique que désormais "*le bois section de Saint Rémy*", réparti sur six communes et 531,5 hectares, sera divisé en deux séries, à savoir une série dite de Mirambel (379 ha) et une série dite de Diolet (aujourd'hui écrite d'Iolet) (152 ha). Un rapport d'aménagement de la même année indique que le bois de Mirambel s'appelle aussi Brau, toponyme présent sur les cartes de Cassini. Ce n'est qu'en 1899 que l'emplacement actuel prend officiellement le nom de Mirambel. La forêt est alors divisée en huit sections, dont un quart est appelé "réserve". Il s'agit d'une forêt de moins de 10 ans, qui n'est donc pas encore exploitable. Le reste est récolté tous les 24 ans. Toujours selon les documents de 1899, il s'agit d'un bois relativement jeune, où aucune parcelle n'a plus d'un quart de siècle, et qui est le plus souvent qualifié de taillis, ce qui témoigne du cycle de 24 ans. Toutes les sections ont été exploitées selon ce calendrier, ce qui indique que la pression sur les ressources en bois se poursuivait à cette époque. La quasi-totalité (95 %) des *Quercus* poussent sur des sols essentiellement granitiques et gneissiques. Plusieurs documents administratifs datant des années 1950 à 1980 et conservés dans les archives de l'ONF décrivent l'état de la forêt, les coupes illégales et un projet de plantation de résineux. On apprend par exemple qu'en 1954-55, le maire de Saint Rémy demande à l'agent des eaux et forêts d'Ussel de procéder à un reboisement en résineux, avec une première tranche de 50 hectares dans le bois de Mirambel. En mai 1958, des chênes de 4,5 décimètres de diamètre et de 4,6 mètres de haut ont été illégalement abattus et enlevés du bois de Mirambel. Ces documents prouvent que la gestion des forêts a été activement entreprise durant cette période. L'existence d'incendies dans la forêt à l'époque moderne peut paraître surprenante, étant donné qu'elle est contemporaine des documents attestant de l'existence de la forêt de Mirambel et du droit d'affouage (droit local d'exploitation du bois combustible). Cependant, il semblerait que le bois n'ait pas été détruit par le feu - probablement parce qu'il a été utilisé comme outil de gestion forestière (ouverture, nettoyage, entretien) - comme c'est le cas dans d'autres systèmes forestiers, tels que ceux des Pyrénées (Bal, 2006) ou du nord de l'Allemagne (Robin et al., 2013a ; Robin, 2020). L'objectif était donc de maintenir le couvert forestier en tant que ressource et de ne pas le surexploiter. Ceci est en accord avec nos analyses de charbon de bois qui ont révélé la présence de *Quercus* à feuilles caduques et *Fagus sylvatica*, accompagnés d'espèces héliophiles (*Betula*, *Corylus avellana*, *Salix*, *Alnus*, *Acer*, Leguminosae, Ericaceae, *Calluna vulgaris*, Maloideae) pour former un couvert de hêtraie-chênaie géré, défriché.

Réflexion – conclusion

En appliquant la pédoanthracologie à l'étude de la forêt de Mirambel décrite comme ancienne sur les cartes, nous avons amélioré la compréhension actuelle de l'ancienneté de cet écosystème, classé ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique). Le charbon de bois des sols est ici aussi considéré comme un excellent outil pour reconstituer la dynamique de la végétation locale sur le long terme, et la faible dispersion spatiale des fragments, due à leur taille (> 2 mm), nous a permis d'interpréter les données de la forêt et de ses marges à une échelle spatiale très fine.

La forêt de Mirambel, déjà décrite comme l'un des derniers vestiges de forêt ancienne en Limousin, apparaît aujourd'hui bien plus ancienne que ne l'indiquaient les textes et les cartes anciennes des 18^{ème} et 19^{ème} siècles. Cateau et al. (2015) ont proposé plusieurs seuils d'ancienneté,

basés sur l'histoire des relations entre la société et la forêt. Sur la base de ces seuils et des données pédoanthracologiques que nous avons trouvées, le bois de Mirambel apparaît comme une ancienne forêt millénaire âgée d'au moins 6000 ans. En compilant les données palynologiques, pédoanthracologiques et historiques, nous pouvons affirmer que la forêt a survécu même dans les phases de plus grande pression humaine pendant le Néolithique, l'âge du bronze, l'âge du fer tardif, la transition entre l'Empire romain et l'âge médiéval, le Moyen-Âge et les temps modernes.

L'étude nous permet également de reconstituer la paléo-présence de deux taxons aujourd'hui absents à l'échelle de la forêt de Mirambel, à savoir *Tilia* et *Acer*. Les études pédoanthracologiques peuvent fournir un ensemble de données à long terme sur la dynamique de la végétation ligneuse liée aux sociétés et au climat, ce qui peut aujourd'hui nous aider à gérer efficacement les forêts, même si le réchauffement planétaire constitue un changement climatique plus important que ceux observés dans le passé.

Paysage et génétique ovine ou l'apport de la géographie aux analyses de la génétique ovine

Cette problématique est issue d'une idée que j'ai d'abord soumise à une collègue généticienne de l'université de Limoges, Anne Blondeau-Da Silva. Je souhaitais alors réunir géographes, historiens et généticiens autour de la question des paysages pastoraux, des caractéristiques des troupeaux ovins et de leur valorisation économique voire culturelle, éléments essentiels de l'identité méditerranéenne. C'est ainsi que nous avons porté ensemble le projet pluridisciplinaire PAPAGENO (Paysage PAstoral et GENétique Ovine, Dir. Bal & Blondeau-Da Silva). Il a renforcé ainsi les synergies entre équipes des SHS et de deux instituts de recherche (SHS Sciences de l'Homme et de la Société et GEIST : Génomique, Environnement, Immunité, Santé et Thérapeutiques) ainsi que des acteurs locaux (Parcs, collectivités, habitants et associations). Ce projet s'est aussi appuyé sur le réseau européen (Italie, France, Maroc) Agrespe dans la récolte des données environnementales passées et actuelles prises en compte dans l'étude de l'impact du milieu sur le génome des brebis à l'échelle du bassin méditerranéen.

Dans cet exercice d'HDR qui m'est propre, je m'attacherai plus au rôle que j'ai mené et à l'apport de la géographie à cette étude qu'aux détails des données issus de l'analyse de la génétique ovine (ces résultats étant plus liés aux compétences et à la propriété intellectuelle des généticiens collaborateurs) dont les résultats sur *les adaptations locales des ovins et caprins méditerranéens par une approche intégrative* ont été publiés en 2021 (Serrano et al) et pour lequel je suis coauteure. Je proposerai aussi quelques retours d'expérience de cette collaboration interdisciplinaire.

Ovins (sociétés pastorales) – ressources environnementales : questionner les interactions

La question de fond de ce projet portait sur l'étude des relations de coévolution entre les ressources environnementales et les sociétés, plus précisément entre le potentiel paysager et le potentiel génétique de races ovines. La sélection naturelle, puis la sélection artificielle, exercée par l'homme depuis le début de la domestication (Néolithique), ont conduit à une diversité considérable de races d'animaux d'élevage, lesquelles ont évolué durant des centaines d'années en étroite relation avec leur environnement naturel. Aussi si les animaux domestiques ont contribué à façonner les territoires et leurs paysages, les particularités de l'environnement ont en retour modelé les génomes, conduisant à l'émergence de races locales présentant des adaptations génétiques à des environnements donnés. Ce projet a donc mis l'accent sur une structuration économique non négligeable, fruit d'une longue évolution entre société humaine et environnement, donnant un

patrimoine spécifique et la possibilité de valoriser une production rattachée à un territoire. Sur la base d'archives historiques, nous avons sélectionné les races potentiellement les plus liées à un territoire et défini leur berceau d'origine (c'est-à-dire la zone géographique dans laquelle la race est apparue), y compris les zones pastorales transhumantes.

Le projet s'inscrivait dans une coopération à trois niveaux pour essayer de comprendre ce qui peut lier les évolutions paysagères, historiques et génétiques autour de l'élevage de races ovines. Aussi deux échelles temporelles ont été prises en compte : celle du temps long, du Néolithique à nos jours, c'est à dire des premières traces de pastoralisme à aujourd'hui en passant par la mise en race des espèces domestiquées au cours du 19^{ème} siècle ; celle du temps court qui correspond aux 250-300 dernières années et pour lesquelles des sources écrites (textes, compoix⁶⁰, cadastres, cartes anciennes etc...) ont permis de réaliser une étude historique fine de la mise en race de la brebis limousine et de l'interrelation entre la présence d'une race et son impact sur le paysage rural du Limousin. Deux échelles spatiales d'analyses (du local au global) ont été proposées dans ce projet. Celle du plateau de Millevaches et ses marges (forêt de Mirambel et les prairies en marge, essentiellement sur les cantons de Gentioux-Pigerolles et Eymoutiers), afin d'y étudier l'évolution des espaces forestiers et de leurs marges en contact avec l'activité pastorale sur la longue durée par une approche géoarchéologique (discutée précédemment) (Bal et al., 2022). L'objectif à cette échelle, était de comprendre la dynamique et la construction des espaces pastoraux (dont les forêts font partie) du bassin d'origine de la brebis limousine, emblématique du plateau, puis celle de l'arc méditerranéen (Figure 16), indispensable à la comparaison génétique des diverses races ovines en présence. Le pourtour méditerranéen est en effet constitué d'une mosaïque d'environnements aux conditions de vie très diversifiées (température, humidité, végétation, topographie, type de sols, etc.), liée à une succession d'étages bioclimatiques imbriqués les uns dans les autres (humide, sub-humide, semi-aride, aride, désertique, etc.). Sur cette mosaïque d'environnements se superpose une mosaïque de races adaptées depuis des siècles à l'originalité de chacun des biotopes rencontrés. En effet, les races ovines locales profondément inscrites dans les systèmes de production régionaux à travers leurs modes d'élevage et leurs usages, ont développé des aptitudes zootechniques tout à fait particulières. Elles présentent des adaptations poussées à des environnements parfois hostiles (climats arides, zones montagneuses, sols pauvres, etc.) ; elles sont ainsi à même de valoriser ces espaces, assurant l'entretien de paysages menacés de friche, limitant les risques d'incendie, permettant le maintien des prairies naturelles et ainsi de la biodiversité. Elles représentent qui plus est, un intérêt économique indéniable, puisque de leur maintien dépend souvent la pérennité du tissu économique de zones difficiles où la déprise agropastorale gagne du terrain. Or ces races locales sont menacées. Au cours du 20^{ème} siècle, une spécialisation des races à vocation bouchère ou laitière et de fait une homogénéisation du stock ovin avec un nombre très restreint de races se sont propagées et se sont imposées au niveau mondial. Les gains de productivité obtenus l'ont été aux dépens des qualités de polyvalence et de rusticité qui caractérisent les races locales. Pour le secteur de l'élevage la perte de la diversité zoogénétique, synonyme de perte de capacité de résilience et d'adaptation du stock ovin à des conditions de vie difficiles, est tout à fait alarmante, et ce tout particulièrement dans un contexte de changement climatique (A. Blondeau-Da Silva, communication orale); lequel impose en urgence de développer les connaissances liées à la diversité zoogénétique et aux mécanismes génétiques favorisant des

⁶⁰ Il s'agit d'une matrice cadastrale, établie dans le Sud du royaume sous l'ancien régime. Les plus anciens compoix du Languedoc remontent au 14^{ème} siècle. Ils énumèrent avec précision la surface, la nature et la valeur des biens-fonds, pour permettre de fixer le prélèvement fiscal. Périodiquement, il faut refaire le compoix afin de tenir compte des défrichements, des abandons, des changements de culture (Guy Cabourdin et Georges Viard, *Lexique historique de la France d'Ancien Régime*, Paris, Armand Colin, 1978, p. 74.).

adaptations environnementales fortes (Serranito et al., 2022). Ces connaissances devraient permettre le développement de solutions durables dans le cadre de l'aménagement du territoire (gérer et valoriser les paysages par le pâturage), la promotion des produits dérivés de la brebis et la valorisation des paysages emblématiques (le Limousin étant choisi comme zone atelier pour cette partie valorisation accès sur la communication). La seconde originalité du projet est de corréliser cette évolution à une étude historique fine, en considérant les deux/trois derniers siècles, de la mise en races ovines. Ces travaux ont un intérêt d'autant plus grand que l'histoire de l'élevage ovin en Limousin a été jusqu'à présent très peu étudiée (Digard, 2000) à la différence des bovins (la Limousine) et du cheval. A l'échelle du Limousin donc, le projet Papageno s'est attaché à favoriser la communication sur le pastoralisme à travers l'amélioration de la connaissance de ses paysages pastoraux et ses produits tels que les brebis et leurs particularités génétiques découlant des caractéristiques de ce territoire unique.

Mon apport en tant que géographe des paysages à l'analyse génétique

La principale (et non la seule) source d'innovation que j'ai apportée grâce à mon expertise en tant que géographe dans cette problématique de recherche interdisciplinaire a été de faire intégrer à l'analyse génétique la dimension territoriale liée à la pratique pastorale. Le choix du berceau d'origine était aussi une évidence pour les généticiens mais la géographie a apporté une dimension plus territoriale à nos recherches dans le sens où elle a permis d'intégrer aussi les zones pastorales transhumantes. Longtemps les généticiens ont utilisé la distribution ponctuelle des données environnementales afin de les croiser aux génomes des animaux d'élevage (pour rejoindre notre question de recherche ici). Cette approche a comme principal biais de n'intégrer que des variables (écologiques, climatiques, etc.) éloignées du bassin d'origine du bétail considéré. Dans l'approche que nous avons menée ce sont des variables issues de l'échelle spatiale *réelle* c'est-à-dire de l'espace pastoral parcouru pour chacune des races de brebis sélectionnées dans ce travail de recherche. L'objectif ici était de faire intégrer et comprendre à la génétique l'importance des caractéristiques physiques et biologiques diverses de chaque zone pastorale. C'est selon ces recommandations que Marco Cavalazzi recruté comme post-doctorant dans le projet Papageno a construit la base de données faisant appel à la génétique du paysage. En prenant en compte les spécificités de terrain, de nombreuses variables ont été choisies telles que l'altitude, la pente, les variables bioclimatiques, la couverture végétale, l'exposition, l'hydrologie, etc. Ces variables ont été ensuite comparées avec la génétique des ovins issus ces mêmes espaces.

Un premier article concluant

Notre étude (Serranito et al., 2021) a montré l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire qui confronte l'écologie, l'histoire et la géographie dans la recherche des signatures de sélection chez les petits ruminants qui, en tant qu'animaux domestiques évoluant au sein d'un territoire donné. L'une des étapes clés est la caractérisation de l'environnement au niveau du berceau, ciblant ainsi la zone géographique, y compris les pâturages d'été transhumants, où la race a évolué selon des pratiques traditionnelles. Les races locales sont issues de populations sélectionnées depuis des siècles et parfois des millénaires et ont ainsi développé des liens de longue date entre le génome et l'environnement. Après une phase post seconde guerre mondiale qui cherchait à accroître la production par notamment le renforcement de la sélection animale, à l'heure actuelle on assiste un à retour d'intérêt pour les races locales. Cependant, cette valorisation apparaît encore faible à l'échelle du monde pour pouvoir

considérer une stabilité dans ce processus. Cette étude souligne que les races locales sont des ressources inestimables pour identifier l'adaptation environnementale dans le contexte des changements climatiques.

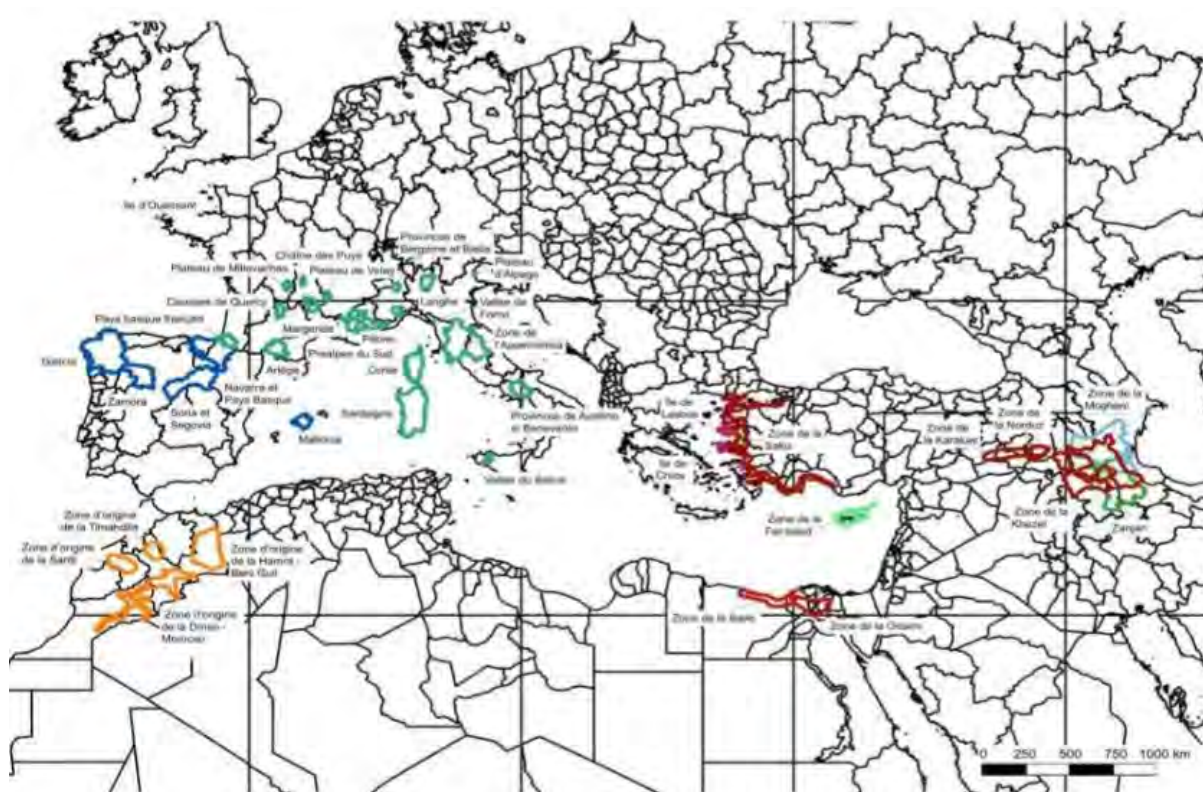


Figure 16. Echelle d'analyse de la base de données du projet PAPAGENO (communiquée par M. Cavalazzi).

Retour d'expérience et mobilisation du lien avec la génétique dans le cadre du projet PAACTE

La confrontation de disciplines comme la géographie et la génétique travaillant sur la même question de recherche, a montré l'intérêt d'abord de mener ce type d'étude qui apporte plus de précisions lorsqu'elle intègre la réalité du terrain. Elle a montré aussi quelques limites par exemple dans la compréhension des pratiques pastorales et des diverses variabilités de terrain imposées par les paramètres biotiques et abiotiques mais aussi par l'effet de l'anthropisation. L'utilisation du vocabulaire scientifique et le sens donné par exemple dans l'article Serrano et al. (2021) à « *environnements naturels* et *environnements anthropisés* » n'a pu être suffisamment discuté... Pour la géographe que je suis il n'y a pas d'environnement naturel encore moins au sein de l'espace pastoral ou à proximité.

Cette 1^{re} collaboration avec la génétique a donné des questionnements que je mobilise à nouveau (sous un autre aspect) au sein du projet PAACTE. Dans ce cas, grâce à la collaboration avec Staffan Jacob⁶¹ (généticien, CR-CNRS-SETE⁶²) un des objectifs du projet est de décrypter la dynamique

⁶¹ Staffan Jacob est expert dans l'étude de l'influence de l'environnement sur les dynamiques des populations et écosystèmes au travers d'approches expérimentales et d'analyses d'ADN environnemental.

⁶² Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale SETE

temporelle des écosystèmes aquatiques des zones pastorales. Les lacs de montagne représentant une ressource en eau importante pour les estives, et les activités pastorales peuvent modifier la dynamique de ces écosystèmes (p.ex. changement d'apports en matière organique, modification de la végétation environnante etc.). Afin de mieux comprendre l'importance des stratégies de pastoralisme pour la dynamique de ces écosystèmes, des analyses d'ADN environnemental en métabarcoding des microorganismes aquatiques sont réalisées sur des carottes sédimentaires de 2 lacs (*lac vert* Vallée du Lis et *lac de Saussat*, Pyrénées, Haute Garonne) répartis dans des zones ayant présenté différentes trajectoires pastorales historiques. Ces analyses permettront de reconstituer la dynamique temporelle de ces écosystèmes. Cette partie du projet permettra d'étudier quelles composantes des communautés aquatiques co-varient avec les changements de pratiques pastorales, renseignant ainsi sur les implications des différentes stratégies pastorales. De plus, afin d'accompagner la mise en place de nouvelles stratégies pastorales à l'échelle du PNR et de suivre leurs implications pour ces écosystèmes, nous initierons un suivi annuel des écosystèmes aquatiques par ADN environnemental contemporain au travers de prélèvements et séquençage d'échantillon d'eau. Des analyses de pollen⁶³, de macrorestes végétaux⁶⁴ et de signal incendie⁶⁵ sur la sédimentation de ces deux lacs d'altitude seront couplées aux analyses ADN. Cette combinaison d'approches historiques et contemporaines dans la description de la biodiversité aquatique, ainsi que développée d'abord dans le cadre du projet R&S PAPEL (dir. Staffan Jacob, SETE), permettra d'informer sur les implications historiques et à venir des stratégies pastorales pour les écosystèmes aquatiques de montagne, et ainsi d'alimenter les décisions de gestion pastorale qui devront être prises dans le cadre de la revalorisation de la filière pastorale en Occitanie. Les deux projets PAACTe et PAPEL se rejoignent aussi dans cet objectif commun.

Mais aussi, à une échelle plus globale et toujours au sein du projet PAACTe, le programme ORCHAMP⁶⁶ intervient dans l'objectif de comprendre l'impact des changements globaux sur les pratiques pastorales grâce à une analyse fine des changements climatiques ainsi que de leurs conséquences sur la biodiversité, et ce à la fois à une échelle régionale et locale. Cet observatoire spatio-temporel de la biodiversité et du fonctionnement des socio-écosystèmes de montagne, initié en 2016 dans les Alpes par le laboratoire LECA (Wilfried Thuiller⁶⁷, DR-CNRS) est un outil de surveillance composé de placettes permanentes organisées le long de gradients altitudinaux. En s'appuyant sur de multiples outils d'observation, d'analyse et de modélisation, ORCHAMP permet de comprendre l'évolution de la biodiversité montagnarde à différentes échelles (du gène aux espèces, du microenvironnement à l'écosystème) et pour différents compartiments biologiques (la faune et la flore) sous l'effet des changements globaux (climatiques, utilisation des terres...). Dans le cadre du projet PAACTe, l'équipe a mis en place en 2022, un gradient de placettes d'observation au sein de la zone atelier du PNR Comminges-Barousse. Les premières mesures seront effectuées cette même année. Une revisite sera effectuée à T3 (2024).

⁶³ Analyses pilotées par ma collègue Florence Mazier palynologue GEODE CR-CNRS.

⁶⁴ Analysés avant envoi à la datation 14C par Juan Manuel Rubiales, Madrid (réseau AGRESPE)

⁶⁵ J'analyse le signal incendie des deux carottes des lacs.

⁶⁶ <https://orchamp.osug.fr>

⁶⁷ Responsable du programme ORCHAMP

Le pastoralisme c'est aussi le lien avec les produits qui en sont issus comme la laine

Toujours dans le cadre du projet PAACTe mais aussi le projet PELOTE (Bal & Levy), j'ai la chance d'être associée aux réflexions et travaux menés sur la redynamisation de la filière laine en Occitanie par des collègues spécialistes des filières tels que Jean-Michel Minovez⁶⁸, historien de l'économie et deux économistes Rachel Levy⁶⁹ et Catherine Milou⁷⁰. La profondeur historique (Minovez, 2012) apportée sur le sujet est plus que nécessaire car elle nous éclaire sur les divers événements économiques, politiques ou sociétaux qui expliquent, entre autres, l'effondrement de la filière. JM. Minovez mobilise au sein de ces deux projets, plus de 30 ans de données acquises sur ce sujet. Il est à l'origine de la thématique défendue dans ce thème. Mon rôle donc ici est d'apporter le point de vue de la géographie au sein de ce consortium interdisciplinaire en appuyant notamment sur l'analyse territoriale, les liens entre acteurs de la filière intégrés au sein de l'espace géographique désigné ici, la région Occitanie. Cette analyse est appuyée par un étudiant en stage inscrit en master 1 de géographie à l'UT2 (recruté dans le cadre du projet PELOTE) et un ingénieur cartographe-webmaster qui sera recruté en janvier 2024 dans le cadre de PAACTe, pilotés par Jean-Michel Minovez et moi-même. Nous travaillons en ce sens avec la collaboration de nombreux acteurs du territoire Occitan et particulièrement avec le Parc National Ariégeois qui a développé une première base de données sur la thématique. Ici aussi, ma formation de géographe me permet de jouer avec les échelles spatiales et temporelles afin de diriger/mener les questionnements qui vont enrichir les travaux de cartographie sur la laine. Une compréhension à la fois précise et globale qui permet de mieux définir les enjeux territoriaux qui sont liés à la redynamisation de la laine en Occitanie. Mais aussi en tant que porteuse du projet PAACTe je veille à ce qu'une connexion soit toujours menée avec les autres questionnements du projet autour du pastoralisme.

Le texte qui suit est produit par ce même consortium, il présente le contexte d'une filière qui n'existe plus en Occitanie en tant que telle, les hypothèses posées et les pistes de recherches. Commencée en 2022 et se poursuivant jusqu'à la fin 2024, la restitution des résultats ne peut encore se faire, seules les pistes de recherche et de développement de réseaux s'affinent.

La police changeante ici montre le début et la fin du texte écrit à plusieurs.

Economie pastorale, ressources en laine et activités textiles de proximité en Occitanie

Aujourd'hui, la région Occitanie représente un tiers du cheptel ovin national, ce qui constitue une ressource « potentielle » très importante alors qu'elle est devenue un sous-produit voire un déchet de l'élevage ovin, représentant même une contrainte et un coût pour les éleveurs. Pourtant, la production de laines dans les Pyrénées et le Massif central et celle d'étoffes tissées à partir d'elles et de fibres importées a occupé historiquement une place majeure en Occitanie. Jusqu'à la Révolution, la région a disputé au Nord du pays la première place française dans le domaine. Par la suite, dans l'Ariège et le Tarn s'est constituée la première zone française du tissage d'habillement de la laine avant que la crise de la fin du 20^{ème} siècle balaye les systèmes productifs qui y étaient liés (Minovez, 2012). Alors que beaucoup prédisait la disparition de toute activité textile, on assiste au maintien et au développement d'initiatives productrices de développement local dans les produits d'habillement et d'ameublement en lien avec les ressources locales. Par leur maintien ou la création de nouvelles entreprises, des étoffes et des

⁶⁸ Professeur des universités, UT2-GEODE

⁶⁹ Maitresse de conférences, ENSFEA-LEREPS

⁷⁰ Post-doctorante (PAACTe), ENSFEA-LEREPS

produits de bonneterie se développent. Les tissus pour l'ameublement et l'automobile se diversifient. De nouveaux produits sont expérimentés, comme les géotextiles. Ces initiatives éclatées peuvent être transformées en stratégie de développement par l'accompagnement des acteurs déjà mobilisés, notamment au sein de la filière laine, s'inscrivant ainsi dans les politiques publiques déjà amorcées. Les expériences productives déjà engagées et paraissant significatives devront donner lieu à des études approfondies des pratiques des acteurs mettant notamment en lumière des économies externes originales entre les acteurs des territoires (nouvelles coopérations territorialisées, qu'elles soient industrielles, artisanales ou coopératives). Cela suppose de réviser l'approche de certaines potentialités territoriales pas toujours pensées comme des ressources valorisables. La laine est dans ce cas, souvent ravalée au rang de déchet et non plus de matière première. Un diagnostic des qualités de laine en fonction des produits recherchés doit être établi quant à l'existant, tout en s'appuyant sur les expériences passées : système de la laine peignée, emploi de la laine mérinos (Minovez, 2019). L'étude des races ovines, des conditions d'élevage tout au long de l'année, des valeurs pastorales – pâturages d'été, nourriture d'hiver – doivent permettre de déboucher sur l'établissement de catégories pensées en adéquation avec les besoins exprimés par les acteurs actuels de la filière (Milou & Levy, en cours). A un niveau supérieur d'ambition, le projet pourrait déboucher sur des préconisations concernant les thèmes soulevés.

Le questionnement, l'approche mobilisée

Pour ce faire, nous nous focalisons sur la filière laine et nous examinons comment ses acteurs se coordonnent au sein et au-delà des territoires de montagne. Nous tentons de voir si la laine peut constituer une forme de coordination des acteurs au sein de la filière qui peut potentiellement reconfigurer le territoire (de même que la ressource bois est une forme de coordination dans les territoires landais- Belis-Bergouignan et Levy, 2010). Nous étudions aussi la place des innovations tant techniques que sociales et organisationnelles pour relancer cette filière. La mise en place d'une filière d'économie circulaire en fait partie. Nous montrerons notamment que ce concept récemment apparu dans les politiques publiques constitue une pratique ancienne de la filière qui peut permettre sa valorisation. Ainsi, le projet de recherche PELOTE plus spécifiquement axé sur la laine vise (i) à identifier et à caractériser les relations qui interviennent entre les acteurs constituant les réseaux « laines » en Occitanie; (ii) à analyser les points de vue de ces acteurs pour repérer ce qui fait convergence mais aussi divergence, de manière à déterminer les freins et les leviers à la reconstitution d'une filière ; (iii) à identifier en quoi les interactions qui caractérisent la filière se superposent aux projets collectifs de territoire. Pour cela Catherine Milou est en train de finaliser les dernières enquêtes quantitatives et qualitatives auprès des différents acteurs de cette filière sur les territoires pastoraux mais aussi au-delà de ces territoires. Concernant la partie d'étude sur la cartographie du jeu d'acteurs, l'objectif est ici de représenter graphiquement ces réseaux de relations, pour aboutir à une représentation des proximités entre ces acteurs, à identifier si elles se superposent à des projets de territoire et comment. L'ingénieur d'étude cartographe participera à la structuration des données acquises sur le terrain (questionnaire et entretiens), à leur traitement, leur analyse, et à leur restitution cartographique dans le cadre de diverses actions de diffusion de l'information scientifique. Le collègue IE aidera l'équipe du projet à formaliser/organiser/structurer ses besoins en termes de cartographie. Les cartes ainsi acquises serviront à la fois d'outils de réflexions/d'analyses et de valorisation après adaptation vers un projet de webmapping accessible à un large public, qui sera traité par l'IE dans le cadre du programme PAACTe.

La dynamique collective de la filière est aussi étudiée par la mise en place d'un ou plusieurs groupes de discussions sous formes de délibérations entre acteurs, dont les profils sont définis en fonction des études de cas. L'objectif est d'observer dans l'interactivité, les potentiels effets d'apprentissages collectifs et de création de valeurs partagées par les acteurs. Ce volet est mené en interaction avec le laboratoire LISST et l'Ecole d'Ingénieurs de

Purpan qui mène un autre projet de recherche (FAVA⁷¹) sur la filière laine, également sur un terrain d'Occitanie, en Aveyron. Nous organisons ensemble une journée de recherche entre les 3 laboratoires impliqués – GEODE, LEREPS, LISST en octobre puis une restitution partagée des différents projets et de leurs enjeux sur le territoire.

L'accompagnement des acteurs vers une innovation de gouvernance territoriale

Cette partie de mes recherches ne bénéficie pas encore de publications puisqu'elle est encore très récente (comme précisée dans la partie méthodologie). Un article décrivant le processus de coconstruction de pacte territorial ainsi qu'une publication à destination d'un large public sont en cours de rédaction avec Olivier Barrière⁷² et Noémie Cabannes⁷³. Dans la partie « *Perspectives* » de cette HDR, je développerai le projet d'analyse des relations entre acteurs des territoires et le monde de la recherche au sein de ces processus même de coconstruction de gouvernance territoriale. Pour ce faire, je me baserai en collaboration avec ma collègue Christine Hervé (CR-HDR CNRS GEODE) sur le travail que nous menons à partir du projet PAACTe pour développer un nouveau projet qui cherchera à analyser le rôle des Chercheurs dans la mise en œuvre d'un pacte pastoral et son Adaptation dans les Pyrénées. Nous devrions déposer cette intention de projet fin 2023.

La forme d'accompagnement des territoires que je décris dans la partie méthodologie de cette HDR prend sens au sein du territoire de l'intercommunalité Causse Aigoual Cévennes-Terres Solidaires dans l'aide à la mise en place d'une gouvernance territoriale par une initiative *bottom-up* appuyée par la synergie des deux projets AGROECOV (dir. Olivier Barrière) et PAACTe en France et un autre projet international du Belmont forum (COVPATH)⁷⁴. La formation d'un droit local négocié se fait par l'implication de l'ensemble des acteurs afin de répondre à l'adaptation au dérèglement climatique, à la déprise agricole, au maintien de l'économie locale, en repensant collectivement et institutionnellement de façon concrète à une coviabilité socio-écologique de la filière pastorale. Le pacte est coconstruit pour devenir un acte administratif voté en assemblée intercommunale, lui conférant ainsi la valeur d'acte prescriptif normatif et d'orientation (Barrière, communication orale). La viabilité du territoire tel que le souhaitent ses acteurs constitue le moteur de l'accompagnement de la recherche proposée à l'échelle de l'espace territorial de l'intercommunalité Causse Aigoual Cévennes-Terres Solidaires (CC CAC-TS). Ce territoire à forte dimension rurale et montagnarde comprend 15 communes dont les activités économiques sont structurées autour de l'agriculture, de la forêt et du tourisme. Il y a peu d'habitants (5500 pour les 15 communes, 11 hab/km²) avec 55 % de résidences secondaires au sein de ce patrimoine naturel reconnu d'exception : Parc National des Cévennes, 7 sites Natura 2000, Bien Unesco et Réserve de Biosphère. Aujourd'hui, ce territoire dont 60 % de la surface est pâturé, subit une forte déprise rurale et démographique qui accompagne la fermeture des milieux. C'est face à ce constat qu'en 2012 est initié à la demande des éleveurs et appuyés par les élus (et soutenu par la recherche) un projet de territoire dans sa dimension de régulation et d'orientation des pratiques et des politiques publiques dans une perspective de transition agro-écologique. La question du foncier et de l'activité pastorale y est alors primordiale. En 2015, le pacte territorial de nature pastorale en raison de la vocation que les acteurs territoriaux ont voulu

⁷¹ Le projet Accompagner les Filières Agricoles à fortes Valeurs Ajoutées économique, sociale et environnementale (FAVA) est un projet porté par le LISST et financé par la région Occitanie.

⁷² Chercheur anthropologue et juriste à l'IRD ESPACE DEV à Montpellier

⁷³ Animatrice du pacte territorial pastoral CC CAC-TS

⁷⁴ COVPATH : *A new framework to sustainably link mankind and biosphere*, projet porté par UMR espace-dev, IRD

conférer au territoire de l'intercommunalité CC CAC-TS est adopté par l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI) et est toujours en cours en Cévennes. Il est pris en compte dans les politiques publiques par le Conseil Départemental du Gard, par le Conseil régional Languedoc-Roussillon et par le Représentant de l'Etat. Il a permis au sein de la CC CAC-TS, entre autre, l'adoption i) de la valeur d'intérêt collectif au maintien, au développement et à la transmission du pastoralisme, ii) d'une servitude pastorale sur tous les espaces propices à l'usage pastoral (pacage, passage des animaux) et iii) d'une clause de priorité pastorale dans tout transfert de propriété.

Aujourd'hui, les acteurs de la CC CAC-TS souhaiteraient le développer au-delà de l'activité pastorale en touchant l'ensemble de l'activité agricole dans une perspective de transition écologique du territoire intégrant l'ensemble des enjeux territoriaux liés à l'agriculture. L'objectif est, grâce à la dynamique offerte par les acteurs territoriaux et les chercheurs impliqués, de coconstruire un pacte territorial intercommunal permettant à la fois le maintien (et la reconquête) du pastoralisme, et la transition écologique des pratiques avec le développement d'une agro-écologie territoriale.

Mes connaissances sur l'histoire des paysages agro-pastoraux du Mont Lozère (Bal et al., 2015) et la rencontre lors des journées du réseau Biodivmex en 2018 m'ont amenée à m'impliquer au sein de ce premier consortium fait d'élus, d'éleveurs et de chercheurs mené par Noémie Cabannes et Olivier Barrière. Mon rôle en tant que chercheuse dans ce processus de coconstruction porte, comme expliqué dans la partie méthodologie, sur l'accompagnement des territoires vers la transition agro-écologique c'est-à-dire à la fois en supervisant le travail de stagiaires (master) ou d'ingénieur sur le projet : aide à l'élaboration des questionnaires, réflexion sur le vocabulaire à utiliser lors des entretiens, analyses des données, et en guidant/aiguillant le territoire sur les perspectives issues du diagnostic territorial. Je participe aussi activement aux diverses réunions/discussions menées tout au long du processus de coconstruction du pacte. Ensemble depuis 2022 nous travaillons à l'analyse du contexte agricole sur la CC CAC-TS. En 2023, le recrutement d'une nouvelle stagiaire, Aloïse Guérin, inscrite en M2 (sous ma direction et celles de Pascal Scheromm (IR-INRAE Montpellier) et Olivier Barrière) interroge la *place des jardins potagers dans la production alimentaire globale et dans les vies des habitant.es de ce territoire*. Activités qui font partie des productions et des flux alimentaires locaux de professionnels et de particuliers. Depuis avril 2022, Marion Fichet, ingénieure d'étude, est en charge de l'animation de l'élargissement du 1^{er} pacte pastoral à l'agro-écologie sur la CC CAC-TS. Le consortium travaille à cet état des lieux qui permettra avec les acteurs et les différents réseaux des territoires, de poser les bases d'une réflexion sur les solutions et pistes à envisager et les leviers à actionner pour dépasser les difficultés et accompagner le développement de nouvelles initiatives sur le territoire.

Nous ne sommes qu'au début du processus mais déjà un premier constat apparaît, celui d'un territoire agricole (à l'échelle de la CC CAC-TS) très diversifié marqué toutefois par deux grandes activités de par leur production et surface utilisée : l'ovine laitier pour la fromagerie de Roquefort et les oignons cévenols en production conventionnelle. Les élus soulignent déjà le manque d'eau et des pics de chaleurs plus fréquents sur le territoire ces 3 dernières années. Au sein d'un contexte tendu, les élus regrettent la perte (par manque de moyen) de technicien spécialisé venu habituellement de la Chambre d'agriculture pour aider les agriculteurs à trouver des alternatives à leurs cultures trop consommatrices d'eau. Certains agriculteurs seraient prêts à essayer des cultures plus résistantes mais renoncent en raison d'un manque d'accompagnement agronomique. La culture traditionnelle des oignons utilise des intrants et mobilise beaucoup d'eau qui devient de plus en plus rare dans le secteur sud des Cévennes. Touchés en plus en 2022 par les attaques de cicadelles (insectes hémiptères de la

famille des Cicadellidae)⁷⁵, certains producteurs d'oignons dont les parcelles en terrasses sont situées en cœur de Parc tentent depuis 2 ans de produire plus de pommes de terre que d'oignons doux pour limiter la consommation d'eau. D'autres convaincus que la culture d'oignons doux traditionnelle est irremplaçable investissent sur la construction de bassins de rétention d'eau. L'absence en Cévennes de nappes phréatiques, les ruissellements se faisant de plus en plus rares et les habituels épisodes cévenols n'ayant pas eu lieu à l'automne 2022, la tension monte auprès des agriculteurs du secteur. La part importante de production de légumes en autonomie issue des jardins potagers individuels semble aussi peser sur la production professionnelle à l'échelle de la CC CAC-TS. Le travail que mène Aloïse Guérin à ce sujet devrait nous donner des pistes à l'automne 2023. Au sein de ce territoire comme à l'échelle globale les changements en termes d'agriculture demeurent difficiles à mettre en œuvre. Des initiatives menées vers la transition agro-écologique existent, cependant elles restent encore trop individuelles et spatialement peu étendues. La mise en place de bassins de rétention d'eau ne va pas dans le sens du développement d'une agriculture durable. Les problèmes d'évaporation de l'eau sous des conditions de sécheresse et de fortes températures compliqueront le stockage. Les solutions identifiées pour l'instant prônent plus pour le maintien (à défaut de continuer à développer) de la culture de l'oignon doux cévenols que le remplacement de cette production pour une autre moins consommatrice d'eau.

Développement des relations avec la société civile

Au fil des années, la connaissance des divers enjeux des territoires investis est devenue plus précise. L'accompagnement des territoires se fait aussi de mon point de vue, par des présentations et des discussions sur des sujets en lien avec mes recherches autour et sur le pastoralisme, les enjeux qui touchent la pratique à diverses échelles de temps et d'espace, et le devenir des montagnes du sud de l'Europe au sein du contexte global. Ces rencontres (Figure 17) se font grâce aux divers projets de recherche que je porte ou au sein desquels je suis intégrée. J'organiser ainsi et finance ces événements sous la forme d'atelier, de tables rondes ou de présentation au sein desquelles chacun peut intervenir à tout moment. L'objectif étant d'éviter un format trop rigide et privilégier la clarté et le dynamisme. Depuis 2 ans, j'accepte aussi les sollicitations de communications de la part de la cellule communication du CNRS ou par le service de programmation, création ou médias du Quai Des Savoirs (Toulouse) ou de la part du club pour l'UNESCO *Transhumances & Transitions* (coordonnatrice Fabienne Gilot) pour parler avec les acteurs des territoires, des recherches que je mène sur les relations qu'ont les sociétés (passées ou actuelles) avec leur environnement, sous diverses formes. Les publics concernés sont aussi très diversifiés. En 2023, Quai Des Savoirs (Toulouse) m'a proposé plusieurs interventions sur la thématique des *mégafeux* en lien avec une exposition sur le sujet organisée sur plusieurs mois au *Museum d'Histoire Naturelle* de Toulouse. C'est ainsi que j'ai accepté de parler lors d'une rencontre-atelier le 8 septembre 2023 avec les habitants (public d'adultes essentiellement) de Fonbeauzard (31), des grands feux de forêts qui sévissent à l'échelle planétaire et la place des brûlages dirigés comme un outil d'aide à la gestion des *méga feux* de forêts. L'occasion de définir le contexte climatique et sociétal au sein duquel ces feux prennent une place de plus en plus grande. Le 17 octobre je viens d'accepter d'animer un ciné-débat à Tournefeuille (31) suite à la projection du documentaire *Paradis* qui retrace l'arrivée d'une vague de chaleur et d'une sécheresse exceptionnelle qui provoquent un incendie géant qui ravage 19 millions d'hectares de végétation dans le nord-est de la Sibérie. Mon rôle ici sera de lancer des pistes pour discuter avec le public, répondre

⁷⁵ En 2022, les attaques de cicadelles et le manque d'eau ont entraîné une baisse de 40 % de la production par rapport à une année normale.

aux questions et parler de l'actualité au niveau des feux de forêts et du changement climatique. Le CNRS a organisé une discussion avec des collégiens lors d'un échange sur *l'archéologie - les femmes scientifiques sortent de l'ombre #5* organisée par le CNRS. Au-delà de la thématique de recherche l'objet de la discussion et des questions portait sur le métier et la formation elles-mêmes. Je suis aussi amenée à communiquer au sein des territoires étudiés et/ou auprès d'acteurs spécifiquement concernés par des projets de développement territoriaux sur par exemple les pratiques de brûlages dirigés lors des Journées Techniques de Terrain, brûlages pastoraux pilotées par le réseau pastoral pyrénéen ou encore des discussions/rencontres avec des acteurs du territoire lors d'apéro tchatte proposé par le futur Parc Naturel régional Comminges Barousse Pyrénées, etc.

Je suis aussi impliquée au sein d'un projet européen IRIS⁷⁶ porté par une équipe italienne de l'université de Gènes⁷⁷. Mon rôle est de piloter avec V. Py (CR CNRS, Geode), JP. Métailié et Ch. Rendu (DR CNRS, FRAMESPA) un travail de cartographie participative – SIG sur la question de la perception/représentation des brûlages dirigés dans les Pyrénées Orientales par les acteurs du territoire. J'ai apporté au projet et particulièrement sur ce volet de *valorisation des paysages ruraux et des pratiques* l'idée de mettre en valeur les connaissances acquises sur le sujet dans les Pyrénées Orientales au sein de la montagne d'Enveitg là où j'ai travaillé auprès de Ch. Rendu durant ma thèse (Rendu, 2003 ; Bal, 2006 ; Bal et al., 2010). J'ai ainsi supervisé avec V. Py la mission de l'ingénieure de recherche, Marion Morel, (GEODE) en charge de ce travail de cartographie. Une exposition des données issues de ce travail et destinée à un large public est programmée pour octobre 2023 à l'université du Monténégro (UCG). L'objectif est de faire prendre conscience que les feux pastoraux sont aussi des pratiques ancestrales qui ont participé (participent) à la construction des paysages de montagnes.

⁷⁶ Inspiring rural heritage: sustainable practices to protect and conserve upland landscapes and memories.

⁷⁷ Dr Salvidio Sebastiano (UNIGE) Université de Gènes



Figure 17. Développement des relations avec la société civile

AXE 3 – Perspectives

Chapitre 5 : perspectives de recherche – vers de nouvelles acquisitions de données et la mise en valeur des espaces montagnards



Photo 15 bis. Pompier dans la fumée d'un brûlage dirigé - Juin 2023.

A ce stade de ma carrière je dirige mes recherches vers plusieurs pistes toutes en lien avec les paysages agro-pastoraux des montagnes du sud de l'Europe et l'activité pastorale ou agro-pastorale. Mon expérience au sein de plusieurs montagnes méditerranéennes (Pyrénées, Massif central, Apennins, Sierra de Gredos, Sera da Géres) me permet selon la thématique que je propose de mener une réflexion à diverses échelles spatiales, du site à la comparaison des données à une échelle plus globale et inversement. J'explique ici aussi l'ouverture géographique que je réalise grâce à de nouvelles collaborations, notamment vers l'Est de l'Arc méditerranéen : les montagnes du Monténégro et de l'Albanie (Figure 1). En ce sens, je cherche donc à mobiliser les questionnements et les méthodes que j'ai mis en place vers de nouveaux terrains (Monténégro et Albanie) mais aussi, j'œuvre à innover autant que possible certaines de mes thématiques de recherche, par exemple sur les brûlages dirigés ou sur les innovations de gouvernance territoriale en domaine pastoral en proposant de nouveaux partenariats.

Evaluer l'ancienneté du paysage du grand plateau pastoral de Sinjajevina (Monténégro) et valoriser les *katuns*⁷⁸

J'ai effectué une première mission d'exploration et de mise en contact avec l'université de Podgorica au Monténégro en juin 2023⁷⁹ pour découvrir l'immense plateau pastoral de Sinjajevina qui s'étale du nord-ouest au sud-est sur 40 kms de long pour 15 kms de large, entre 1600 et 2277 m d'altitude au sein des Alpes dinariques (Figure 18). Le sommet le plus haut est celui de *Jablanov vrh* (2277 m d'altitude) et est situé dans la partie sud-sud-est du plateau. Ce plateau karstique composé de dolines et de dépressions colmatées par des colluvions glaciaires est localisé en limite sud-est à proximité de la ville de Kolašin (à 1450 m d'altitude) et au nord-ouest par celle de Žabljak (à 1450 m d'altitude). Les prairies d'altitude de Sinjajevina et du Durmitor sont les plus grandes de la péninsule balkanique du côté européen. Ces pâturages longent le parc national du Durmitor (Figures 18 & 19) et la réserve de biosphère du bassin de la rivière Tara, tous deux classés au patrimoine mondial de l'UNESCO. Un rapport du ministère du Développement durable et du Tourisme monténégrin⁸⁰ publié en 2015 précise que Sinjajevina présente plus de 1300 espèces de plantes, dont 56 endémiques de la péninsule balkanique ainsi que plusieurs dizaines d'espèces d'oiseaux, de mammifères, d'amphibiens et de reptiles protégées. Le massif est aussi reconnu comme site EMERALD⁸¹ par le Conseil européen.

Ma mission à Sinjajevina a débuté par la partie sud-ouest du plateau située à proximité de la ville de Kolašin et s'est poursuivie en direction nord-ouest jusqu'aux abords de la ville de Žabljak. Sur le terrain, la simple lecture du paysage et les divers indices qu'elle révèle sur l'ensemble du massif de Sinjajevina montrent que ce grand espace pastoral est bien le fruit d'une coévolution née entre les sociétés agro-pastorales et leur environnement sur plusieurs millénaires, créant ainsi une diversité bioculturelle unique. Ce socio-écosystème montagnard tire en effet son caractère exceptionnel des activités traditionnelles d'élevage (parties hautes) et de culture des terres (dans les parties

⁷⁸ Les *katuns* représentent des ensembles pastoraux (structures et espaces pastoraux associés) répartis sur le territoire de Sinjajevina.

⁷⁹ La mission a été financée par le projet IRIS et organisée sur place par Sandra Kapetanovitch, ingénieure de projet mandatée à Sinjajevina pour réaliser une cartographie des *Katuns* et mener des enquêtes de terrain auprès des populations de pasteurs. Ce nouveau terrain m'a été proposé par l'anthropologue Pablo Dominguez (CR-CNRS, laboratoire d'anthropologie sociale).

⁸⁰ <https://www.cbd.int/doc/world/me/me-nbsap-v2-en.pdf>

⁸¹ Les sites EMERALD sont protégés contre les menaces extérieures et sont soumis à un régime approprié de gestion des risques pour atteindre un état de conservation satisfaisant des espèces et des habitats naturels...présents sur le site, ce qui implique, le cas échéant, des plans de gestion, des mesures administratives et des mesures contractuelles.

intermédiaires et basses des versants). Vaches, moutons, chevaux parcourent à la belle saison les pâturages de Sinjajevina. Les indices qui marquent la construction de cet anthropo-sylvo-système se lisent dès les zones intermédiaires (entre 800 et 1500m) situées juste au-dessus des villages. On y trouve des prairies de fauche accompagnées souvent d'une à plusieurs anciennes structures pastorales (*Katuns*), mais rares sont celles encore utilisées à ces altitudes (Photo 16). Les forêts de feuillus qui entourent ces prairies sont dominées par *Fagus sylvatica* mais aussi dans les parties basses près des rivières par *Salix* et *Alnus*, *Fraxinus ornus*, *Carpinus orientalis* et *Ostrya carpinifolia* ou par *Quercus cerris* en expositions méridionales et dans les endroits plus secs. *Quercus fairneta* et *Q. petraea* sont ici moins fréquents. Au-delà de 800 m, les hêtres (*Fagus sylvatica*) dominent le paysage, accompagnés du sapin *Abies alba* de façon sporadique dans le secteur sud-est. Les taillis⁸² qui longent le chemin carrossable qui mène au grand espace pastoral, témoignent aussi de cette ancienne exploitation/gestion de la forêt. Aux abords de la limite supraforestière du secteur sud-est de Sinjajevina et à proximité des *katuns* *Katunina* et *Okrugljak*, on trouve *Pinus heldreichii* dont la régénération naturelle est assez bonne (Photo 17). Dans la partie sud-est et centrale du plateau, le hêtre est présent sous forme de bois isolé dont les contours s'insèrent dans le paysage ouvert dominant du plateau. En direction du nord-ouest, à proximité du lac de Zabojsko (Photo 18), les forêts sont principalement composées de *Picea abies* et d'*Abies alba*. Le hêtre est également présent. La même végétation est plus ou moins présente autour du lac Zminičko où l'on retrouve aussi *Pinus sylvestris*. Dans cette partie nord-ouest et aux abords du plateau de Sinjajevina (Photo 19), la forêt est différente de celle de la partie sud-est, qui est xérothermique et, d'une certaine manière, méditerranéenne. Sur le chemin entre ces deux lacs, la forêt associée au canyon de la rivière Tara est composée de *Pinus nigra*. C'est le plus grand volume sur pied de *P. nigra* en Europe ; cette partie est une réserve native. Mais la forêt de pins est aujourd'hui peu à peu remplacée par des hêtres.

Enfin, c'est au-dessus de ces massifs forestiers denses qu'apparaît un paysage sommital totalement asylvatique associé à la présence d'ensembles pastoraux nommés *katuns* répartis sur le territoire de Sinjajevina (Photo 20). Cette distribution se fait selon des règles de gestion spécifiques établies par des groupes tribaux pour réguler l'accès aux pâturages au cours des cycles annuels par le biais de rotations qui protègent leur utilisation durable (Dominguez, 2020). Aux côtés des *katuns* encore en activité, les vestiges archéologiques des anciennes structures pastorales sont nombreux sur l'ensemble du plateau (Photos 21 & 22). On peut observer une typologie des formes des cabanes et des enclos associés qui rappelle celles rencontrées au sein d'autres massifs montagneux d'Europe du sud (Rendu, 2003 ; Bal, 2006 ; Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2023). Sans tirer de conclusion hâtive, les dimensions plus modestes pour les cabanes associées à des formes arrondies s'identifient essentiellement sur des vestiges plus enfouis et parfois effacés au sein du paysage, tandis que les alignements de pierres des structures de formes rectangulaires et aux dimensions plus vastes (parfois 10 m X 15 m) sont bien visibles mais peu conservés, le plus souvent une à deux rangées de pierres composant encore la base des murs. Entre les deux, plusieurs formes et dimensions intermédiaires témoignent aussi de changements dans la construction des *katuns* au cours du temps. Malheureusement, aucune étude en archéologie pastorale n'a été à ce jour menée sur le plateau de Sinjajevina. Les archéologues de l'université de Podgorica peu nombreux sont débordés par l'accumulation des études à mener et regrettent de ne pouvoir par manque de temps venir fouiller ces

⁸² Petit bois ou partie d'un bois ou d'une forêt, composé(e) d'arbres de petit diamètre que l'on coupe périodiquement, et qui croissent à partir des anciennes souches, par des rejets ou drageons. Leur simple aspect témoigne de l'exploitation, les arbres ne poussant pas ainsi de façon naturelle. Généralement la révolution des coupes n'excédait pas les 20-25 ans. Au-delà, le taillis perd, en ce sens qu'il se gêne, ne s'étoffe plus, occupe la souche sans profit, retarde le renouvellement des brins (Pesquidoux, Livre de raison, 1925, p. 1)

structures. Sur l'ensemble du massif, les forêts n'atteignent pas plus de 1600 m d'altitude ou effleurent à peine les 1750 m par endroit laissant la place en partie sommitale aux prairies. Ecologiquement, on note ici une aberration expliquée probablement par un forçage anthropique qui aurait empêché la forêt de progresser plus en altitude. A l'échelle des montagnes méditerranéennes ou du sud de l'Europe, il est rare de ne pas rencontrer des hêtraies arrivant aux environs des 1850 m d'altitude (Bal et al, 2023). Cette première prospection de terrain me rappelle sous évidemment d'autres formes, un autre climat, etc. l'histoire de la *nardaie* du Mont Lozère, dont on a démontré (Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2019 ; Bal et al., 2023) qu'elle est le fruit d'une longue exploitation de la hêtraie par les sociétés agropastorales passées, combinée à diverses activités (minières, de métallurgie, de charbonnage, de coupes, pastoralisme, etc.) qui ont conduit à la régression de la hêtraie de la partie sommitale (1670 m) jusqu'en deçà de 1450 m d'altitude. A Sinjajevina, au sein même de cet immense espace pastoral on trouve une riche diversité de paysages marqués par plusieurs microclimats, une organisation socio-environnementale différente et un accès à la ressource en eau qui est plus évident dans la partie nord-ouest où l'on retrouve les lacs alors que dans la partie sud-est et centrale du plateau l'accès à l'eau, plus limité se fait uniquement via des réservoirs de collecte d'eau de pluie et quelques étangs naturels où le bétail vient s'abreuver. Les constructions des *katuns*, leurs dimensions sont aussi différentes même s'ils sont construits à partir des mêmes matériaux, le bois et/ou la pierre. Plus récemment, la tôle est utilisée pour protéger les toits faits de bois. Le bétail est libre le jour et protégé la nuit par des enclos mobiles faits de barrières de bois et par des chiens de berger qui montent la garde contre la présence des prédateurs comme le loup, l'ours ou les chiens errants (Photo 23).

Ce paysage d'exception se trouve au sein d'un territoire fragilisé. En effet, le Monténégro est un des pays les plus pauvres d'Europe avec une économie peu diversifiée portée essentiellement par le secteur du tourisme qui représente 25 % du PIB⁸³ du pays. Les secteurs de l'industrie et de l'agriculture⁸⁴ quant à eux ont vu leurs PIB respectifs (industrie : 14,8 % et agriculture : 6,3 %) fortement diminuer juste après la crise de 2008-2009 (avant la crise : industrie : 25 % et agriculture : 13 %). 15,4 % de la population active était au chômage en 2022, dont une grande partie des jeunes. Le gouvernement qui compte beaucoup sur le tourisme pour stabiliser son économie et diminuer sa dette extérieure conduit le pays vers une forte dépendance à ce secteur. L'épisode de confinement lié à la crise de la Covid qui a provoqué une forte récession (-15,2 %) au Monténégro en 2020⁸⁵ en est un triste exemple. Il est vrai que le pays regorge de sites exceptionnels et de paysages diversifiés⁸⁶ qui présentent un fort attrait touristique notamment le long du littoral situés au sud du pays. Les 300 kilomètres de bande littorale sont déjà quasi bétonnés et investis par les grandes chaînes hôtelières étrangères qui bénéficient d'exonérations fiscales. En 2022, ce sont 2,18 millions de touristes (dont 95,5 % d'étrangers) qui ont séjourné au Monténégro pour une population de 616 159 habitants⁸⁷. La montagne n'est malheureusement pas épargnée. Ces dernières années, le secteur du tourisme y est en pleine expansion. Au nord du pays, le Parc National du massif du Durmitor⁸⁸ classé au Patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1980 constitue le principal site touristique de montagne du Monténégro.

⁸³ <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/montenegro/presentation-du-montenegro/>

⁸⁴ <https://www.touteurope.eu/pays/montenegro/>

⁸⁵ Données sur le Monténégro issues du Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique de la France, <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/ME/situation-economique-et-financiere-du-montenegro>

⁸⁶ Le parc national du Durmitor et la réserve de biosphère du bassin de la rivière Tara, tous deux classés au patrimoine mondial de l'UNESCO en sont deux exemples.

⁸⁷ <https://donnees.banquemondiale.org/pays/montenegro>

⁸⁸ Le Durmitor est un massif karstique du Monténégro se situant dans les Alpes dinariques. Son sommet principal, le Bobotov Kuk, culmine à 2 528 mètres d'altitude.

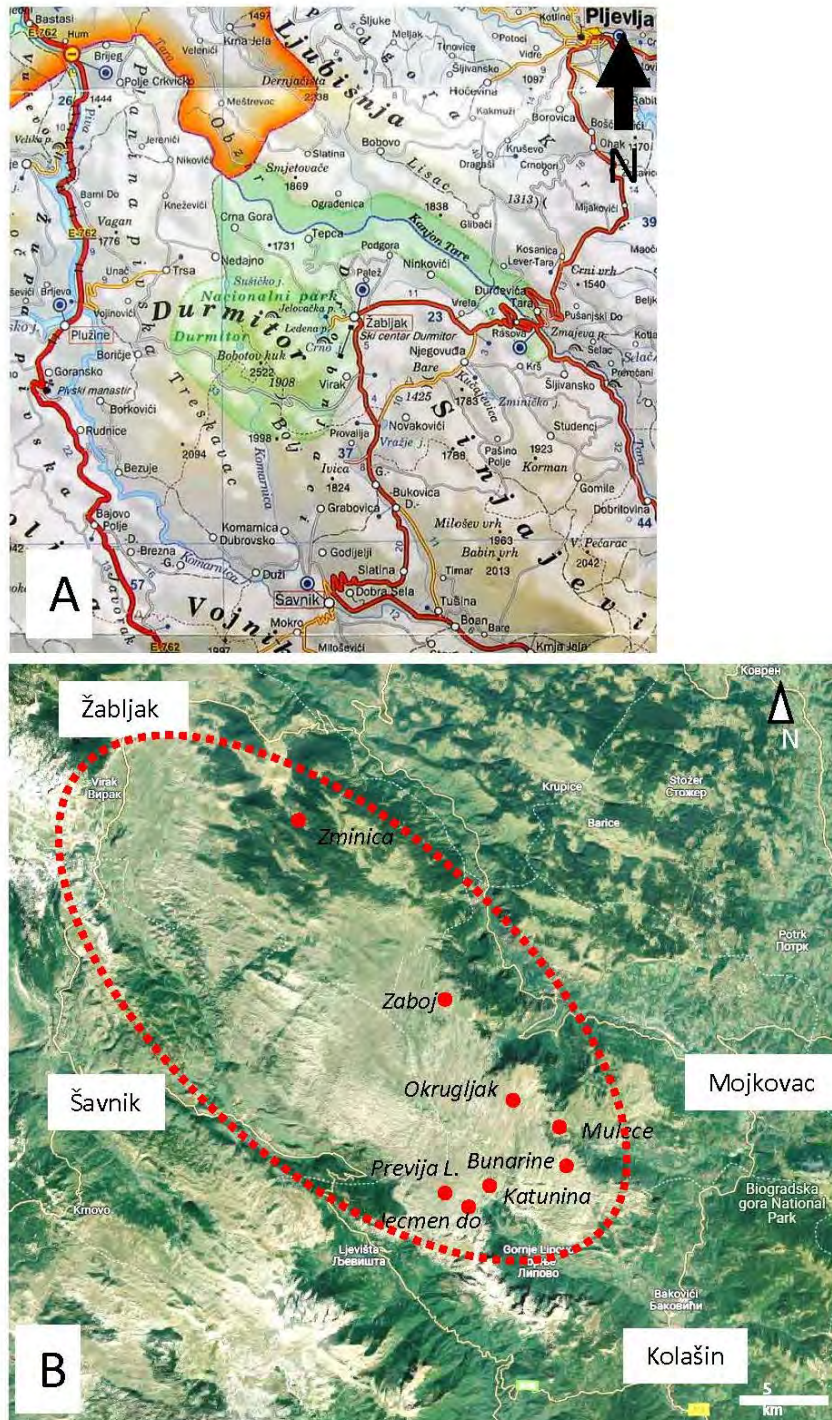


Figure 18. A. Localisation de Sinjajevina et du parc national du Durmitor (Monténégro, carte routière n°780 Michelin 1/160 000).
 B. Localisation des katuns au sein du plateau de Sinjajevina (points rouge sur le fond de carte des reliefs-Google Earth) et des villes situées en bordures de plateau.

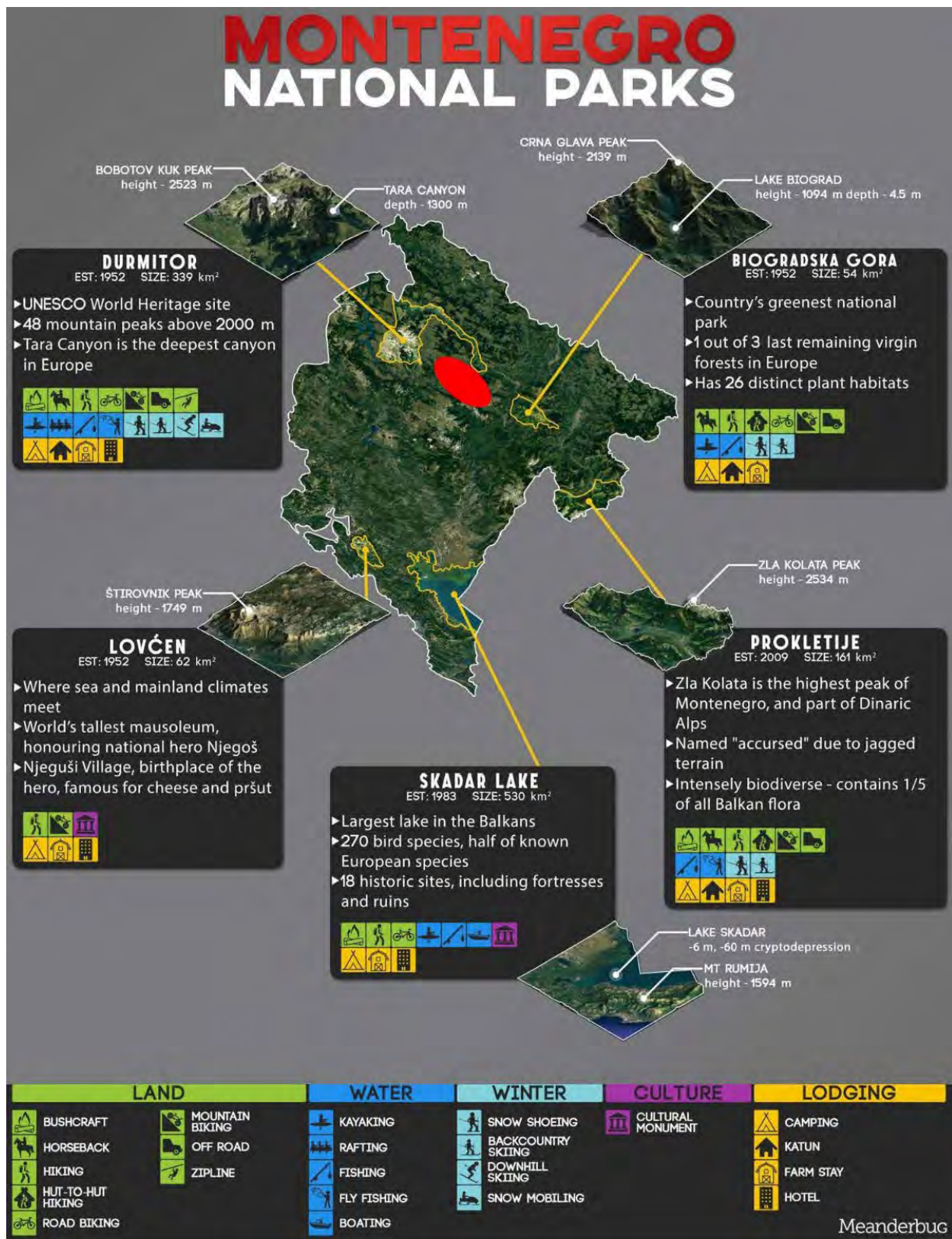


Figure 19. Les parcs nationaux du Monténégro (<https://nparkovi.me/en/>) et le plateau de Sinjajevina en rouge.

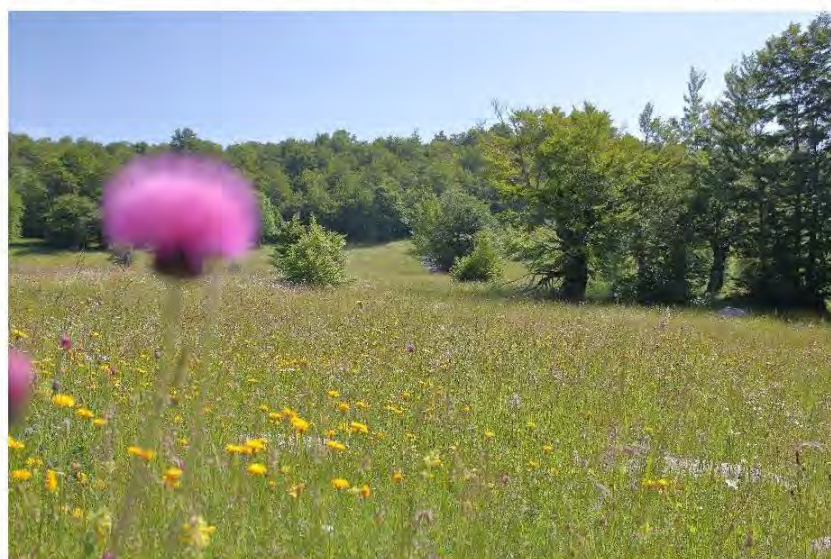


Photo 16. Zones intermédiaires de montagne, en partant de Kolašin pour rejoindre le plateau de Sinjajevina – juin 2023



Photo 17. Plateau de Sinjajevina : A. *Pinus heldreichii* relique tertiaire et sub-endémique dans les Balkans. B et C. *Fagus sylvatica* sous forme de bois isolé dans la partie sud-est et centrale du plateau. Juin 2023



Photo 18. Lac de Zabojsko. Les forêts de *Picea abies*, *Abies alba* et *Fagus sylvatica*. Juin 2023



Photo 19. Secteur nord-ouest du plateau de Sinjajevina. Lac Riblje et tombes médiévales nommées stećci (12^{ème}-16^{ème} s.). Juin 2023

Sa forte attractivité est due à ses nombreux lacs glaciaires et ses paysages variés évoluant de 500 à 2523 m d'altitude mais aussi à la diversité des activités proposées tout au long de l'année (randonnées, Via Ferrata, canyoning, rafting, escalade, ski, parapente, tyrolienne...). Son statut et sa reconnaissance internationale lui procurent une très bonne protection et ont déjà permis d'éviter en 1992, la construction d'un barrage hydroélectrique sur la Tara et en 2018, l'extension des infrastructures de ski du Savin Kuk⁸⁹. Au sud du Durmitor, le vaste plateau karstique de Sinjajevina est un haut-lieu du pastoralisme européen de plus de 400 Km² qui ne bénéficie pas pour l'instant de la même notoriété en partie en raison de *l'ombre* que lui fait le Durmitor⁹⁰ (Joët, 2022). Pourtant, il s'agit du plus grand pâturage commun des Balkans encore actif qui comptabilise huit tribus monténégrines (soit environ 500 familles paysannes) qui se partagent cet espace selon une gestion collective (Dominguez, 2020). En 2019, un premier projet COMPAS-MED-PAT porté par P. Dominguez a permis 1) de mener une évaluation ethno-agronomique des éleveurs et de leurs troupeaux au sein du fonctionnement (accès et utilisation) de ces pâturages communs et 2) d'interroger et analyser les visions des acteurs locaux (éleveurs, élus, chercheurs) sur le développement rural de leur plateau. Les enquêtes ont montré que les éleveurs souhaitent un développement touristique pour Sinjajevina mais différent de celui rencontré sur la côte : « *We have to value rural tourism. We need meaningful contact between tourists and local communities, not destructive tourism* » (Joët, 2022). Le Monténégro est en phase de préadhésion à l'Union européenne depuis 2012. Jusqu'en 2020, l'État a reçu environ cinq cents millions d'euros d'aide au développement pour commencer à mettre en œuvre les programmes européens. Ces fonds sont notamment alloués au développement rural et agricole via les programmes LEADER et IPARD. Cela pourrait être une opportunité pour le développement de Sinjajevina, cependant, à ce jour, aucune initiative n'est officiellement en cours pour ce territoire. Des menaces de plusieurs ordres pèsent sur Sinjajevina. Il y a bien évidemment l'impact du dérèglement climatique qui viendra compliquer plus encore l'accès à la ressource en eau, déjà complexe au sein de ce massif karstique. Plus largement, c'est la gestion durable de ces pâturages qui est déjà mise à mal et doit soit s'adapter ou disparaître. Jusqu'ici, elle assure la conservation pour les générations futures d'une biodiversité riche mais aussi le maintien de l'activité pastorale qui nourrit des éleveurs locaux et leurs familles. Ces derniers vivent grâce à la vente de leur bétail pour la viande, à la fabrication de fromage ou encore certains proposent le gîte et le couvert au sein de leur *katun* traditionnel, familial (photo 24). L'activité pastorale vit une période difficile avec un cheptel qui ne se renouvelle que peu ou plus, et les salaires des bergers qui sont bas, ce qui ne favorise pas leur renouvellement. Dans ces conditions, l'activité touristique, si elle est pensée dans le sens d'un développement respectueux des traditions et des paysages, pourrait aider au maintien de l'activité pastorale à Sinjajevina. Cependant, lors d'une nouvelle mission réalisée en juin 2023, financée par le programme européen IRIS (suite de de COMPAS-MED-PAT, 2019), j'ai remarqué l'expansion de divers aménagements touristiques en seulement 4 ans. Au regard des immenses infrastructures d'accueil de touristes que l'on retrouve dans les villes situées aux portes du plateau (Kolašin), ainsi que les aménagements des chemins pour monter en 4x4 depuis ces villes jusqu'au plateau...on peut s'interroger sur la possibilité d'un avenir paisible pour ces hautes terres et leurs éleveurs. En effet, le long de la route qui mène de Kolašin à Mojkovac (plus au nord) les activités de randonnées en 4x4 fleurissent, en mettant à disposition des véhicules tout équipés capables de vous faire explorer l'ensemble du plateau et se déplacer ainsi de *katuns* en *katuns*... Ainsi, le développement urbain et le développement du tourisme tel qu'observés, entraînent déjà dans le

⁸⁹ Décision 43 COM 7B.19, adoptée à sa 43e session (Bakou, 2019). <https://whc.unesco.org/fr/decisions/7820>

⁹⁰ Les touristes du Durmitor interrogés, affirment ne pas connaître Sinjajevina. Entretien issu du master N. Joët (2022) sur « *Sinjajevina, Taking care of the commons* » dir. Par P. Dominguez, S. Kapetanovic et R. Benos (GEODE).

secteur des changements irréversibles dans la pratique de l'utilisation des terres qui conduiront probablement à la dégradation, la fragmentation ou la perte de ce site bioculturel. A ces enjeux d'ordre écologique, économique et sociétal s'ajoute depuis 2019 une menace politico-militaire menée par le gouvernement du Monténégro qui décidait alors avec le soutien d'alliés de l'Otan⁹¹, de construire un terrain d'entraînement militaire au cœur du plateau pastoral de Sinjavina, situé au sein de la Réserve de biosphère de l'UNESCO, entourée de parcs nationaux, deux sites du patrimoine mondial, dans un espace naturel proposé par le réseau Natura 2000. Ce projet pour l'instant en dormance⁹² risquerait de causer là aussi des dommages irréparables sur les populations et les écosystèmes en produisant entre autre des pollutions diverses, du bruit et sans compter les effets économiques et psychologiques sur les éleveurs en interdisant l'accès à une partie des terres pastorales ancestrales. Un parc demandé par les militants apparaît comme une solution ici pour protéger à la fois les éleveurs locaux et le massif⁹³. Le projet IRIS a documenté cet espace par l'analyse anthropologique et sociologique de la notion de patrimoine naturel et culturel et la nécessité d'étudier ses dynamiques locales au sein de " communautés ", dont le rôle est progressivement reconnu dans le cadre normatif international.

Stratégie proposée

Lors de cette première mission j'ai apporté aux collègues monténégrins mon expertise en tant que géographe des paysages et géoarchéologue des montagnes du sud de l'Europe. Je leur ai transmis les clefs de reconnaissance des anciennes structures pastorales (cabanes et enclos) lors de nos prospections sur l'ensemble du plateau de Sinjavina en expliquant les liens possibles avec la dynamique du paysage et les questionnements sur l'ancienneté du paysage agro-pastoral de cet immense plateau. Comprendre aussi le positionnement géographique de ces ensembles de *katuns* au sein même du plateau karstique. En effet, mes années de prospections en montagne et ma collaboration avec l'archéologue Ch. Rendu, m'ont appris qu'il n'y pas de hasard dans la localisation spatiale des structures, les sociétés pastorales cherchant elles aussi le « meilleur » emplacement pour s'installer. Cela peut être à proximité de pierriers pour utiliser les blocs dans la construction des cabanes et des enclos, au cœur d'un cirque pour être protégé des vents, près d'un ruisseau ou d'un étang pour l'accès à l'eau, etc. Mon expertise a également aidé A. Kapetanovitch à compléter le travail de cartographie des *katuns* actuelles dont elle a la charge. Cette première analyse de Sinjavina m'a amenée à identifier déjà quelques pistes de recherche à développer avec l'équipe monténégrine.

Afin d'éviter (ou ralentir) l'expansion rapide d'un tourisme de masse qui pourrait être destructeur des paysages bioculturels de Sinjavina et accompagner les acteurs du territoire dans la lutte contre la construction d'un terrain d'entraînement militaire au cœur du plateau pastoral, j'ai rassemblé un consortium de chercheurs archéologues, paléoécologues, anthropologues (CNRS-Université de Toulouse⁹⁴, Muséum-Paris⁹⁵, University of Montenegro⁹⁶) et géographes/géoarchéologues (laboratoire LIVE-Université de Strasbourg⁹⁷) pour construire un

⁹¹ Organisation du traité de l'Atlantique Nord

⁹² En réponse à ce projet, une coalition de pastoralistes locaux, d'ONG nationales et internationales a été créée (l'Association pour la sauvegarde de Sinjavina). Elle a occupé la zone centrale du champ militaire pendant 2 ans et a bloqué ainsi les tentatives militaires.

⁹³ Une communication de Pablo Dominguez a ce sujet est accessible via ce lien

<https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/sinjajevina-un-socio-ecosysteme-mediterraneen-millenaire>

⁹⁴ C. Calastrenc, Ch. Rendu, F. Mazier, R. Benos

⁹⁵ Pablo Dominguez

⁹⁶ J. Lazarevic et A. Kapetanovic

⁹⁷ D. Schwartz, D. Ertlen et G. Rhixon.

nouveau projet (**Sinja-Support**) en octobre 2023. Le paysage est utilisé ici comme un outil de patrimonialisation. Il permettra ainsi la valorisation des pratiques agro-pastorales génératrices d'un paysage d'exception. La réalisation du projet Sinja-Support permettra ainsi de participer au processus de patrimonialisation de la zone et par là même aider les acteurs de ce territoire à développer une activité complémentaire tournée vers le tourisme rural respectueux de leur pratiques et de leur environnement. En outre, le Monténégro est l'un des pays qui prévoit de participer à l'extension de la reconnaissance internationale de la transhumance en tant que patrimoine culturel immatériel par l'UNESCO, à l'instar de ses voisins, l'Albanie et la Croatie, qui sont déjà engagés dans ce processus. La France est un des pays leader du projet avec l'Italie et l'Espagne. En contact avec les membres français et italiens du projet « transhumance » Unesco et en tant que spécialiste des paysages agro-pastoraux des montagnes méditerranéennes, je faciliterai le contact entre ces membres et les acteurs de Sinjajevina (éleveurs, élus, chercheurs, etc.). Un projet de patrimonialisation reconnu par l'Unesco est une vitrine efficace pour la mise en valeur de Sinjajevina tout en assurant un contrôle de l'évolution du projet de tourisme rural (à l'image du Durmitor).

L'objectif est donc d'apporter des **connaissances inédites** sur la construction de ce paysage agro-pastoral par les sociétés du passé (sur l'Holocène). La profondeur historique nécessaire à la compréhension de l'évolution de ce socio-écosystème servira le processus de patrimonialisation des paysages, donc leur protection (Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2023) et appuiera le développement d'un tourisme rural vertueux. C'est en effet le caractère rural qui attire à Sinjajevina et qui le distingue du Durmitor. Plus précisément, le projet porte sur l'étude de **l'ancienneté et la dynamique du paysage agropastoral du plateau** liée à l'occupation passée et actuelle des Katuns⁹⁸ (Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2023 ; Bal et al., 2010 ; Bal & Garcia-Alvarez, 2022 ; Benatti et al., 2019 ; Plancher et al., 2022 ; Marquer et al., 2020). Notre recherche systémique et **interdisciplinaire** mobilisera des chercheurs et des acteurs du territoire de Sinjajevina pour : **WP1** : Cartographier/faire une typologie des structures archéologiques pastorales; **WP2** : Reconstruire l'histoire du couvert végétal (prairie/forêts) et identifier les ressources naturelles à disposition ; **WP3** : Renforcer le travail ethno-agronomique par l'analyse du rôle des acteurs (organisations touristiques, élus, éleveurs et touristes) impliqués dans le futur projet de tourisme rural. Grâce aux premières données anthropologiques (Dominguez, 2020) et ethno-agronomiques (Joët, 2022), le projet de territoire souhaité par les sociétés agro-pastorales de Sinjajevina est aujourd'hui connu. Pour atteindre le double objectif du projet : protéger les paysages agro-pastoraux tout en développant un tourisme rural vertueux, il faut combler le manque de données sur les traces du passé qui font du plateau un bien commun, le support d'un bien partagé, d'une mémoire collective. Ici, l'approche géoarchéologique proposée est la seule à pouvoir fournir la profondeur historique nécessaire à la compréhension de la longue transformation du paysage et la transmission des savoirs pastoraux à travers le temps. Jusqu'ici, aucune analyse de ce type n'a été menée sur ce plateau. Le consortium interdisciplinaire sélectionnera plusieurs zones ateliers au sein du plateau de Sinjajevina qui réunissent à la fois des anciennes structures pastorales, des katuns aujourd'hui occupés par des familles d'éleveurs (Laković et al., 2020), des sols épaissis par colluvionnement (pour y trouver de potentiels paléosols) et un lac situé dans un rayon de 1 km des structures. Plusieurs zones ont déjà été présélectionnées par 3 membres de ce consortium lors de la phase de prospection de terrain réalisée en juin 2023⁹⁹. Ainsi, seront relevés (**WP1-WP2**) les indices visibles en surface (structures pastorales) mais aussi la composition de la forêt, la physionomie des arbres, les espèces emblématiques présentes, etc. qui constituent ce paysage agro-pastoral. La géolocalisation des katuns actuels est presque achevée par A. Kapetanovic. Cependant, il reste à mener

⁹⁸ Structures pastorales

⁹⁹ Mission prise en charge par le projet IRIS.

un travail de relevé des structures abandonnées (**WP1**) grâce à la méthode de topographie par drone afin de localiser, mesurer et analyser la structuration spatiale de ces vestiges et donc de l'organisation des sociétés agro-pastorales dans le temps. Plusieurs fosses pédoanthracologiques (charbons de bois des sols) seront réalisées au sein des zones ateliers (**WP2**) « hors site » archéologique afin de reconstruire le paléopaysage du plateau et l'histoire des feux pastoraux et naturels. Ce WP2 est porté par moi-même et les collègues du LIVE. Plusieurs observations et prélèvements de sols seront réalisés afin de caractériser les divers types de sols du plateau en fonction des paramètres topo-climatiques et biogéographiques. Des mesures de spectroscopie proche infrarouge qualitative (Ertlen et al., 2015) permettront de détecter les dynamiques de végétation. L'exploration portera aussi sur des sites à potentiels paléosols ou sols épaissis par colluvionnement, indiquant des phases d'érosion liées à des déforestations. L'analyse combinée des charbons de bois des sols, de la spectroscopie proche infrarouge et de l'OSL portable¹⁰⁰ (**WP2**) permettra une reconstruction de la dynamique paysagère du plateau de Sinjajevina. Notons que l'OSL portable fut appliquée avec succès dans un contexte géoarchéologique similaire (Porat et al., 2019). La prospection des lacs situés sur le plateau et aux abords de plusieurs *katuns*, précisera une future analyse pollinique des sédiments afin de compléter les données sur l'impact des sociétés agro-pastorales sur la dynamique spatio-temporelle de la végétation et des ressources naturelles. Le travail interdisciplinaire permettra d'évaluer l'ancienneté du paysage pastoral via une analyse fine des variations spatiales et temporelles de la coévolution sociétés/environnement (microclimatiques, organisations des *katuns* / parcours, etc) (Bal et al., 2015 ; Bal et al., 2023). Le **WP3** porte sur l'analyse du rôle des acteurs (organisations touristiques, élus, éleveurs et touristes) impliqués dans le futur projet de tourisme rural. Il ne s'agit plus de définir le projet de développement puisque ses contours ont déjà été dessinés par les projets précédents mais d'analyser plus en détails les processus de construction par des entretiens semi-directifs et des questionnaires. A titre individuel, ce nouveau projet me permettra aussi de compléter les données acquises sur l'estimation de l'ancienneté des paysages agro-pastoraux d'altitude des montagnes méditerranéennes en prolongeant spatialement l'analyse vers l'est de l'arc méditerranéen.

¹⁰⁰ Les lecteurs portables OSL permettent d'effectuer des mesures de luminescence pendant le travail sur le terrain et d'utiliser les résultats pour faciliter les décisions en matière d'échantillonnage pour la datation OSL (David et al., 2010) mais aussi, en mettant des discontinuités en évidence, pour d'autres analyses.

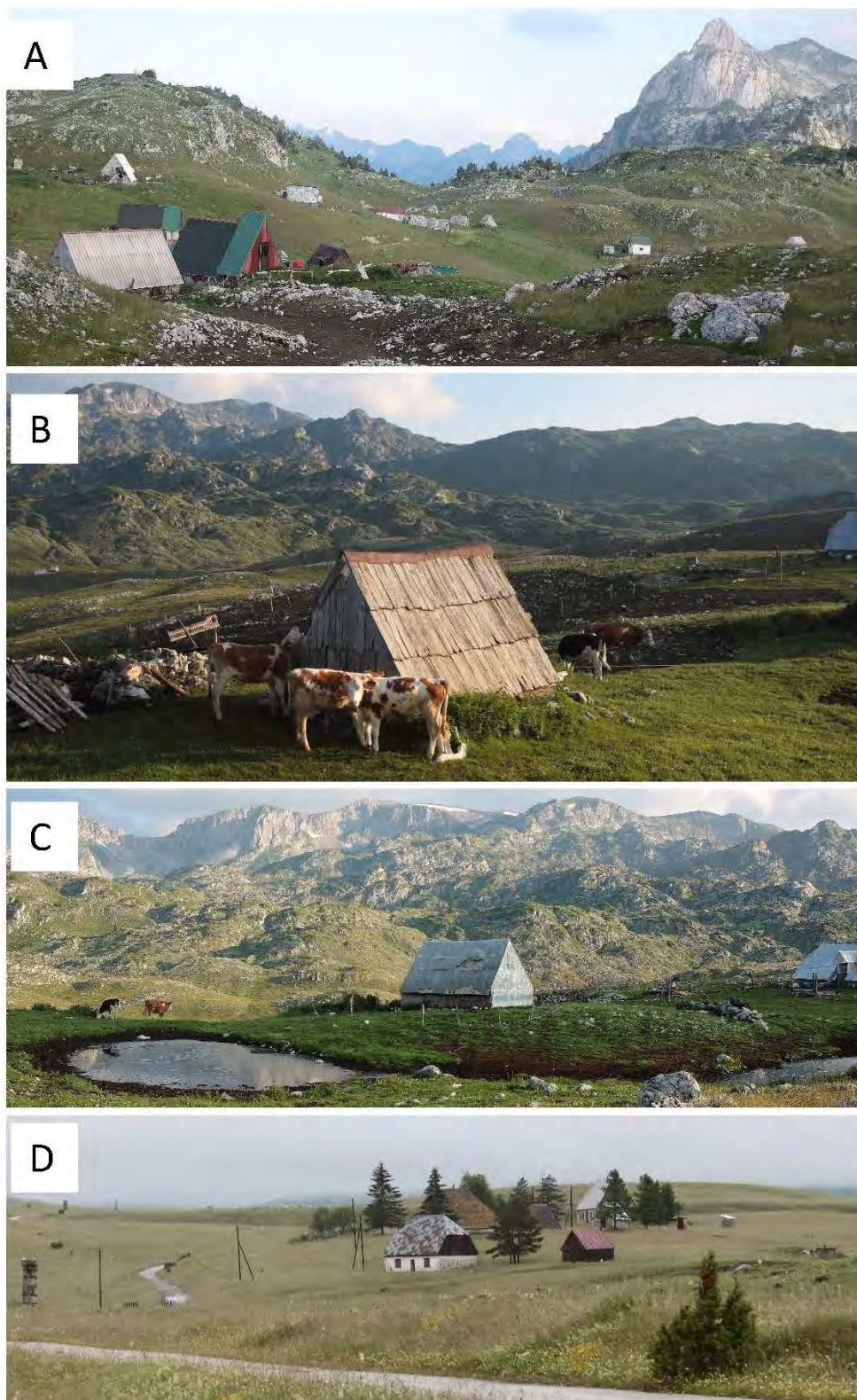


Photo 20. Katuns actuels, au sud-est (A), au centre (B & C) et au nord-ouest (D) du plateau de Sinjajevina – juin 2023



Photo 21. Anciennes structures pastorales. Partie Sud-est du plateau de Sinjajevina – juin 2023



Photo 22. Anciennes structures pastorales et réservoir d'eau. Partie centrale du plateau de Sinjajevina – juin 2023



Photo 23. Bétails et chien des Balkans à proximité de clôtures mobiles faites de bois.



Photo 24. Accueil des touristes (ici équipe de chercheurs) pour le déjeuner au sein d'un katun traditionnel. Plateau de Sinjajevina partie sud-est – juin 2023

Paléodistributions de taxons rares ou vestiges – construction d’une base de données

Je souhaite aussi continuer la recherche sur les paléodistributions de taxons rares ou vestiges en appliquant toujours l’analyse pédoanthracologique (Bal, 2006 ; Bal et al. 2010 ; Bal et al, 2015 ; Bal et al, 2021 ; Bal et al., 2023) au sein de montagnes du sud de l’Europe comme je l’ai récemment réalisé au sein de la Sera da Géres au Portugal ou encore dans un futur proche à Sinjajevina au Monténégro et dans la partie nord de l’Albanie.

Le projet ODISEA porté par des collègues de Madrid de l’Institut Polytechnique (collaboration issue du réseau AGRESPE) et auquel je participe me permet de nouvelles données issues du Portugal sur la dynamique de *Pinus sylvestris* afin de compléter les premières données acquises sur ce taxon en Sierra de Gredos en Espagne et dans les Pyrénées. Puis, de façon plus globale cela permettra de constituer une base de données spatialement précise comme indiquée dans le chapitre IV de cette HDR. L’objectif *in fine* est de pouvoir comparer l’ensemble de ces résultats sur la dynamique du pin sylvestre comme j’ai commencé à le faire dans l’article paru dans la revue CATENA en 2023 (Bal et al., 2023). Concernant la construction d’une base de données des distributions dans le temps des taxons rares ou vestiges de l’arc méditerranéen à partir des données pédoanthracologiques, il faudra d’abord recenser les diverses bases de données déjà en fonctionnement afin de ne pas créer de doublons et associer ou s’associer aux collègues spécialistes de l’étude des charbons des sols. Dans l’idéal, cette base de données pourrait être couplée à celle réalisée par les collègues palynologues, à voir si la mise en commun est envisageable.

Le projet que je souhaite construire avec les collègues monténégrins sur l’étude de l’ancienneté du paysage agro-pastoral du plateau de Sinjajevina permettra aussi de produire de nouvelles données ciblées sur la dynamique d’*Abies alba* et viendra donc enrichir celles déjà acquises sur ce même taxon dans les Cévennes, les Pyrénées et les Apennins. Le cas de la distribution de *Pinus heldreichii* en partie sud-est des bords du plateau de Sinjajevina (Photo 17) est particulièrement intéressant puisqu’il est une relique tertiaire et sub-endémique dans les Balkans et présente une zone de distribution marginale très peu étendue également en Italie. Cette future étude compléterait et renforcerait la recherche que je souhaite mener sur l’ancienneté du paysage agro-pastoral du plateau de Sinjajevina décrite précédemment.

Brûlages dirigés, gestion de données et intelligence artificielle : mise en place d'outils d'aide à la décision face à l'intensification des feux de forêts à l'échelle du monde

J'ai déposé en tant que porteur principal, le 18/09/2023 le projet de recherche **IABD** « outils d'Intelligence Artificielle dans l'aide à la prise de décision des gestionnaires des Brûlages Dirigés »¹⁰¹ (Figure 20) en réponse à un Appel à projet du Labex SMS, en collaboration avec le laboratoire IRIT (Institut de recherche en informatique) et le laboratoire LISST de l'université Toulouse 2 Jean-Jaurès dont voici le résumé :

Le sujet porte sur l'aide à la prise de décision des agents responsables des brûlages dirigés dans les Pyrénées. Les risques croissants en matière d'incendies de forêts invitent à se mobiliser afin de ralentir (et mieux maîtriser) la destruction des écosystèmes forestiers de montagne dans un contexte de changement global qui augmente déjà la fréquence et la sévérité des feux dans le monde. Le brûlage dirigé est un outil utilisé principalement dans des zones non mécanisables, dans le but de créer et d'entretenir des surfaces pastorales et des coupures de combustible (pare feux) par incinération de végétaux sur pieds. Il est également utilisé pour former les services de lutte contre les incendies. Ces services ainsi que les agents des chambres de commerce et/ou cellules de brûlage dirigé soulignent le manque d'outils d'aide à la décision, le manque aussi d'homogénéisation des données afin de mieux préparer les chantiers. L'objectif ici est de construire et consolider une base de données sur les brûlages qui s'appuierait sur celle initiée par la cellule Brûlage Dirigé 66 grâce aux apports de la modélisation. Des outils formalisés par l'intelligence artificielle (IA) viendront renforcer le travail de terrain des intermédiaires du feu (gestionnaires des brûlages). Face à l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des méga feux à l'échelle mondiale, à l'accroissement des préoccupations environnementales (pollutions atmosphériques) et les enjeux de préservation de la biodiversité il est impératif de mener à bien une recherche de terrain qui aiderait dans la maîtrise des feux des écosystèmes de forêts. Les outils d'IA seront exploités pour la modélisation des scénarios de brûlages dirigés afin de fournir des outils automatisés d'aide à décision, en particulier pour assister la planification et la réalisation du brûlage sur le terrain. Une étude des enjeux de la démarche sont aussi prévus afin d'identifier les verrous et les leviers à une échelle spatiale très fine celle des zones de montagnes des Pyrénées orientales là où les incendies de forêts sévissent (avril 2023) et où les Cellules de Brûlage dirigé mentionnent divers besoins. Au sein de ce projet l'analyse du co-design dans l'objectif d'améliorer les conditions de vie des intermédiaires du feu au travail sera initiée.

Descriptif scientifique du projet

Depuis une vingtaine d'années, le monde doit faire face à la montée en puissance des fréquences de grands incendies de végétation (méga-feux¹⁰²) - notamment en Europe méditerranéenne – et de l'intensification des risques d'incendie à l'échelle planétaire¹⁰³ (Jones et al., 2022). A titre d'exemple, le satellite NOAA-20 de la NASA a détecté pour la seule journée du 8 août 2023, 187 114 feux contre 138 680 détectés le 9 septembre 2020 qui correspondait à l'ancienne date record. D'après les données du Global Forest Watch (GFW), le monde aurait perdu entre 2001 et 2022, 27 % (soit 127 Mha) du couvert forestier à cause des incendies. Les modélisations¹⁰⁴ réalisées par le

¹⁰¹ Les précisions sur les méthodes utilisées en intelligence Artificielle ont été rédigées par les collègues de l'IRIT. Il en va de même pour l'entrée Co-design (Lisst).

¹⁰² <https://www.insu.cnrs.fr/fr/megafeux-et-changement-climatique>

¹⁰³ [NASA - Wildfires: A Symptom of Climate Change](https://www.nasa.gov/content/20180813main-wildfires-20180813)

¹⁰⁴ <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>

Joint Research Centre (JRC) de la Commission Européenne, sur l'évaluation du risque d'incendie de forêt et la cartographie des zones brûlées à l'échelle européenne croisées aux données climatiques augurent d'une forte aggravation des risques d'incendies dans toute l'Europe. Un rapport des Nations Unies publié en 2022 indique également une trajectoire inquiétante concernant l'évolution des incendies de forêt. À l'horizon 2030, les incendies extrêmes augmenteront de 14 %, puis de 30 % en 2050, et même jusqu'à 50 % à la fin du siècle. Enfin, le sixième rapport d'évaluation du GIEC (AR6) prévoit lui aussi l'augmentation de l'aridité et des incendies. Déjà en 2022, ce sont 781 083 hectares de forêts qui ont été brûlées en Europe contre une moyenne de 316 395 hectares pour la fenêtre de temps allant de 2006 à 2021, soit une surface incendiée augmentée de x2,5 (data EFFIS). Dans l'hexagone, les feux survenus durant l'été 2023 ont détruit la végétation sur des surfaces plus importantes que la moyenne de celles des quinze dernières années au sein de territoires fréquemment touchés. On note aussi plusieurs pays nouvellement affectés par ces grands incendies de forêts comme la Suisse, la Hongrie, la Slovénie, l'Autriche ou encore la Sibérie. La ville de Yakutsk (Russie, Sibérie) qui est la plus froide au monde a atteint des records de température autour de 35°C ce qui favorise l'assèchement de la végétation qui devient un excellent combustible. En 2021, plus de 15 000 km² de forêts ont ainsi brûlé dans ce secteur. En France, la situation est également très critique. Le pourtour méditerranéen (l'arrière-pays de Montpellier, la Lozère et l'Aveyron) et la côte atlantique (Landiras et Hostens : 19300 ha ; La Teste-de-Buch : 7000 ha ; Monts d'Arrée : 1725 ha) restent les zones les plus impactées par des incendies de forêts de grande ampleur mais on constate aussi des départs de feux sur l'ensemble du pays, quasiment toutes les régions sont touchées (Figures 21 & 22). A l'échelle de la planète, on assiste aujourd'hui (1) à un étalement spatial des feux de forêts qui touchent ainsi tous les continents, (2) à une forte augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêts, (3) à l'allongement de la saison des incendies qui est aujourd'hui 27 % plus longue qu'en 1979, et enfin (4) à l'augmentation de la gravité des feux qui a été multipliée par 8 entre 1985 et 2017¹⁰⁵. Rigolot et al. (2020) discutent dans leur article sur *les incendies de forêt catastrophiques*, trois principaux facteurs à l'origine de l'aggravation de la situation. En effet, plusieurs causes expliquent ces événements de feux extrêmes en lien avec le changement global. En particulier, le dérèglement climatique via l'augmentation des températures atmosphériques et des océans, l'augmentation des phases de sécheresse et la diminution des précipitations dans les zones les plus arides du globe favorise la propagation plus rapide et spatialement plus étendue des incendies. D'après un article publié dans la revue *Nature* (Brown et al., 2023), le réchauffement causé par les activités humaines a augmenté la fréquence des feux de forêts extrêmes de 25 % à l'échelle planétaire par rapport à l'ère préindustrielle. Le sud-est de la France a ainsi connu une augmentation des vagues de chaleur, principalement attribuée au changement climatique anthropique provoquant une forte augmentation de la fréquence et de l'ampleur des incendies extrêmes (Barbero et al. 2020). Des conditions atmosphériques et climatiques exceptionnelles qui touchent depuis 4-5 années le monde et en particulier le pourtour méditerranéen (pour rester dans notre zone de recherche) viennent compliquer la situation. On y relève ainsi durant l'été 2023, des températures supérieures à 42-45°C pendant plus de 5 jours consécutifs, un taux d'humidité dans l'air très bas (inférieur à 20 %) dû à 3 mois sans pluie contribuant au stress hydrique de la végétation et enfin des rafales de vents de plus de 70 à 80 km/h. L'activité humaine responsable depuis l'ère industrielle des conditions climatiques actuelles concomitante du réajustement post-Petit Age Glaciaire vers 1850, joue aussi ici un rôle non négligeable de par la

¹⁰⁵ OCDE (2023), *Taming Wildfires in the Context of Climate Change*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/dd00c367-en>. Organisation de coopération et de développement économiques.

croissance démographique et l'étalement urbain¹⁰⁶ mais aussi de par la gestion et le changement d'usage des sols (Rigolot et al., 2020) à l'échelle de la planète. A l'horizon 2030, la population mondiale atteindra 8.5 milliards d'habitants et 9.7 milliards en 2050 selon les Nations Unies. A l'horizon 2050, 2 habitants sur 3 vivront en ville situées probablement le long des littoraux, là où finalement le risque d'incendie est déjà très élevé et l'occupation du sol arrive à saturation. La confrontation spatiale entre les activités des sociétés urbaines et les écosystèmes forestiers dans ces zones conduit à augmenter ce risque (Syphard et al., 2019 ; Rigolot et al., 2020). Les changements d'usage du sol associés aux politiques de développement économique des pays influencent aussi le développement croissant des grands incendies dans le monde. Au Portugal, les plantations d'eucalyptus qui représentent aujourd'hui plus d'un quart (25,7 %) du total des peuplements forestiers du pays, et sont réalisées sur d'importantes surfaces au sein de ce territoire fréquemment touchés par les feux, n'ont fait qu'augmenter les incendies en fréquence et en intensité, en raison du caractère très inflammable de cette espèce non indigène. Après les incendies meurtriers de 2022 et 2023, la population portugaise mais aussi les politiques s'interrogent sur le devenir de cette essence sur le territoire. Cependant, le poids des industries de la cellulose¹⁰⁷ pèse beaucoup dans la balance des négociations et les prises de décisions qui concernent la gestion future de la ressource forestière. L'économie du Brésil dont le territoire comprend environ 60 % de la superficie totale du bassin amazonien, est tournée pour une bonne part vers l'agro-industrie, l'agro-pastoralisme et les activités d'extraction qui utilisent le feu pour défricher de grandes surfaces. Concernant l'agro-pastoralisme, cette technique d'agriculture nommée abattis-brûlis est d'abord traditionnelle en Amérique latine mais aussi à travers le monde. On retrouve grâce à l'analyse pédoanthracologique des traces d'ouvertures de la forêt par le feu par les sociétés agro-pastorales dès le Néolithique sans éradiquer pour autant la ressource (voir la partie sur mes trajectoires dans cet exercice d'HDR). Après la crise de 2008-2010, elle est devenue quasi « industrielle » au Brésil, où elle fût utilisée pour aider à relancer l'économie du pays vers notamment la production d'agro-carburant et le développement du pastoralisme à charge animale lourde nécessitant l'expansion des zones occupées au détriment de la forêt amazonienne. Le 10 août 2019 a été nommée la « journée du feu » en raison d'une opération de brûlis menée par des agriculteurs dans la région nord-est du pays, qui a effacé 2500 km² de forêt. En août 2022, ce sont plus de 3300 km² de forêt¹⁰⁸ qui ont été touchés par des incendies extrêmes et en 2023, c'est dès juillet 5373 feux ont été détectés en raison d'une sécheresse plus précoce. A voir à l'avenir si le changement de Présidence du Brésil qui a eu lieu en 2022 permettra de protéger le territoire de la politique de déforestation menée précédemment. Au cœur même du territoire des Pyrénées orientales où je mène des recherches, ce sont plus de 900 hectares de végétation qui ont été dévorés par un incendie attisé par une forte tramontane en avril 2023. Il s'est déclenché dans un département particulièrement touché par l'absence de précipitations et la sécheresse des sols. La reconstitution des stocks d'eau, normalement réalisée en hiver, n'a pas eu lieu et la situation des nappes continue de se détériorer. La sécheresse constatée très tôt dans la saison cette année a empêché la Cellule de brûlage dirigé du département 66¹⁰⁹ de réaliser les brûlages programmés dans ce même secteur pendant la période hivernale (entre janvier et mars). En Europe, les rapports des sociétés à la forêt ont énormément changé depuis l'après 2^{ème} guerre mondiale, en particulier dans les territoires de montagne. Jusqu'alors l'exploitation raisonnée de la ressource forestière (bois, production de charbons de bois mais aussi fruits, recherche

¹⁰⁶ Voir la partie sur le positionnement de ma recherche dans cet exercice d'HDR.

¹⁰⁷ La production de pâte à papier représente 2 % du PIB du Portugal.

¹⁰⁸ Données issues de l'Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Brasil (INPE)

¹⁰⁹ Communication orale de la responsable de la Cellule de brûlage dirigé du département du 66.

de l'ombre pour le bétail etc.) permettait de subvenir aux familles des vallées qui entretenaient ainsi le sous-bois, limitant aussi les grands incendies de forêt. L'exode rural (très marqué en milieu montagnard) qui a suivi et les plans de relance de l'agriculture comme le plan Marshall (1947) ont contribué indirectement à l'augmentation de la superficie forestière mais aussi à l'embroussaillage des forêts européennes. En France, la superficie forestière et donc la biomasse servant aux incendies augmente d'après les statistiques depuis 1990 et a atteint en 2020, 172.530 kilomètres carrés¹¹⁰, malgré les tempêtes de 1999 et 2009.

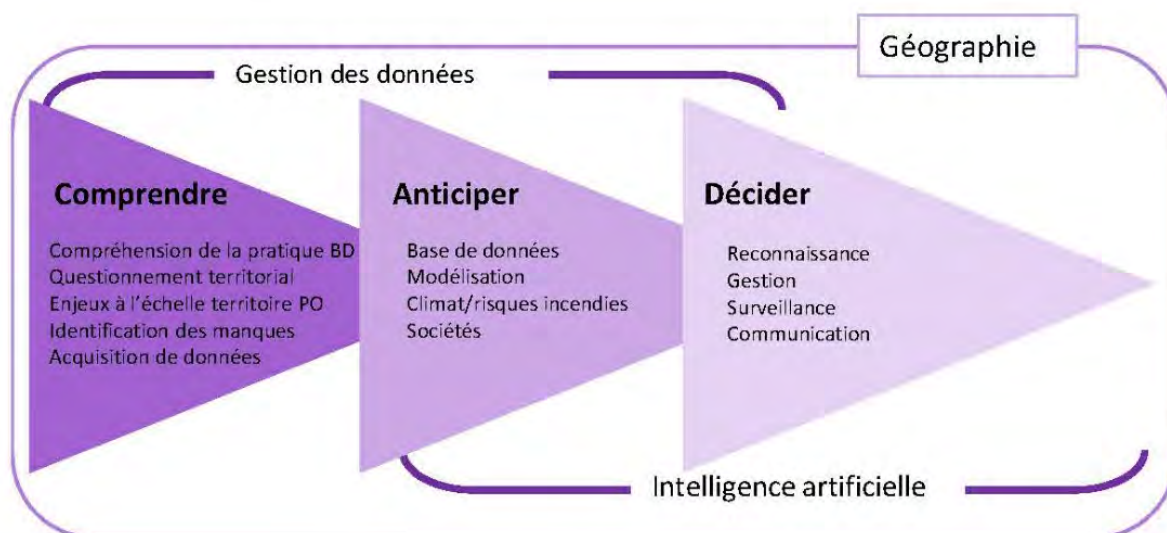


Figure 20. Les liens développés entre la géographie et l'IA dans le projet IABD

Comme décrit dans le chapitre 2 de cette HDR, le **feu n'est pas seulement un risque, c'est aussi un outil traditionnel de gestion de l'espace**, dont les services de lutte et de prévention des incendies se sont emparés depuis des décennies pour aboutir à la technique du brûlage dirigé, institutionnalisée en France dans le Code forestier (Métaillé & Faerber, 2003). Le brûlage dirigé est un outil utilisé principalement dans des zones non mécanisables (Photos 25, 26, 27 & 28), dans le but de créer et d'entretenir des surfaces pastorales mais aussi de créer des coupures de combustible (pare-feux) par incinération de végétaux sur pieds. Il sert également à former les services de lutte contre les incendies. Les coupures de combustible ainsi réalisées en domaine pastoral sont ensuite entretenues par les troupeaux qui y trouvent l'herbe nécessaire à leur développement. Le brûlage dirigé est de plus en plus pratiqué en France par les cellules spécialisées des SDIS, en particulier en Occitanie, réglementé au niveau des départements et bénéficiant de l'accompagnement des services d'animation pastorale. Aujourd'hui, l'évolution sociale du monde pastoral (vieillesse, diminution rapide du nombre d'agriculteurs) et ses conséquences sur les paysages (embroussaillage et reboisement spontané) accroissent les difficultés de gestion des feux.

¹¹⁰ [Superficie des forêts en France 1990-2020 | Statista](#)

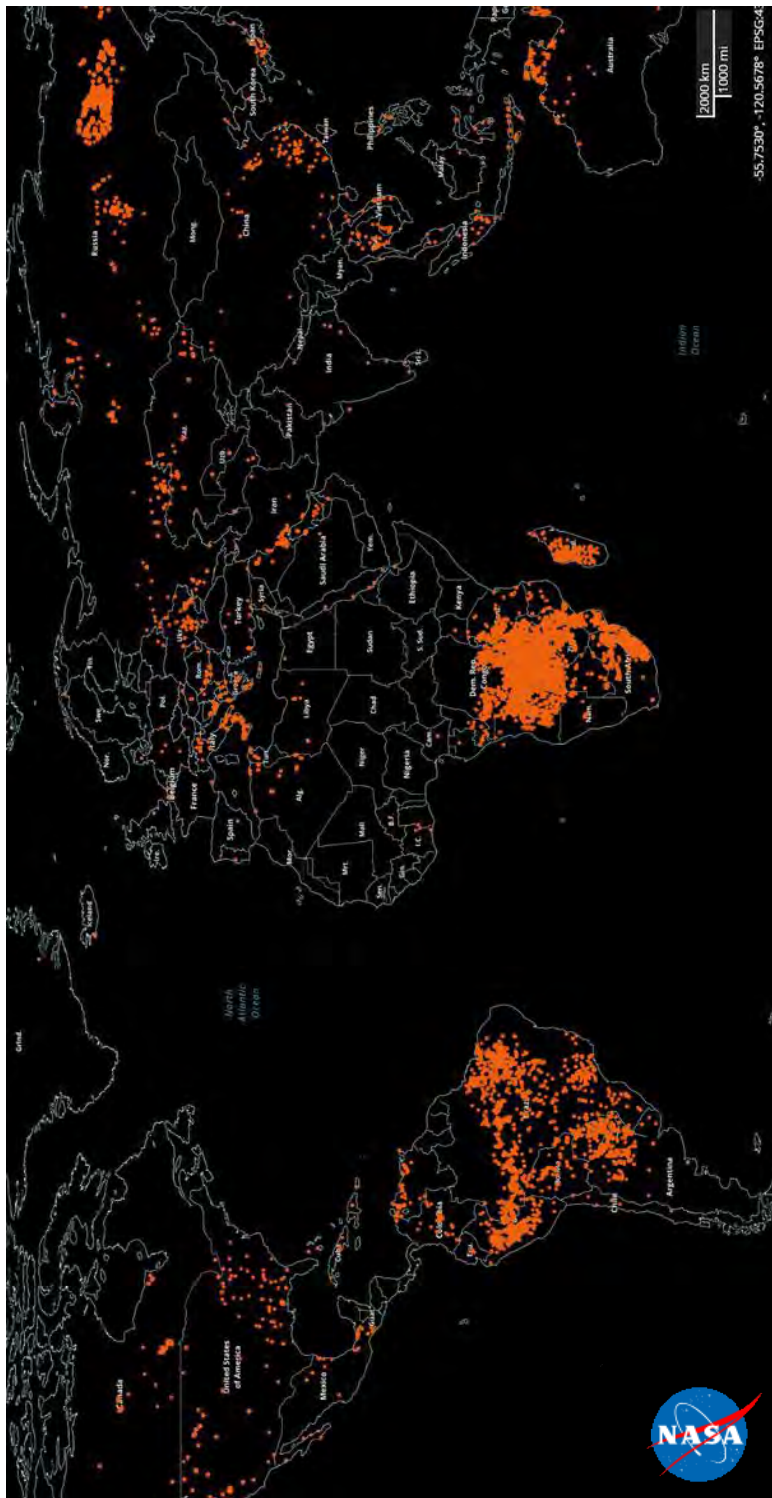


Figure 21. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite detects every day, the total number of fire hotspots worldwide. On August 8, 2023: 187 114 fires detected / on September 9, 2020: 138 680.

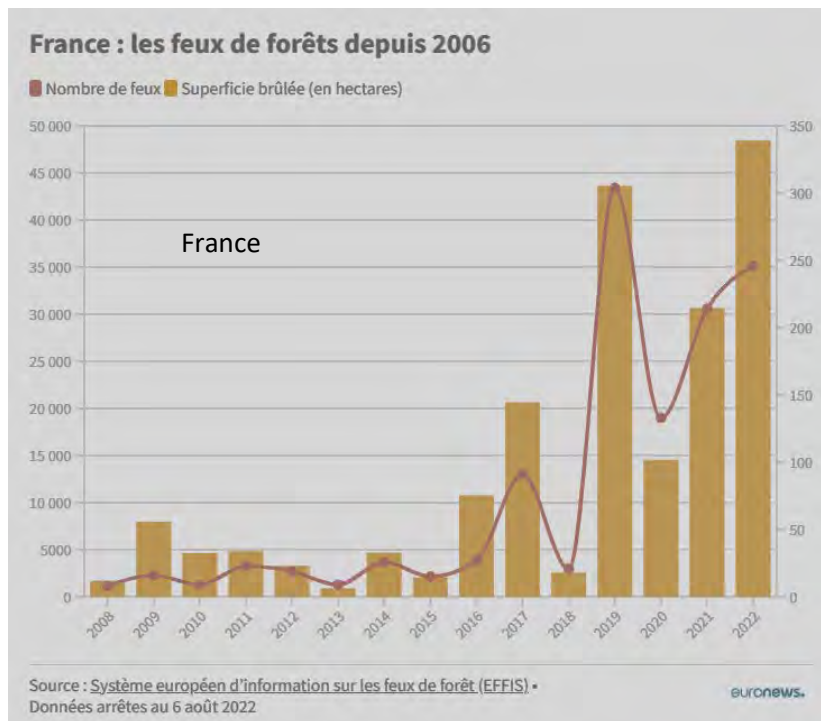
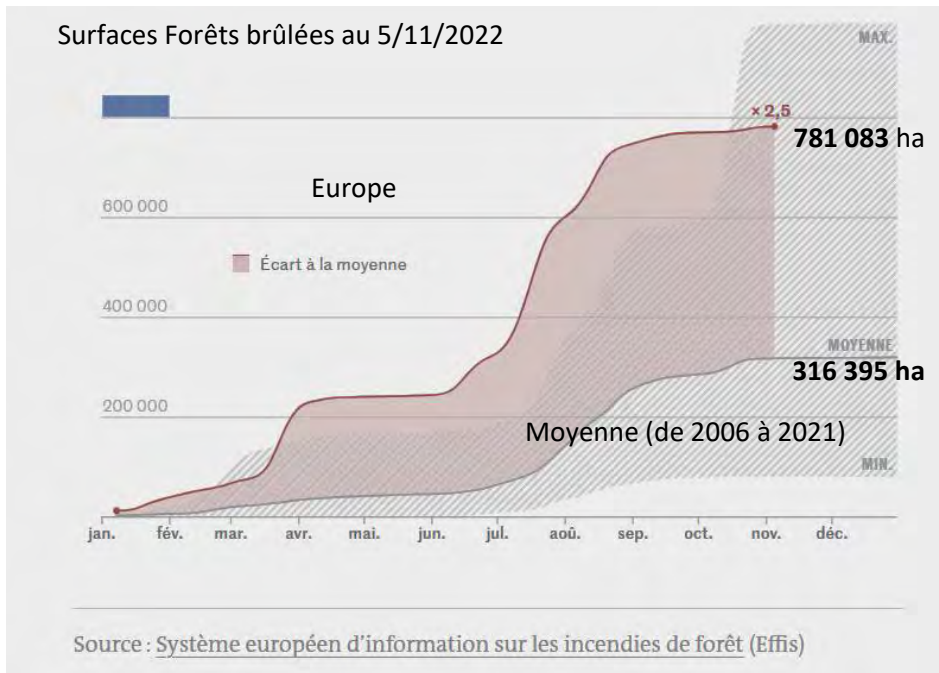


Figure 22. Surfaces de forêts brûlées en Europe en 2022 et en France depuis 2006.

Mes premiers entretiens montrent qu’au-delà du contexte global tendu à l’échelle du monde, ce qui complique le travail des « *intermédiaires¹¹¹ du feu* » et des pompiers est la lourdeur des réglementations (communication orale, S. Havard & JP. Métailié) mais surtout le **manque de nouvelles technologies pour les aider dans la prise de décision**. Ayant participé moi-même à plusieurs brûlages dirigés dans les Pyrénées versant nord et versant sud¹¹², j’ai constaté que la gestion de la pratique ne se déroule effectivement pas de la même façon selon les départements considérés. Cela tient entre autres aux moyens (budgétaires et humains) mis en œuvre pour la planification et la réalisation du brûlage sur le terrain. Les outils nécessaires à la gestion et à la surveillance des brûlages dirigés telle que les bases de données ne sont pour l’instant pas mutualisés à l’échelle de l’ensemble des cellules de brûlage dirigé ou Chambre régionale d’agriculture (via ici les chargés de mission pastoralisme) situées dans les Pyrénées. Chaque organisme (au final à l’échelle de chaque département) met en place de façon individuelle ses propres inventaires et bases de données pour effectuer le suivi des parcelles brûlées ou à brûler. On constate également un manque d’homogénéisation dans la gestion des chantiers, notamment dans l’acquisition du matériel ou sa disponibilité via les SDIS¹¹³ départementaux et selon le lieu. Par exemple, le balisage des parcelles à brûler se fait parfois à l’aide seule d’une montre GPS, les drones ne sont pas systématiquement utilisés pour la surveillance de l’évolution du feu lors des chantiers car non mis à disposition (le SDIS 31 Haute Garonne par exemple ne pouvant être sur tous les chantiers) ou parce que ceux acquis par les cellules sont peu performants. A cela, s’ajoute le manque de télépilote, la formation restant encore non systématique car elle dépend aussi des moyens budgétaires accessibles par les SDIS ou les cellules de brûlage dirigé. Les gestionnaires font ainsi avec les moyens dont ils disposent. Chaque SDIS ne possède pas non plus de personne ressource au brûlage dirigé (autre que les pilotes), il n’y a donc systématiquement pas de formation liée alors que la pratique contribue à la formation des hommes à la lutte contre les incendies de forêts. Celle-ci se fait au moment même du chantier grâce à la transmission de la pratique faite par les plus anciens responsables de la mise en œuvre des brûlages *in situ*. Les chargés de mission brûlage souhaiteraient avoir accès à des outils plus performants pour effectuer des mesures entre autre de pollution de l’air réalisées actuellement par AtmoOccitanie¹¹⁴ mais à une échelle non satisfaisante pour effectuer un bon contrôle puisque les sondes ne sont pas placées là où le brûlage est programmé.

Pourtant, dans les années 1990¹¹⁵ qui marquent la multiplication des équipes de brûlage et de fait les milieux traités (Rigolot, 1998), d’importantes améliorations de la technique ont été faites comme entre autres (liste non exhaustive) la mise en place d’un référentiel parcellaire (une fiche de chantier)¹¹⁶, l’élaboration d’une « Charte de brûlage dirigé » ou encore la formation au « Brevet Brûlage Dirigé » (Duché, 1998)...Cependant, on constate aujourd’hui un paradoxe, partagé par les gestionnaires des brûlages dirigés à l’échelle des Pyrénées. En effet, malgré le déploiement très rapide ces dernières années de nouvelles technologies et en particulier celles liées à l’Intelligence Artificielle (IA), on ne voit pas émerger d’expérimentations de ces technologies concernant la pratique de brûlage à l’échelle du

¹¹¹ Les acteurs des cellules de brûlages dirigés ou des chambres d’agriculture en charge des brûlages dirigés par exemple, positionnés entre les éleveurs et les pompiers.

¹¹² Lors de mon second post-doctorat j’avais organisé avec l’équipe de l’université autonome de Barcelone et les pompiers de la Généralitat (Catalogne) une expérimentation de brûlage dirigé afin d’effectuer quelques mesures sur la production de charbons de bois et l’enfouissement qui suivrait la mise à feu.

¹¹³ Service Départemental d’Incendie et de Secours

¹¹⁴ <https://www.atmo-occitanie.org/datavis>

¹¹⁵ Les premiers véritables programmes de brûlage ont démarré en France en 1987 à la Société d’Elevage des Pyrénées-Orientales (Lambert, 1988) et en 1989 avec les Forestiers Sapeurs des Alpes-Maritimes (Robion, 1990).

¹¹⁶ Cette fiche alimente d’après Rigolot (1998) une base de données commune (BDSYSTEME) mais l’échelle de partage de cette fiche n’apparaît pas aujourd’hui très claire.

territoire pyrénéen. L'IA en particulier qui fait appel à l'informatique, l'électronique ou encore les mathématiques et qui est reconnue au sein de divers domaines (médecine, écologie, etc.) pourrait devenir un outil d'aide à la gestion des brûlages dirigés et par conséquent participerait à la prévention du risque d'incendie de forêt. Enfin, ces divers manques alourdissent, compliquent le travail des gestionnaires des brûlages dirigés alors que leur responsabilité augmente de plus en plus au regard du contexte général décrit plus haut. Cette forte pression est ressentie par l'ensemble des « *intermédiaires du feu* » sondés à l'échelle des Pyrénées. Sans nul doute cette situation vient aggraver les **conditions de vie au travail** de ces gestionnaires. Et bien évidemment, le projet aidera les gestionnaires à se saisir de ces systèmes d'aide à la décision pour leurs programmes d'aménagement du territoire (support de décision, simulation, formation) mais aussi pour communiquer auprès de la société civile sur la pratique. J'ai pris en charge depuis avril 2023 grâce à l'intervention d'un collègue technicien de GEODE, la construction d'un site web sur les brûlages dirigés grâce à un important travail de concertation avec les acteurs de la pratique à l'échelle des Pyrénées.

Prise de contact et Interdisciplinarité du projet

C'est dans l'objectif d'une **amélioration des conditions de gestion techniques** mais aussi **humaines** que j'ai pris contact avec les laboratoires IRIT (Institut de recherche en informatique)¹¹⁷ et LISST (Laboratoire Interdisciplinaire Solidarité, Sociétés, Territoires) de l'Université de Toulouse 2, afin de répondre ensemble avec les gestionnaires des brûlages dirigés (cellules BD Pyrénées, Chambres d'Agriculture Pyrénées et pompiers Haute-Garonne) aux besoins relatifs à la **reconnaissance**, la **gestion** et la **surveillance** des futurs chantiers. Depuis plusieurs décennies, des données massives ont été acquises par les gestionnaires. Ce sont ces volumes importants de données qui caractérisent les usages de l'IA dans ce projet interdisciplinaire réunissant les sciences de l'informatique (au sens large) et la géographie. Plus les jeux de données sont massifs, plus les modèles de prédiction seront justes (Sauret, 2022). Ce biais que j'ai identifié au sein de la pratique de brûlage et grâce aux témoignages des acteurs du territoire me pousse à repenser et reformuler en tant que géographe, l'objet de recherche qui nécessite ici la collaboration avec l'IA. Habitée depuis ma thèse à une recherche interdisciplinaire, je découvre cependant ici un nouveau jeu d'échelles qui va de l'exploitation d'une quantité massive de données à l'utilisation in situ (à l'échelle d'une parcelle de brûlage) d'outils de gestion et d'aide à la décision. Mon rôle donc en tant que géographe spécialiste de l'étude de l'histoire des feux est, comme je l'ai fait au sein de ma collaboration avec la génétique¹¹⁸, d'aider à sélectionner et analyser les données sur la réalisation des brûlages dirigés, en intégrant la compréhension de la pratique et des socio-écosystèmes à l'échelle des territoires sélectionnés. Je réalise pour ce faire un diagnostic territorial selon une approche systémique. A ces données très quantitatives, l'approche géographique que je souhaite, apportera une dimension qualitative menée grâce à des entretiens auprès des gestionnaires des brûlages dirigés. Il s'agit d'introduire au sein du numérique, le recul et l'approche socio-environnementale propres à la géographie et plus globalement, aux sciences humaines et sociales (Petit, 2021). Ce nouveau projet fera le lien avec le projet PAACTe que je pilote et au sein duquel la question du devenir des brûlages dirigés est posée, et avec la thèse que je co-dirige aussi sur cette question et qui a pour objectif d'identifier les verrous qui compliquent la pratique via une étude géo-anthropologique. Ainsi je travaille aussi à identifier et mieux définir les enjeux d'une telle démarche à une échelle plus précise, celle du département des Pyrénées orientales sélectionnée pour terrain initial pour ce projet.

¹¹⁷ <https://www.irit.fr/le-laboratoire/presentation-du-laboratoire/>

¹¹⁸ Projet PAPAGENO



Photo 26. Préparation et sécurisation du périmètre de la zone à brûler. A et E : fauchage de la strate herbacée pour contrôler des dépôts de feu. B. Surveillance des paramètres du vent. C. Installation des tuyaux d'incendie sur le pourtour de la zone à brûler. D. Eleveuse participant au brûlage et munie d'une tenue adéquate et d'un gilet porteur d'eau.



Photo 27. Mise à feu. L'eau accompagne systématiquement le feu.

L'objectif pour moi géographe dans cette nouvelle collaboration a été de bien saisir les enjeux et les fonctionnements offerts par l'informatique (pour rester plus global) afin qu'ils puissent répondre aux questionnements que je posais. L'entreprise s'est avérée très accessible grâce à la collaboration avec des collègues experts capables de présenter simplement les fonctionnements et présentant de forte aptitude au dialogue avec les sciences humaines et sociales. Dans ce projet, les collègues de l'IRIT devront traiter des données hétérogènes et issues de sources diverses pour les intégrer dans une base données. Cela implique, de leur point de vue et du mien, une forte interaction avec la géographie afin d'identifier les sources de données et les processus de nettoyage (données manquantes, données erronées, etc.). Cette base de données servira de source de données structurée nécessaire aux outils de modélisation des scénarios de brûlage. Ces outils de modélisation feront appel aux techniques d'optimisation et fourniront un support d'aide à la décision (de la visualisation de données par des outils dédiés à simulation des scénarios de brûlage)¹¹⁹. Il apparaît ici essentiel de lancer aussi une première étude sur la communication au travail par l'évaluation de son organisation dans l'objectif ici aussi d'en améliorer sa réalisation au sein des structures de gestion des brûlages dirigés. La surcharge de travail des gestionnaires ainsi que le manque d'outils de communication performants compliquent les échanges inter-structures. Cette étude sera encadrée par la sociologue Caroline Datchary¹²⁰.

Terrain d'étude et méthodologie

Les terrains d'étude mobilisés dans ce projet sont situés en Occitanie et sont également ceux ciblés par le programme PAACTe connecté au présent projet. Le sud-est de la France a connu une augmentation des vagues de chaleur, principalement attribuée au changement climatique anthropique provoquant une forte augmentation de la fréquence et de l'ampleur des incendies extrêmes (Barbero et al. 2020). La région Occitanie en particulier, est à l'échelle européenne une de celles où la pratique de brûlage dirigé est encore la plus répandue au niveau pastoral, et une de celles où la question de la gestion préventive des incendies (notamment par le brûlage dirigé) sera dans les prochaines décennies un enjeu majeur, et pas seulement en zone méditerranéenne. Plus particulièrement, le projet se focalisera sur le département des Pyrénées orientales là où en avril 2023 d'importants incendies de végétation se sont étalés sur plus de 900 hectares et ont duré plusieurs jours avant d'être maîtrisés par les pompiers. Cette propagation du feu très rapide est due à des effets météorologiques exceptionnels concomitants comme une forte sécheresse prononcée très tôt dans la saison, de hautes températures et des vents violents (tramontane) qui ont asséché la végétation. La Cellule Brûlage dirigé du département 66¹²¹ qui avait prévu plusieurs chantiers de brûlages dirigés dans ce même secteur dans l'hiver (avant les incendies) dans l'objectif d'entretenir la ressource pastorale mais aussi de réaliser plusieurs coupures de combustible (ou pare feu) déplore de n'avoir pu les faire en raison de ces mêmes conditions météorologiques.

Cette recherche interdisciplinaire propose un nouveau jeu d'échelles qui va de l'exploitation d'une quantité massive de données à l'utilisation in situ (à l'échelle d'une parcelle de brûlage) d'outils de gestion et d'aide à la décision. Le rôle ici de la géographie est d'aider à sélectionner et analyser les données en intégrant la compréhension de la pratique et des socio-écosystèmes à l'échelle des territoires sélectionnés. Cela relève du diagnostic territorial cher à la géographie et réalisé selon une approche systémique. A ces données très quantitatives, l'approche géographique apportera une

¹¹⁹ Contributions de Cassia Trojahn-dos Santos (maîtresse de conférences, IRIT, UT2).

¹²⁰ Professeure, laboratoire LISST-UT2J

¹²¹ L'emploi du feu pour brûler des végétaux sur pied ou coupés dans les espaces naturels ou agricoles est réglementé dans le département 66 par l'arrêté préfectoral DDTM-SEFSR-2019176-0002 du 25 juin 2019.

dimension qualitative menée grâce à des entretiens auprès des gestionnaires des brûlages dirigés. Il s'agit d'introduire au sein du numérique, le recul et l'approche socio-environnementale propres à la géographie et plus globalement, aux sciences humaines et sociales (Petit, 2021).

Le rôle de l'IRIT est de traiter les données hétérogènes et issues de sources diverses, et de les intégrer dans une base de données. Cela implique une forte interaction avec les géographes afin d'identifier les sources de données et les processus de nettoyage (données manquantes, données erronées, etc). Cette base de données servira comme source de données structurée nécessaire aux outils de modélisation des scénarios de brûlage. Ces outils de modélisation feront appel aux techniques d'optimisation et fourniront un support à l'aide à la décision (de la visualisation de données par des outils dédiés à simulation des scénarios de brûlage). La méthodologie de co-design¹²² apportée ici par la sociologie (LISST) implique une approche de *design research* pour aboutir à une solution adaptée à la réalité des gestionnaires du feu, dans la mesure où les conventions communicationnelles efficaces doivent être étroitement liées aux situations de travail effectives. L'implication des gestionnaires du feu dans la réflexion dès le début du projet permet de garantir transparence, compréhension et appropriation de la solution ; c'est également la condition expresse de la pérennité de cette solution qui doit être en mesure de s'adapter aux évolutions, de manière dynamique et autonome, y compris après le départ de l'équipe de recherche. Les acquis méthodologiques issus du projet VERTUOSE¹²³ (LISST) faciliteront la démarche qui sera mise en place dans le cadre de IABD.

Dans ce projet, j'ai organisé les actions selon 3 axes méthodologiques mais elles sont interdépendantes les unes des autres.

AXE 1 : Identifications des enjeux sociaux de la démarche à l'échelle de la zone des brûlages dirigés, celle des montagnes des Pyrénées orientales.

A cette échelle il n'existe pas d'analyse poussée de ces enjeux face au changement global certes, mais aussi face à des préoccupations plus locales liées au partage de l'espace et donc sans proposer de liste exhaustive ici attachées au foncier, aux politiques, à l'économie, au tourisme, à la chasse, au pastoralisme etc. mais aussi face à une population de plus en plus investie dans les questions relatives à l'écologie et au devenir de son territoire. C'est ainsi que j'interrogerai par des entretiens semi-directifs et des questionnaires les enjeux à cette échelle. Les acteurs ciblés seront ceux qui partagent cet espace de la zone des brûlages dirigés dans les Pyrénées orientales pour la plus part connus de la Cellule de BD66. Les analyses des questionnaires viendront compléter notre question plus générale à savoir si au sein d'un contexte global tendu, les brûlages dirigés ont leur place comme outil de gestion des incendies de forêts.

AXE 2 : Construction d'une base de données structurées et modélisation de scénarios de brûlage dirigés pour l'aide à la décision

Le manque d'homogénéité des données issues de différentes sources (cartographie des zones brûlées, données climatiques, cultures, etc) constitue un frein pour la préparation de chantiers. L'objectif ici est de construire et consolider une base de données sur les brûlages qui s'appuierait sur celle initiée par

¹²² Le co-design implique qu'une attention spécifique soit consacrée au design de relation qui vise à « concevoir les conditions d'engagement des sujets qui faciliteront leur créativité, leur coopération, leur adhésion aux propositions » pour « engager des acteurs dans le processus de conception au-delà des rôles formels auxquels ils sont tenus » (Zacklad 2017).

¹²³ <https://www.vertuose-project.org/ECSCW23-Workshop>. Ce projet de recherche d'une durée de trois ans est cofinancé par le CNRS et la Région Occitanie est réalisé en partenariat avec l'Agence d'Amélioration des Conditions de Travail Occitanie (ARACT).

la cellule Brûlage Dirigé 66. La méthodologie de travail prévue est composée par deux étapes principales : (1) recenser les sources données à considérer dans le cas d'étude; les homogénéiser et les intégrer dans une base de données structurées (afin de faciliter l'interrogation); et (2) appliquer les techniques d'optimisation d'IA pour modéliser les scénarios de brûlage et ses contraintes; ces outils fourniront un support à l'aide à la décision (de la visualisation de données par des outils dédiés à la simulation des scénarios de brûlage). Les données qui vont alimenter la base de données précédemment citée seront en particulier récoltées en temps réel sur le site lors des opérations de brûlage. Nous envisageons de proposer un réseau de capteurs de type IoT (Internet des Objets) permettant cette récolte d'information (température, humidité, vent, ensoleillement, pluie, CO²...). Le choix de la meilleure technologie, et de la meilleure architecture IoT devra être entrepris.

AXE 3 : Première évaluation de la communication au travail selon une approche socio-technique.

Cette démarche résolument interdisciplinaire (sociologie, informatique) considère que les opportunités de programmation des infrastructures numériques et de l'IA ne peuvent être exploitées de manière efficace qu'à la condition expresse de prendre conjointement en compte l'ensemble des règles, des préférences et des manières de faire existantes à l'échelle de chaque salarié, des collectifs de travail, et de l'organisation dans son ensemble. Cela implique de mener l'investigation et l'intervention à plusieurs niveaux simultanément. Premièrement, au niveau des travailleurs dans leur organisation, c'est-à-dire, les comportements individuels et collectifs ainsi que les règles collectives et institutionnelles, et ensuite, à celui de l'infrastructure numérique dont ils disposent : les terminaux (ordinateurs, smartphone, IoT, etc.), les réseaux les interconnectant (réseau d'entreprise, réseau 4G/5G, data centers (Edge/Fog/Cloud, etc.)), mais aussi les dispositifs ou interfaces intermédiaires entre les usagers et l'infrastructure.

Premières perspectives

Les résultats de cette recherche seront réinvestis directement par les gestionnaires du feu. Ainsi, la question tout à fait légitime et fréquente du suivi et de l'entretien post-projet, de la nouvelle base de données sur les brûlages dirigés sera assurée par ces gestionnaires qui sont en attente de tels outils. Il s'agit également de faire monter en compétence les intermédiaires du feu (gestionnaires du feu, acteurs clefs du présent projet) sur les stratégies de communication entre leurs diverses structures (Chambres d'agriculture, Sociétés d'élevage, SDIS, etc.) à l'échelle des Pyrénées (entre départements). Sans nul doute cet objectif viendra améliorer la qualité de vie au travail de ces gestionnaires du feu et de l'environnement.

Le développement d'approches interdisciplinaires est au cœur des recherches dans les laboratoires de la région Occitanie et l'université de Toulouse. Je donne une attention particulière au croisement de l'Intelligence Artificielle et de la géographie. Le projet IABD contribuerait au croisement des pratiques de recherche, de théorisation, de conceptualisation et de publication entre ces différentes disciplines, souvent différentes. Il répondra à des questions scientifiques précises et appliquées sur le domaine de la gestion, simulation et aide à la décision dans le domaine des brûlages dirigés.

En termes de valorisation, les résultats du projet (base de données, outils produits, résultats des simulations) seront rendus FAIR et disponibles dans les plateformes de partage de données ouvertes, ainsi que valorisés par des publications scientifiques.

Je mobiliserai à nouveau cette collaboration naissante entre la géographie, la sociologie et l'informatique-modélisation-intelligence artificielle dans un an dans le cadre du dépôt d'une ANR. Les

premières pierres ainsi façonnées grâce au projet IABD financé par le Labex SMS consolideront le futur projet et ouvriront de nouvelles pistes sur les enjeux sociaux de la démarche et les outils d'aide à la décision.

Mais aussi, j'invite les collègues de ce consortium à participer à mes côtés aux rencontres du Réseau de l'Emploi intégré du feu qui se déroulera à l'automne 2024 dans l'objectif de communiquer sur les avancées/résultats du projet IABD. Ces rencontres qui ont lieu chaque année, réunissent les forces du SDIS à l'échelle nationale ainsi que les gestionnaires des brûlages dirigés. Peu finalement de chercheurs y participent.

De plus, face à l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des méga feux à l'échelle mondiale, à l'accroissement des préoccupations environnementales (pollutions atmosphériques) et les enjeux de préservation de la biodiversité il est impératif de communiquer le plus largement possible sur la thématique. La valorisation de l'objet de recherche se fait aussi par la communication auprès d'un large public. En relation avec le Quai des Savoirs (Toulouse)¹²⁴ depuis 2 ans, je participe régulièrement à des ateliers-rencontres (à Fonbeauzard 8/09/23) et des ciné-débats (à Tournefeuille 17/10/23) pour discuter des mégafeux à l'échelle du monde et des solutions/pistes à prendre ou reprendre en compte comme celle des brûlages dirigés en tant qu'outil de pare-feu ou coupure de combustible. Dans cette même optique j'ai proposé au Quai des Savoirs quelques interventions sur le croisement de nos disciplines pour démêler la question de recherche de ce projet.



Photo 28. Surveillance de la zone hors du périmètre de brûlage dirigé pour contrôler les éventuels *saltus* et éviter la propagation du feu.

¹²⁴ Centre de culture contemporaine métropolitain dédié aux sciences, à l'innovation et à la création.

Les anciennes terrasses agricoles et l'apport de nouvelles techniques : reprendre là où la géoarchéologie a suscité mon intérêt...

Revenir sur l'histoire des anciennes terrasses agricoles des Pyrénées, c'est reprendre et approfondir un objet qui m'a permis d'approcher la géoarchéologie pendant ma thèse. J'avais mené alors un travail d'identification dans le temps des processus de dynamique des paysages en lien avec la construction de terrasses en montagne d'Enveigt (Pyrénées orientales) grâce à la collaboration avec Christine Rendu (archéologie pastorale, FRAMESPA, Toulouse). C'est la première application et adaptation de la pédoanthracologie à un questionnement sur des sites géoarchéologiques que représentent les anciennes terrasses. En effet, quelques points forts de cette première étude ont porté sur : (1) l'identification d'une chronologie de construction des terrasses beaucoup plus anciennes (Age du Bronze) que ce qui était mis en avant jusqu'à la fin de ma thèse. La littérature scientifique basée alors essentiellement sur des analyses textuelles (archivistiques) appuyait davantage l'idée de leur mise en place autour du Moyen Age pour les Pyrénées (Alcaraz, 1999)¹²⁵ ; (2) le rapprochement de spécialistes pour une approche systémique afin de répondre au mieux aux objectifs ; (3) l'identification des dynamiques de végétation en lien avec la construction des terrasses à l'échelle des versants d'Enveigt et notamment le retraçage de la dynamique d'*Abies alba*, disparu de la zone d'étude (Bal, 2006 ; Bal et al, 2010).

Ce premier travail qui réunissait à l'époque archéologue et paléo-écologue/géographe mérite d'apporter une contribution scientifique plus poussée et l'utilisation de nouvelles techniques qui pourraient aider à révéler de façon plus précise l'histoire des terrasses. Pour ce futur projet je souhaiterais donc me rapprocher de l'équipe « Dynamiques des paysages (DYPA) » du laboratoire Image Ville Environnement (UMR7362 Unistra / CNRS) pour mener avec les collègues géoarchéologues, paléoécologues et pédologues une étude sur les terrasses agricoles anciennes. Leurs expériences et expertises dans ce domaine (Schwartz et al., 2019 ; Schwartz et al., 2020 ; Keller et al., 2023) pourraient j'en suis certaine contribuer à mieux cerner l'histoire des terrasses.

Accompagnement des territoires

Comme détaillé dans l'axe 2 de cette HDR, j'accompagne depuis deux ans le territoire de la Communauté de Communes Causse Aigoual Cévennes-Terres Solidaires dans la mise en place d'un pacte territorial sur l'agro-écologie qui est un élargissement du premier pacte pastoral mis en place sur ce même territoire et adopté en 2015 par l'ensemble des acteurs. Je continue via le projet PAACTe à m'investir sur la transition agro-écologique des territoires en participant aux diverses réunions et proposant des communications sur l'agropastoralisme ou l'évolution de l'agriculture depuis l'après seconde guerre mondiale dans le monde, pour ouvrir les débats. Mon soutien aux acteurs de ce territoire se fait aussi par l'apport de financement pour recruter des stagiaires inscrits en master 1 ou 2 souhaitant développer la question de la transition agro-écologique. Ainsi, en 2024, PAACTe prolongera d'un an le contrat de Marion Fichet, ingénieure sur le pacte cévenol et un stagiaire de 6 mois sur la question des circuits courts en agriculture au sein de la CC-CAC-TS. En 2024, je prévois d'organiser plusieurs interventions/discussions autour des innovations de gouvernance territoriale au sein des Pyrénées. L'idée est que nous puissions informer sur ce que nous faisons dans les Cévennes, montrer ce qui fonctionne et ce qui reste plus complexe à établir dans le cadre.

¹²⁵ Les détails de mes travaux sur les terrasses d'Enveigt sont publiés dans la ma thèse Bal (2006) et dans un article (Bal et al., 2010).

C'est en ce sens aussi que je participe depuis 2022 au projet COVPATH¹²⁶. L'ambition de ce projet est d'expérimenter la co-construction de pactes territoriaux d'adaptation, de résilience au changement climatique au sein de territoires divers qui sont autant de laboratoires vivants (living labs). Les contextes étant bien différents à travers le monde, il est nécessaire de prendre un certain nombre de réserves de biosphère bien différentes pour parvenir à un modèle de coviabilité socio-écologique territorial. L'objectif du projet est que l'échelle locale puisse instruire et s'appliquer à des échelles supérieures. Parce que l'enjeu est de parvenir à dépasser l'objectif de 30 % d'aires protégées de la planète pour parvenir à un territoire de biosphère mondial : les réserves de biosphère pourraient ainsi devenir un modèle de coviabilité pour l'ensemble de l'humanité (communication orale, O. Barrière).

PLUTOT QUE DE CONCLURE...

...je préfère tenter de formaliser un retour d'expérience sur l'exercice d'HDR et le métier d'enseignant-chercheur. Conclure, terminer ou même quitter cet exercice de réflexion qui m'a accompagnée pendant quasiment quatre mois s'avère finalement être une tâche assez difficile. L'envie d'écrire, de formaliser mon point de vue sur le sujet choisi est arrivée à un moment phare de ma carrière, de ma vie. C'est grâce à plusieurs projets de recherche menés (et en cours) rapprochant le monde de la recherche et les territoires ainsi que plusieurs années d'enseignement en géographie sur les enjeux socio-environnementaux mondiaux, que j'ai trouvé l'entrée que je souhaitais donner à cette réflexion. Les nombreuses rencontres et les échanges dont j'ai bénéficié tout au long de ma carrière ont enrichi ma propre analyse de l'objet de recherche choisi. Etre enseignant-chercheur c'est partager, transmettre des idées, des réflexions, se confronter à ses pairs pour recevoir les avis constructifs sur sa recherche. Impossible ainsi de s'octroyer la propriété d'une réflexion, d'ailleurs à quoi bon tant le partage est important et enrichissant. Tout ce que nous produisons est le fruit de lectures, d'idées issues d'autres auteurs/observateurs qui ont su faire émerger des points de vue.

Je m'efforce aussi de trouver des façons différentes d'enseigner par, notamment, la valorisation des connaissances acquises par les étudiants (Vol 2 de l'HDR). Capter leur attention est primordial, pour leur permettre de construire eux-mêmes leur propre réflexion et de se sentir, grâce au savoir, des êtres libres de penser et mener leur propre choix. Leur démontrer qu'à l'échelle du monde, tout interagit et que pour comprendre les enjeux qui nous touchent aujourd'hui il faut intégrer que toute modification faite à un endroit du monde entraînera forcément des changements (ou bouleversements) ailleurs. La géographie est probablement la discipline qui permet cela car elle ouvre le champ d'analyse. Cette façon de réaliser mon enseignement en tant que géographe depuis presque 20 ans, a fait progresser me semble-t-il la façon dont je mène mes recherches et donc mes projets. La partie « perspectives » de cette HDR laisse voir, je l'espère, cette inflexion en intégrant autant que possible les contextes socio-économiques qui sont propres à chaque territoire d'étude mais qui sont aussi sous l'influence d'enjeux plus globaux.

L'exercice de l'habilitation à diriger des recherches n'est heureusement pas un exercice autocentré mais bien au contraire il offre la possibilité d'ouvrir vers de nouvelles collaborations/recherches tout en se focalisant quand même sur ces propres données. Ce retour sur ses propres travaux permet de mieux cerner sa trajectoire, revenir (si tant est qu'on les ait quittés)

¹²⁶ *Coviability Path, a new framework to sustainably link mankind and biosphere* financé par le Belmont Forum Collaborative Research Action on Transdisciplinary Research for Pathways to Sustainability. IRD ESPACE DEV Montpellier, Olivier Barrière.

vers des méthodes ou des questionnements développés en début de carrière pour mieux appréhender le devenir de sa recherche. On peut y trouver aussi la nécessité de faire un point thématique, méthodologique, géographique mais aussi personnel sur cette première partie de carrière.

Que souhaiter pour cette nouvelle phase ? Continuer à penser, à impulser et proposer, à développer, à construire encore et toujours des projets de recherche et des projets pédagogiques connectés entre eux pour accompagner au mieux les étudiants et les territoires.

Cette fois je termine puisqu'il le faut, en citant un court extrait du célèbre *Discours à la jeunesse* de Jean Jaurès aux Lycéens d'Albi en 1903 : « *Le courage, c'est de ne pas livrer sa volonté au hasard des impressions et des forces ; c'est de garder dans les lassitudes inévitables l'habitude du travail et de l'action. [...] Le courage, [...] c'est d'aller à l'idéal et de comprendre le réel [...].* »



Photo 29. Brebis arrivées dans les Hautes-Pyrénées à Ardengost (65) après une semaine de transhumance, au départ de Larroque-Saint-Sernin dans le département du Gers (32).

Références bibliographiques

Albani D., 1964 - Il Frignano. Bologna: Società Tipografica Mareggiani.

Alcaraz F., 1999 – *Les terrasses méditerranéennes, entre terroirs et paysages (nord-ouest du bassin méditerranéen)*. Thèse de géographie, Université de Toulouse-Le Mirail, vol. I & vol. II, 654p.

Alessandrini A., 2010 - Flora del Modenese – Censimento Analisi Tutela. 416 p.

Alessandrini A., Foggi B., Rossi G., Tomaselli M., 2003 - La flora di altitudine dell'Appennino Tosco-Emiliano. Regione Emilia-Romagna, Bologna.

Ali A., Carcaillet C., Talon B., Terral J.-F., 2005 - *Pinus cembra* L. (arolla pine), a common tree in the inner French Alps since the early Holocene and above the present tree line: a synthesis based on charcoal data from soils and travertines. *J. Biogeogr.* 32, 1659–1669.

Allée Ph, 2003 - *Dynamiques hydrosédimentaires actuelles et holocènes dans les systèmes fluviaux de moyenne montagne (Limousin, hautes Cévennes, maures)*. Contribution à l'étude des discontinuités spatiotemporelles dans le fonctionnement du système bassin versant. Mémoire d'HDR, université de Limoges, p. 451.

Badino F., Ravazzi C., Vall`e F., Pini R., Aceti A., Maggi V., Maspero F., Orombelli G., 2018 - 8800 years of high-altitude vegetation and climate history at the Rutor Glacier forefield, Italian Alps. Evidence of middle Holocene timberline rise and glacier contraction. *Quat. Sci. Rev.* 185, 41–68.

Bal M.Cl., 2006 - *Constructions et dynamiques des espaces et des terrasses agro-pastorales en zone intermédiaire des Pyrénées du Néolithique à nos jours (Cerdagne, Pays basque et Pays de Sault) : approche archéoenvironnementale par la pédoanthracologie*. Thèse de géographie, Université de Toulouse 2 Jean Jaurès, 200 p.

Bal M.Cl., Rendu C., Ruas M.P., Campmajo P., 2010 – Paleosol charcoal: reconstructing vegetation history in relation to agro-pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *Journal of archaeological science* 37, 1785-1797.

Bal M.Cl., Pelachs A., Perez Obiol R., Julia R., Cunill R., 2011 – Fire history and human activities during the last 3300 cal yr BP in Spain's central Pyrenees: the case of Estany de Burg. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 300, 179-190.

Bal M.Cl., Allée Ph. and Liard M., 2015 - Charcoal from soil: the origin of *Nardus stricta* grassland and the history of a mountain cultural landscape (Mont Lozère, France) since the Neolithic period. *Quaternary International*, vol. 366, 3-14.

Bal M.Cl. & Rouvellac E., 2017 - Réflexions et projets autour du patrimoine. Eds Pulim, Limoges. 182 p.

Bal M.Cl., Garcia Alvarez S., Allée Ph., Benatti A., Mercuri A.M., Bosi G., Rubiales J.M., Garcia-Amorena I., Rouvellac E., Bouisset C. et Degrémont I., 2019 - Risque de perte de diversité paysagère et culturelle dans les montagnes méditerranéennes (Massif central, Sierra de Gredos et Apennins septentrionaux): l'approche géo-historique et la mise en réseau indispensables à une meilleure valorisation du territoire. Dans *Géohistoire de l'environnement et des paysages : actes de colloque de Toulouse, 12-14 octobre 2016*, sous la direction de Ph. Valette et JM. Carozza. CNRS éditions: 409-419.

Bal M.Cl. & Garcia-Alvarez S., 2022 - Inferring the ancientness of the Mirambel woodland from soil charcoal: A local exception to the regional pattern of the Millevaches plateau (Limousin, Massif central, France). *Quaternary International*, vol 636, 196-208. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.11.008>.

Bal M.Cl., Benatti A., Bosi G., Florenzano A., Garcia-Alvarez S., Mercuri A.M., Rubiales J.M., 2023 - Pedoanthracology sheds light the ancientness of the pastoral highlands of three mediterranean mountain: Sierra de Gredos (Spain), southeast Massif Central (France), and northern Apennines (Italy), *CATENA*, Volume 223, 106941. <https://doi.org/10.1016/j>.

Barbero R., Abatzoglou J.T., Pimont F., Ruffault J., Curt T., 2020 - Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France. *Frontiers in Earth Science* 8, 104.

Baron S., Lavoie M., Ploquin A., Carignan J., Pulido M., Beaulieu J.L., 2005 - Record of metal workshops in peat deposits: history and environmental impact on the Mont Lozere Massif (France). *Environmental Science and Technology* 39, 5131-5140.

Baron S., Carignan J., Laurent S., Ploquin A., 2006 - Medieval lead making on Mont- Lozère Massif (Cévennes-France): tracing ore sources using Pb isotopes. *Applied Geochemistry* 21, 241-252.

Barraqué B., 1985 - Le paysage et l'administration. Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, direction de l'Urbanisme et des Paysages, Mission de la recherche urbaine.

Barraud R., Andreu-Boussut V., Chadenas C., Portal Cl., Guyot S., 2019 - Ensauvagement et ré-ensauvagement de l'Europe : controverse et postures scientifiques. In *Bulletin de l'association de géographes français*, 96-2. <http://journals.openedition.org/bagf/5141>, <https://doi.org/10.4000/bagf.5141>.

Barrière O. & Bes C., 2017 - Droit foncier et pastoralisme, entre propriété et territoire, *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 17 Numéro 1 | mai 2017, <http://journals.openedition.org/vertigo/18362>. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18362>.

Barrière O. & al., 2019 - Coviability of social and ecological systems: reconnecting mankind to the biosphere in an era of global change. Vol. 1: The foundations of a new paradigm. Cham: Springer, 728 p. Vol. 2: Coviability questioned by a diversity of situations, 340 p.

Beaulieu de J.L. & Pons J., 1979 - Recherche pollen-analytiques sur l'histoire de l'action humaine dans la région du parc national des Cévennes. *Ann. Parc Natl. Céven.* 1, 101–128.

Beauvillard A. & Beauvillard P., 2020 - Coopérer pour co-construire. Dans : Isabelle Laudier éd., *Prospective et co-construction des territoires au XXI^e siècle* (pp. 277-285). Paris: Hermann. <https://doi.org/10.3917/herm.laudi.2020.01.0279>.

Beguiría S., 2006 - Changes in land cover and shallow landslide activity: a case study in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology* 74 (1–4), 196–206.

Bélis-Bergouignan M.C. & Levy R., 2010 - Sharing a common resource in a sustainable development context : The case of a wood innovation system. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(7), 1126-1138. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.03.009>.

Benatti A., 2018 - *Reconstruction du paysage naturel et culturel le long d'un transect plaine – montagne dans la Province de Modène (Emilie Romagne, Italie) durant l'Holocène : approche multidisciplinaire*. Thèse. Université de Limoges et Università degli studi di Modena e Reggio Emilia (Italie). 214 p.

Benatti A., Bal M.Cl, Allée Ph, Bosi G., Dallai D., Mercuri A.M., 2018 - Charcoal Kilns in the Northern Apennines (Italy): Forest Exploitation by Past Societies in Mountain Areas. *Interdisciplinaria Archaeologia Natural Sciences In Archaeology*, Vol. IX, Issue 2, 169–178.

Benatti A., Bal M.Cl., Allée Ph., Bosi G., Mercuri A.M., 2019 - Plant landscape reconstruction above the current timberline at the Monte Cimone and Corno alle Scale mountain areas (Northern Apennines, Italy) during the Late Holocene: The evidence from soil charcoal. *The Holocene*, vol. 29, 11, 1767-1781.

Bercovitz R., 2022 - L'invention de la médiation paysagère, *Projets de paysage*, 26. <http://journals.openedition.org/paysage/29045>. <https://doi.org/10.4000/paysage.29045>

Bertrand G., 2002 - La discordance des temps, in *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires : durabilité et mutations*. Colloque « Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires », Besançon, Presses Universitaires franc-com toises. Série environnement, sociétés, archéologie. 3, 15-23.

Bernard R.-J., 1984 - L'élevage du mouton en Gévaudan aux XVIIe et au XVIIIe siècle. In *L'élevage et la vie pasoriale dans les montagnes de l'Europe au Moyen Age et à l'époque moderne*, Clermont-Ferrand, 335-354.

Bernetti G., 1995. *Selvicoltura speciale*. Unione tipografico-editrice Torinese-UTET, Torino.

Bertrand G., 1975 - Pour une histoire écologique de la France rurale. In Duby G. et Wallon A., *Histoire de la France rurale*, Le Seuil, 34-113.

Bettelli G, Bonazzi U, Fazzini P et al., 1989 - Nota illustrative alla Carta Geologica Schematica dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. *Memorie Società Geologica Italiana* 39, 487–498.

Blanc N. & Cohen M., 2002 - L'animal, une figure de la géographie contemporaine. *Espaces et Sociétés* 110-111, 25-40.

Bonhôte J., 1998 - Forges et forêts dans les Pyrénées ariégeoises, pour une histoire de l'environnement. Aspet : PyréGraph éd, 337 p.

Bouisset C. & Degrémont I., 2013 - Construire un patrimoine naturel : valeurs (de société) contre critères (officiels) ? L'exemple de hauts lieux montagnards pyrénéens. *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 16. <http://vertigo.revues.org/13750>.

Bozonnet J.-P., 1992 - *Des monts et des mythes : l'imaginaire social de la montagne*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.

Branch N.P., 2013 - *Early–Middle Holocene vegetation history, climate change and human activities at Lago Riane (Ligurian Apennines, NW Italy)*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22, 315-334.

Branch N.P. & Marini N.A.F., 2014 - Mid-Late-Holocene environmental change and human activities in the northern Apennines, Italy. *Quat. Int.* 353, 34–51.

Braudel F., 1997 - Géohistoire : la société, l'espace et le temps. *In* : BRAUDEL, Fernand. Les ambitions de l'histoire. Édition établie et présentée par Roselyne de Ayala et Paule Braudel. Paris : Éditions de Fallois, 68-114.

Briffaud S., 1994 - Naissance d'un paysage – La montagne pyrénéenne à la croisée des regards, XVIe-XIXe siècles, Association Guillaume Mauran, Archives des Hautes-Pyrénées, CIMA-CNRS, Université Toulouse II.

Brisebarre A.-M., 1977 - Evolution de la transhumance sur le mont Lozère. Parc national des Cévennes, 101 p.

Brisebarre A.-M., 1978 - Bergers des Cévennes. Paris, Berger-Levrault.

Brown P.T., Hanley H., Mahesh A. et al., 2023 - Climate warming increases extreme daily wildfire growth risk in California. *Nature* 621, 760–766. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06444-3>.

Brunet R., 2001 - Le déchiffrement du Monde - théories et pratiques de la géographie, Belin.

Büntgen U., Myglan V.S., Ljungqvist F.C., McCormick M., Di Cosmo N., Sigl M., Jungclauss J., Wagner S., Krusic P.J., Esper J., 2016 - Cooling and societal change during the late antique little ice age from 536 to around 660 AD. *Nat. Geosci.* 9, 231–236.

Burel F. & Baudry J., 1999 – Ecologie du paysage, concepts, méthodes et applications. Paris, Eds TEC & DOC, 359 p.

Carcaillet C., 2007 - Long-term fire frequency not linked to prehistoric occupations in northern Swedish Boreal forest. *Ecology*, 88(2), 465–477.

Carrión J.S., Sánchez-Gomez P., Mota J.F., Yll R., Chaín C., 2003 - Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain. *Holocene* 13, 839–849.

Carrión J.S, Fernández S, González-Sampériz P, López-Merino L, Peña L, Burjachs F, López-Sáez J.A, García-Antón M, Carrión Marco Y, Uzquiano P, Postigo J.M, Barrón E, Allué E, Badal E, Dupré M, Fierro E, Munuera M, Rubiales J.M, García Amorena I, Jiménez Moreno G, Gil Romera, G, Leroy S, García-Martínez M.S, Montoya E, Fletcher W, Yll E, Vieira M, Rodríguez-Ariza M.O, Anderson S, Peñalba C, Gil García M.J, Pérez Sanz A, Albert R.M, Díez M.J, Morales-Molino C, Gómez Manzanique F, Parra I, Ruiz Zapata B, Riera S, Zapata L, Ejarque A, Vegas T, Rull V, Scott L, Abel Schaad D, Andrade A, Manzano S, Navarro C, Pérez Díaz S, Moreno E, Hernández-Mateo L, Sánchez Baena J.J, Riquelme J.A, Iglesias R, Franco F, Chaín C, Figueiral I, Grau E, Matos M, Jiménez Espejo F, Valle-Hernández M, Rivas-Carballo R, Arribas A, Garrido G, Muñiz F, Finlayson G, Finlayson C, Ruiz M, Pérez Jordá G, Miras Y., 2012 - Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario. Ministerio de Economía y Competitividad, Madrid.

Cardarelli A., Malnati L., 2006 - Atlante dei beni archeologici della provincia di Modena, vol. II. All'Insegna del Giglio, Montagna Florence.

Carnelli A.L., Theurillat J.P., Thion M., Talon B., 2004 - Past uppermost tree limit in the Central European Alps (Switzerland) based on soil and soil charcoal. *Holocene* 14 (3), 393–405.

Catalan J., Ninot J.M., Mercè A., Gassiot E., Pèlach A., Cunill R., Clemente-Conte I., Diaz Bonilla S., Rodriguez Anton D., Mazzucco N., Soriano JM., Perez-Obio R., Bal MCl., 2017 - High Mountain

Conservation in a Changing World. Catalan, Jordi, Ninot, Josep M, Aniz, M. Mercè (eds). Advances in Global Change Research (series, vol 62). Springer Nature. DOI 10.1007/978-3-319-55982-7.

Cateau E., Larrieu L., Vallauri D., Savoie J.M., Touroult J., Brustel H., 2015 - Ancienneté et maturité: deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. Comptes Rendus Biologies 338, 58–73.

Cauuet B., 2012 - Rapports Intermédiaires in PCR "Lozere" Dir by Allée and Bal.

Clark J.S, 1988 - Particle motion and the theory of charcoal analysis: Source area, transport, deposition, and sampling. Quaternary Research 30 (1), 67–80.

Clark J.S., Lynch J., Stocks B.J., Goldammer J., 1998 - Relationships between charcoal particles in air and sediments in west-central Siberia. The Holocene 8, 19–29.

Cevasco R., 2012 - Archeologia dei versanti montani: L'uso di fonti multiple nella ricerca geografica. In: Dai Pr`a, E., (Ed.), Approcci Geo-storici E Governo Del Territorio. Scenari Nazionali Ed Internazionali. Franco Angeli, Milano, 361–375.

Cevasco R., Poggi G., 2000 - L'Alpe, l'arbre et le lait. Pour une valorisation environnementale et culturelle des produits de terroir de la montagne ligure (Italie). Sud-Ouest européen 7, 35-48.

Chouquer G., 2003 – Françoise Burel et Jacques Baudry, Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Études rurales 167-168, 329-333.

Compostella C., Trombino L., Caccianiga M., 2013 - Late Holocene soil evolution and treeline fluctuations in the Northern Apennines. Quat. Int. 289, 46–59.

Cottet M., 2019 - Avec la contribution de : Malou Allagnat, Émilie Genelot et Julien Rodriguez, « Notion en débat : paysage», Géoconfluences, <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/a-la-une/notion-a-la-une/paysage>.

Cremaschi M., Biagi P., Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Rodolfi G., Castelletti L., Leoni L., 1984 - Il sito mesolitico di Monte Bagioletto (Appennino Reggiano) nel quadro delle variazioni ambientali oloceniche dell'Appennino Tosco-Emiliano. Emilia Prerom. 9 (10), 11–46.

Cremaschi M., Dall'Aglio P., 1988 - Il popolamento antico. In: Carton, A., Panizza, M. (Eds.), Il paesaggio fisico dell'alto Appennino Emiliano – Studio geomorfologico per l'individuazione di un'area da istituire a parco. Casalecchio di Reno, Grafis, 167–174.

Cubizolle H., Argant J., Fasson F., Latour-Argant C., Deng-Amiot Y., Dietre B., 2014 - L'histoire de la végétation depuis la fin du tardiglaciaire et l'évolution de l'emprise humaine à partir du milieu de l'holocène dans le Massif Central oriental (France). Quaternaire 25 (3), 209–236.

Cubizolle H., Georges V., Argant J., 2004 - Changements environnementaux et sociétés humaines dans les moyennes montagnes granitiques du Massif Central oriental au cours de l'Holocène: les enseignements tirés du croisement des données géomorphologiques, palynologiques et archéologiques. ArchéoSciences, Revue d'Archéométrie 28, 57–70.

Cubizolle H., Latour-Argant C., Delachanal S., Argant J., Dendievel A.M., Dietre B., Thiebaud G., Galet P., 2016 - Développement de l'emprise agro-pastorale et changements hydro-pédologiques à

l'Holocène récent : l'exemple de la vallée du ruisseau des barges dans le Massif Central oriental (France). *Quaternaire* 27 (2), 91–109.

Cunill Artigas R., 2010 - *Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit superior del bosc durant el període holocènic a la zona de Plaús de Boldís-Montarenyo, Pirineu central català. Pedoantracologia, palinologia, carbons sedimentaris i fonts documentals*. Thesis de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona.

Cunill R., Soriano J.M., Bal M.Cl., Pèlachs A., Rodriguez JM., Pérez-Obiol R., 2013 - Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: a pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quaternary International* 289, 60-70.

Davasse B., 2000 - Forêts, charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'Est du Moyen-âge à nos jours. Une approche géographique de l'histoire de l'environnement. Thèse de géographie. Université de Toulouse 2, 287 p.

David C.W., Sanderson Simon Murphy, 2010 - Using simple portable OSL measurements and laboratory characterisation to help understand complex and heterogeneous sediment sequences for luminescence dating, *Quaternary Geochronology*, Vol. 5, Issues 2–3, 299-305, <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2009.02.001>.

Davite C., Moreno D., 1996 - Des "Saltus" aux "Alpes" dans les Apennins du Nord (Italie). Une hypothèse sur la phase du haut Moyen Age (560-680 av. J.-C.) dans le diagramme pollinique du site de Prato Spilla. In : L'homme et la nature au Moyen Âge. Paléoenvironnement des sociétés occidentales. Actes du Ve Congrès international d'Archéologie Médiévale. 6-9 octobre 1993, Grenoble, 138-142. Société d'Archéologie Médiévale, Caen.

Davodeau Hervé, 2013 - Le paysage a-t-il imposé sa loi ?, Introduction au numéro thématique n°9, projets de paysages.

Davodeau H. & Toublanc M., 2010 - Le paysage outil, les outils du paysage : Principes et méthodes de la médiation paysagère. Co-construction ou construction en commun d'Objectifs collectifs, oct. 2010, Montpellier, France, 375-391/436. hal-00788155.

Debarbieux B., 2008 – Construits identitaires et imaginaires de la territorialité : variations autour de la figure du « montagnard ». *Revue Annales de géographie*, 2, n° 660-661, 90-115.

Debrie J., d'Hévin S. & Wendling C., 2020 - Prospective et projet de territoires : quels dispositifs et méthodologies interdisciplinaires ? Dans : Isabelle Laudier éd., *Prospective et co-construction des territoires au XXIe siècle*. Hermann, 253-265. <https://doi.org/10.3917/herm.laudi.2020.01.0255>.

Debussche M., Lepart J. & Dervieux A., 1999 - Mediterranean landscape changes: Evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography* 8(1), 3-15.

Deffontaines N., 2014 - La souffrance sociale chez les agriculteurs », *Études rurales* 193, 13-24. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.9988>.

Delfosse C., Estève C., & Rieutort L., 2019 - Chapitre 8. La laine, du sous-produit à la ressource territoriale ? In *Humains et animaux dans les agricultures alternatives*. p. 139156. Educagri Éditions; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/edagri.vanda.2019.01.0139>.

- Descola Ph., 2002 – L'anthropologie de la nature. *In* Annales. Histoire, Sciences Sociales, 57^e année, Editions de l'EHESS, 9-25.
- Descola Ph. & Pignocchi A., 2022 – Ethnographies des mondes à venir. Paris, Eds. Seuil, 176 p.
- Desrivierre D., 2017 - D'ici 2050, la population augmenterait dans toutes les régions de métropole. Insee Première, n° 1652.
- Dhar A., Ruprecht H., Klumpp R., Vacik H., 2007 - Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *J. For. Res.* 18, 181–186.
- Digard J.P., 2000 - Jean-Marc Moriceau, L'élevage sous l'Ancien Régime. Paris, SEDES, 1998 (« Regards sur l'Histoire : Histoire moderne. Jean-Marc Moriceau, La terre et les paysans aux XVII^e et XVIII^e siècles. France et Grande-Bretagne. Guide d'histoire agraire. Rennes, Presses universitaires de Rennes, 1999 (« Bibliothèque d'Histoire rurale »). », *Études rurales*, 153-154.
- Domínguez P., 2020 - Sinjajevina, a millenary mediterranean socio-ecosystem. Moulin C. (Ed.). *Explorations de Mistrals en Méditerranée*, CNRS Editions, 38-39.
- Donadieu, P., 2007 - Le paysage: Un paradigme de médiation entre l'espace et la société ?. *Économie rurale*, 297-298, 5-9. <https://doi.org/10.4000/economierurale.1916>.
- Dorado-Valiño M., Valdeolmillos A., Ruiz-Zapata B., 2001. Actividad humana y dinámica de la vegetación en la Sierra de Ávila (Sistema Central Español) desde el Bronce Medio. *Polen* 11, 39–49.
- Dubertrand B., 2018 - Au fond de la montagne...l'utopie : expériences alternatives contemporaines dans la moyenne montagne ariègeoise. *In* Montagnes en mouvements. Dynamiques territoriales et innovation sociale (ouvrage dirigé par Marie-Christine Fourny), PUG et UGA Editions.
- Dubois C., 1991 - Service régional d'Archéologie de Midi-Pyrénées, Paléo-sidérurgie et charbonnières anciennes. Forêt royale de Lercoul (Ariège). Rapport association PIRENE.
- Ducci F., Proietti R., Favre J., 1998 - Le genre *Abies* en Italie: Ecologie générale, gestion sylvicole et ressources génétiques. *Forêt Méditerranéenne* XIX. 153–164.
- Duché Y., 1998 - Formation des responsables de chantiers de brûlage dirigé. *Pastum*, N° spécial "Brûlage dirigé", 119-120.
- Duchêne-Lacroix C., 2013 - Éléments pour une typologie des pratiques plurirésidentielles et d'un habiter multilocal. *e-Migrinter*, 11, <https://doi.org/10.4000/e-migrinter.323>.
- Durand A., 2003 - Les paysages médiévaux du Languedoc (Xe-XIII^e siècles). Presses Universitaires du Mirail, Toulouse.
- Ertlen D., Schwartz D., Brunet D., Trendel J.-M., Adam P., Schaeffer P., 2015. Qualitative near infrared spectroscopy, a new tool to recognize past vegetation signature in soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 82, 127-134.
- Espuny C.P, Catellani A., 2020 - Environnement, nature et communication à l'ère de l'anthropocène, *Revue française des sciences de l'information et de la communication*. <http://journals.openedition.org/rfsic/9299> ; <https://doi.org/10.4000/rfsic.9299>.

- Faure E., 2012 - "Hautes terres". L'anthropisation des monts d'Aubrac et du Lévezou (Massif Central, France) durant l'Holocène. Approche palynologique des dynamiques socio-environnementales en moyenne montagne. Doctoral dissertation. Université de Toulouse 2 Le Mirail.
- Font Tullot I., 1983 - Atlas climático de España. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones, Madrid, p. 43.
- Forman R.T.T. & Godron M., 1986 - Landscape Ecology. John Wiley & Sons, 620 p.
- Fourny M.Ch., 2018 – Montagnes en mouvements, Dynamiques territoriales et innovation sociale. Presses universitaires de Grenoble, 218 p.
- Franco-Múgica F., 1995 - *Estudio palinológico de turberas holocenas en el Sistema Central: reconstrucción paisajística y acción antrópica* (PhD Thesis). Facultad de Ciencias, sección Biología, Universidad Autónoma de Madrid, p. 391.
- Franco-Múgica F., García-Antón M., Sainz-Ollero H., 1997 - Impacto antrópico y dinámica de la vegetación durante los últimos 2000 años BP en la vertiente septentrional de la Sierra de Gredos: Navarredonda (Ávila, España). *Rév. Paléobiol. Genève* 16 (1), 29-45.
- Fruhauf C., 1980 - *Forêt et société, de la forêt paysanne à la forêt capitaliste en Pays de Sault sous l'ancien régime (vers 1670 - 1791)*. Paris : C.N.R.S eds, 300 p.
- Galop D., 1998 - *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées, 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*. Université de Toulouse 2, 285 p.
- García-Álvarez S., Bal M.Cl., Allée Ph., García-Amorena I., Rubiales J.M., 2017 - Holocene treeline history in a cultural landscape inferred from soil charcoal: the case of Sierra de Gredos (Iberian Central System, SW Europe). *Quaternary International*, vol. 457, 85-98.
- García-Ruiz J.M., Beguería S., Alatorre L.C., Puigdefábregas J., 2010. Land cover changes and shallow landsliding in the flysch sector of the Spanish Pyrenees. *Geomorphology* 124, 250–259.
- García-Ruiz J.M., Tomás-Faci G., Diarte-Blasco P., Montes L., Domingo R., Sebastián M., Lasanta T., González-Sampériz P., López-Moreno J.I., Arnáez J., Beguería S., 2020 - Transhumance and long-term deforestation in the subalpine belt of the central Spanish Pyrenees: an interdisciplinary approach. *Catena* 195, 104744. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104744>.
- Gerbaux F., 1989 - La montagne comme lieu de la complexité. In: *Revue de géographie alpine*, tome 77, n°1-3, 307-323. <https://doi.org/10.3406/rga.1989.2750>.
- Geri A., 1992 - Il Corno Alle Scale, il parco e dintorni: Accessi, itinerari ad anelli, trekking. Grafis, Casalecchio di Reno.
- Giordani N., 2006 - L'Appennino modenese in et`a romana. In: Cardarelli, A., Malnati, L. (Eds.), *Atlante dei beni archeologici della provincia di Modena – Volume II – Montagna*. All'Insegna del Giglio, Florence.
- Gløersen E., Price M., Aalbu H., Stucki E., Roque O., Schuler M., Perlik M., 2004 - Mountain Areas in Europe: Analysis of Mountain Areas in EU Member States, Acceding and other European Countries. Nordregio, Nordic Centre for Spatial Development.

Goepp S., 2007 - *Origine, histoire et dynamique des Hautes-Chaumes du massif vosgien. Déterminismes environnementaux et actions de l'Homme*. Doctorat de géographie, Université de Strasbourg, 285 p.

Goldberg E., Kirby K., Hall J., Latham J., 2007 - The ancient woodland concept as a practical conservation tool in Great Britain. *J. Nat. Conserv.* 15, 109–119.

Graham N.E., Ammann C.M., Fleitmann D., Cobb K.M. and Luterbacher J., 2011 - Support for global climate reorganization during the “medieval climate anomaly”. *Clim. Dyn.* 37, 1217–1245.

Guilliot C., 2001 - Actions anthropiques sur la végétation de la tourbière des Narses Mortes (Massif Central, France): Recherches pollen-analytiques sur l’impact de la métallurgie du plomb-argentifère depuis le Moyen Âge. Aix Marseille III Université. Postgraduate dissertation.

Gumuchian H., 2001 - Sens et enjeux dans les montagnes méditerranéennes. *Revue de Géographie Alpine* 89-2, 146-147.

Hélas J.-C., 1979 - Les paysages gevaudanais du XVème siècle: L'apport des terriers. *In: Actes des congrès de la Société des historiens médiévistes de l’enseignement supérieur public*. Lille, 233–246.

Iszkulo G., Boratynski A., Didukh Y., Romaschenko K., Pryazhko N., 2005 - Changes of population structure of *Taxus baccata* during 25 years in protected area (the Carpathian Mountains, East Ukraine). *Polish J. Ecol.* 53, 13–23.

Iversen J., 1956. Forest clearance in the Stone Age. *Sci. Am.* 194, 36–41.

Joët, N., 2022 - Sinjajevina, Taking care of the commons ». Master 2 Ethno-agronomie dir. Par P. Dominguez, S. Kapetanovic et R. Benos, GEODE, 100 p.

Joliveau Th., Michelin Y. et Ballester P., 2008 - Éléments de méthode pour une médiation paysagère dans un contexte rural, dans Brossard Thierry et Wieber, Jean-Claude (dir.), *Paysage et information géographique*. Lavoisier, Paris, 257-285.

Jones MW., Abatzoglou JT., Veraverbeke S., Andela N., Lasslop G., Forkel M., Smith AJP., Burton C., Betts RA., van der Werf GR., Sitch S., Canadell JG., Santín C., Kolden C., Doerr SH., Le Quéré C., 2022 - Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics* 60, e2020RG000726.

Keller B., Herrault P.A., Schwartz D., Rixhon G., Ertlen D., 2023 - Spatio-temporal dynamics of forest ecosystems revealed by the LiDAR-based characterization of medieval field systems (Vosges Mountains, France), *Anthropocene*, Vol. 42, 100374. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2023.100374>.

Laković I, Kapetanović A, Pelcer-Vujačić O, Koprivica T., 2020 - Endangered Mediterranean Mountain Heritage—Case Study of katuns at the Kuči Mountain in Montenegro. *Land* 9(8):248. <https://doi.org/10.3390/land9080248>

Laurent S., 2005 - Mines et métallurgie du plomb argentifère sur le Mont Lozère au Moyen Âge, *Maîtrise de l’université de Lyon 2*.

Leclerc C., Courchamp F., Bellard C., 2020a - Future climate change vulnerability of endemic island mammals. *Nat Commun* 11, 4943. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18740-x>.

Leclerc C., Villéger S., Marino C., Béllard C., 2020b - Global changes threaten functional and taxonomic diversity of insular species worldwide. *Biodiversity Research*, 26 (4). DOI:10.1111/ddi.13024.

Lespez L., 2013 – Les temps de l’environnement et des paysages des systèmes fluviaux au cours de l’Holocène. Normandie, Grèce, Mali. *Environnement et Société*. Université de Caen, Mémoire d’HDR. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00818525>.

Lespez L., 2020 - Chapitre 8. La géoarchéologie, la nature des sociétés du passé. *In* : Simon Dufour éd., *Géographie de l'environnement: La nature au temps de l'anthropocène* (107-121). Paris: Armand Colin. <https://doi.org/10.3917/arco.dufou.2020.01.0107>

Linares J.C., 2013 - Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., *Taxaceae*). *For. Ecol. Manage.* 291, 119–127.

López-Merino L., López-Sáez J.A., Alba-Sánchez F., Pérez-Díaz S., Carrión J.S., 2009 - 2000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 158 (1–2), 42–51.

Loubignac F. 2015 - Saint-Rémy – Les Fonts », ADLFI. *Archéologie de la France - Informations*, Limousin, <http://journals.openedition.org/adlfi/16149>.

Luginbühl Y., 2001 - La demande sociale de paysage, Rapport remis au Conseil national du paysage, Ministère de l’environnement et de l’aménagement du territoire, 17 p.

Lynch J.A., Clark J.S. and Stocks B.J., 2004 - Charcoal production, dispersal, and deposition from the Fort Providence experimental fire: interpreting fire regimes from charcoal records in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 1642–1656.

Magny M., 2004 - Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quat. Int.* 113, 65–79.

Magny M., Combourieu-Nebout N., de Beaulieu J.L., Bout-Roumazielles V., Colombaroli D., Desprat S., Francke A., Joannin S., Ortu E., Peyron O., Revel, M., Sadori L., Siani G., Sicre M.A., Samartin S., Simonneau, A., Tinner W., Vanniere B., Wagner B., Zanchetta G., Anselmetti F., Brugiapaglia E., Chapron E., Debret M., Desmet M., Didier J., Essallami L., Galop D., Gilli A., Haas J.N., Kallel N., Millet L., Stock A., Turon J.L. and Wirth S., 2013 - North-south palaeohydrological contrasts in the central Mediterranean during the Holocene: tentative synthesis and working hypotheses. *Clim. Past* 9, 2043–2071.

Magny M. & Haas, J.N., 2004 - A major widespread climatic change around 5300 cal. yr BP at the time of the Alpine Iceman. *J. Quat. Sci.* 19, 423–430.

Magny M., Leuzinger U., Bortenschlager S., Haas J.N., 2006 - Tripartite climate reversal in Central Europe 5600–5300 years ago. *Quat. Res.* 65, 3–19.

Marquer L., Mazier F., Sugita S., Galop D., Houet T., Faure E., Gailalrd M.J., Haunold S., de Munnik N., Simonneau A., De Vleeschouwer F. Le Roux G., 2020 - Pollen-based reconstruction of Holocene land-cover in mountain regions: Evaluation of the Landscape Reconstruction Algorithm in the Vicdessos valley, northern Pyrenees, France. *Quarter. Sc. Reviews*, Elsevier, 228, 106049. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106049>

Martin C., Menot G., Thouveny N., Peyron O., Andrieu-Ponel V., Montade V., Davtian N., Reille M., Bard E., 2020 - Early Holocene Thermal Maximum recorded by branched tetraethers and pollen in Western Europe (Massif Central, France). *Quaternary Science Reviews* 228, 106109.

Marty P., Lepart J., Caplat P., 2006 - Géographie et écologie des paysages : quelles relations ? *In*: Bulletin de l'Association de géographes français, 83^e année. L'espace méditerranéen : interface ou espace intermédiaire ? / Le géographe, l'écologie et la protection de la nature. 355-367. Doi : <https://doi.org/10.3406/bagf.2006.2521>.

Mendras H. 1992 - [1967] La fin des paysans – Arles : Actes sud.

Métaillié J.P., 1998 - Le « savoir-brûler » dans les Pyrénées : de « l'écobuage » au « brûlage dirigé », la transformation d'une pratique traditionnelle en outil de gestion de l'espace. *In* Monde rural et histoire des sciences en méditerranée, Dir Aline Rousselle, Presses universitaires de Perpignan, 165-179.

Métaillié J.P. & Faerber J., 2003 - Quinze années de gestion des feux pastoraux dans les Pyrénées : du blocage à la concertation. *In* *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen*, 16, 37-51.

Minovez J.M., 2009 - Industrialisation et désindustrialisation dans l'industrie lainière française entre 1974 et 1984. *In* 1974-1984, une décennie de désindustrialisation ? p. 205-216. Picard; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/pica.stosk.2009.01.0205>.

Minovez J-M., 2012 - L'industrie invisible : les draperies du Midi, XVIIe-XXe siècles. Essai sur l'originalité d'une trajectoire, Paris, CNRS éditions, 584 p.

Minovez J.M., 2019 - La désindustrialisation en longue durée. 20 & 21. *Revue d'histoire*, N°144(4), 18. <https://doi.org/10.3917/vin.144.0018>.

Miras Y., 2004 - *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats: approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux*. Humanities and Social Sciences. Doctoral thesis, University of Franche-Comté, Besançon, 301 p.

Miras Y., Guenet P., Richard H., 2011 - Holocene vegetation, landscape and reconstruction of human activity from prehistory to the roman period based on new pollen data performed in "the plateau de Millevaches" (Limousin, Massif central, France). *Quaternaire* 22/2, 147–164.

Monsalvo J.M., 2003 - Frontera pionera, monarquía en expansión y formación de los concejos de villa y tierra. Relaciones de poder en el realengo concejil entre el Duero y el Tajo (c. 1072–c. 1222). *Arqueol. Territ. Med.* 10, 45–126.

Montserrat J., 1992 - Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio palinológico. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza.

Moossen H., Bendle J., Seki O., Quillmann U., Kawamura K., 2015 - North Atlantic Holocene climate evolution recorded by high-resolution terrestrial and marine biomarker records. *Quat. Sci. Rev.* 129, 111–127.

Morales-Molino C., Steffen M., Samartin S., N.van Leeuwen J.F., Hürlimann D., Vescovi E., Tinner W., 2021 - Long-Term Responses of Mediterranean Mountain Forests to Climate Change, Fire and Human

Activities in the Northern Apennines (Italy). *Ecosystems* 24, 1361–1377.
<https://doi.org/10.1007/s10021-020-00587-4>.

Naveh Z. & Lieberman A.S., 1994 - Landscape ecology: theory and application. Eds. New York : Springer-Verlag, 360 p.

Nicolas F. & Doré A., 2023 - L'élevage extensif face à la prédation : le loup comme amplificateur de vulnérabilités. *In* Joly Nathalie, Dupré Lucie et Petit Sandrine, D'une agriculture à l'autre. Conflictualités, expérimentations, transmissions. Quae, educagri éditions, 45-56.

Ninyerola M., Pons X., Roure J.M., 2005 - Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra. ISBN: 932860-8-7.

Ohlson M., Tryterud E., 2000 - Interpretation of the charcoal record in forest soils: forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal. *The Holocene* 10, 519–525.

Pacifici M. et al., 2015 - Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change*, n°5, 215-224.

Palet J.M. & Orengo H., 2011 - Rapport intermédiaire et final. *In*: PCR « Lozère » Dir by Allée and Bal.

Palet J.M. & Orengo H., 2012 - Rapport intermédiaire et final. *In*: PCR « Lozère » Dir by Allée and Bal.

Paradis-Grenouillet S., 2012 - *Etudier les forêts métallurgiques : analyses dendrochronologiques et approches géohistoriques*. Thèse de Géographie. Université de Limoges.

Pei Q., Zhang D.D., Li J., Lee H.F., 2017 - Proxy-based northern hemisphere temperature reconstruction for the mid-to-late Holocene. *Theor. Appl. Climatol.* 130, 1043–1053.

Perlik M., 2015 - Les territoires de montagne comme fournisseurs mondiaux de ressources : nouvelles formes de disparités entre montagnes et pôles métropolitains. *Journal of Alpine Research. Revue de géographie alpine*, 103-3.

Perlik M., 2018 – Innovations sociales en montagne : au-delà de l'ingénierie sociale, une véritable force transformatrice ? *In* Montagnes en mouvements, Dynamiques territoriales et innovation sociale. *Dir.* Marie-Christine Fourny, Presses universitaires de Grenoble, 218 p.

Pesquidoux (de) J., 1925 - Le Livre de raison. Plon-Nourrit et Cie (12^e ed.), 242 p.

Petit L., 2021 - Les sciences humaines et sociales (SHS) et les sciences de l'information et de la communication (SIC) aux défis de l'IA. *Communication, technologies et développement*. URL : <http://journals.openedition.org/ctd/4475>. DOI : <https://doi.org/10.4000/ctd.4475>

Petite M. & Debarbieux B., 2013 - Habite-t-on des catégories géographiques ? La ville, la campagne et la montagne dans les récits de trajectoires biographiques. *Annales de géographie, Armand Colin*, 5 n° 693, 483-501. DOI10.3917/ag.693.0483.

Pignatti S., Guarino R., La Rosa M., 2017 - Flora d'Italia, second ed. Edagricole, Bologna.

- Piovesan G., Presutti Saba E., Biondi F., Alessandrini A., Di Filippo A., Schirone B., 2009 - Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecol.* 205, 23–46.
- Plancher C., Galop D., Houet T., Lerigoleur E., Marquer L., Sugita S., Mazier F., 2022 - Spatial and temporal patterns of upland vegetation over the last 200 years in the northern pyrenees: Example from the Bassiès valley, Ariège, France. *Quaternary Science Reviews*, Elsevier, 294, (10.1016/j.quascirev.2022.107753)
- Ploquin A., Allée Ph., Bailly-Maître M.-Ch., Baron S., Beaulieu J.-L. de, Carignan J., Laurent S., Lavoie M., Mahé Le Carlier C., Peytavin J. et Pulido M., 2003a - Le plomb argentifère ancien du Mont-Lozère (48) : à la recherche des mines, des minerais et des ateliers, des paysages et des hommes. *Bulletin du Centre d'Études et de Recherches Littéraires et Scientifiques de Mende* 22, 47-52.
- Ploquin A., Allée Ph., Bailly-Maître M.-Ch., Baron S., Beaulieu J.-L. de, Carignan J., Laurent S., Lavoie M., Mahé Le Carlier C., Peytavin J., Pulido M., 2003b - Medieval lead smelting on the Mont-Lozère, Southern France. *International Conference in Archaeometallurgy in Europe* 1, 635-644.
- Poche B. & Zuanon J.P., 1985 – La spécificité alpine. Actes du XIe colloque du C.H.R.I.P.A., Université des sciences sociales, Grenoble, 5-22.
- Porat et al., 2019 - Using portable OSL reader to obtain a time scale for soil accumulation and erosion in archaeological terraces, the Judean Highlands, Israel. *Quaternary Geochronology*, 49, 67-70.
- Poschold P., 2015 - The Origin and Development of the Central European Man-made Landscape, Habitat and Species Diversity as Affected by Climate and its Changes – a Review. *Interdisciplinaria Archaeologica Natural Sciences in Archaeology* VI (2), 197–221.
- Poublanc S., 2019 – Les forêts du midi décrites comme dévastées au XVIIIe siècle sont-elles une construction culturelle? *In Histoire & Sociétés Rurales*, Eds. Association d'histoire des sociétés rurales, vol. 52, 39-66.
- Pulido M., 2006 - Conséquences de l'anthropisation sur la dynamique post-glaciaire de la végétation dans le sud du massif central, France. Ph.D. Thesis. Université Paul Cézanne Aix Marseille.
- Py V., Fouedjeu Fomou L., Burri B., Saulnier M., Labbas V., Paradis S., Cunill Artigas R., Larrieu L., Lejay M., Buscaino S., Métaillé J.-P., 2020 - De Fodyna à Transylve: Autres regards sur les forêts des Pyrénées ariégeoises. *Ohmpyr 2020: Séminaire de restitution des projets 2018-2019 de l'OHM Pyrénées Haut Vicdessos 2020*, CNRS UMR 5602 GEODE, Toulouse, France.
- Reille M., 1988 - Analyse pollinique de la tourbière des Nassettes, mont Lozère (France). Réponse à quelques questions biogéographiques. *Revue du Gévaudan* 2, 3–4.
- Reille M., 1990 - Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS, Paris.
- Rendu C., 2001 - Fouiller des cabanes de bergers : pour quoi faire ?, In J. Guilaine (dir.), *La très longue durée*, *Etudes Rurales* 153-154, 151-176.
- Rendu C., 2003 - La montagne d'Enveig, une estive pyrénéenne dans la longue durée. *Canet : Trabucaire* eds, 242 p.

Rieutort L., 2006 - Transhumance et gestion des territoires montagnards : l'exemple des hautes terres lozériennes. In *Transhumance et estivage en Occident, des origines à nos jours*, Flaran, PUM, 367-384.

Rigolot E., 1998 – Le réseau national des équipes de brûlage dirigé. *Pastum* 51-52, n° spécial « Brûlages dirigés », 113-118.

Rigolot E., Dupuy J.L., Pimont F., Ruffault J. 2020 - Les incendies de forêt catastrophiques. In *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*. DOI: 10.3917/re1.098.0029.

Robin V., 2020 - Etude des trajectoires écologiques des socio-écosystèmes : vers des approches rétro-fonctionnelles intégrées. Mémoire d'HDR. Université de Lorraine, 130 p.

Robin V., Talon B., Nelle O., 2013a - Pedoanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quaternary International* 289, 5–15.

Robin V., Knapp H., Bork H.-R., Nelle O., 2013b - Complementary use of pedoanthracology and peat macro-charcoal analysis for fire history assessment: Illustration from Central Germany. *Quaternary International* 289, 78–87.

Rombaldi O. & Cenci A., 2013 - Le Montagne Del Duca. L'appenninio Estense Delle Antiche Province Di Modena, Reggio, Frignano, Garfagnana E Massa Carrara Dall'ancien Regime All'unità D'italia. Reggio Emilia: Antiche Porte.

Rubiales J.M., García-Amorena I., Genova M., Gomez Manzaneque F., Morla C., 2007 - The Holocene history of highland pine forests in a submediterranean mountain: the case of Gredos Mountain Range (Iberian Central Range, Spain). *Quat. Sci. Rev.* 26 (13-14), 1759-1770.

Rubiales J.M. & Génova M., 2015 - Late Holocene pinewoods persistence in the Gredos Mountains (central Spain) inferred from extensive megafossil evidence. *Quat.Res.* 84 (1), 12-20.

Ruprecht H., Dhar A., Aigner B., Oitzinger G., Klumpp R., Vacik H., 2010 - Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *Eur. J. For. Res.* 129, 189–198. <https://doi.org/10.1007/s10342-009-0312-4>.

San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A., Tinner W., Ballian D., Beck P., Birks H.J.B., Eaton E., Enescu C.M., Pasta S., Popescu I., Ravazzi C., Welk E., Abad Viñas R., Azevedo J.C., Barbati A., Barredo J.I., Benham S.E., Boca R., Bosco C., Caldeira M.C., Cerasoli S., Chirici G., Cierjacks A., Conedera M., Da Ronch F., Di Leo M., García-Viñas J.I., Gastón González A., Giannetti F., Guerrero Hue N., Guerrero Maldonado N., López M.J., Jonsson R., Krebs P., Magni D., Mubareka S., Mulhern G., Nieto Quintano P., Oliveira S., Pereira J.S., Pividori M., Rätty M., Rinaldi F., Saura S., Sikkema R., Sitzia T., Strona G., Vidal C., Vilar L., Zecchin B., 2016 - European atlas of forest tree species. Publication Office of the European Union, Luxembourg.

Santa Regina I., Leonardi S., Hanchi A., Tarazona T., Rapp M., 1999 - Production and turnover of organic matter in three southern European *Fagus sylvatica* L. stands. *Pirineos* 153-154, 3-19.

Sauret N., 2022 - Intelligence artificielle & Sciences humaines et sociales (SHS) : opportunités, défis et perspectives. *I2D - Information, données & documents*, 1, 97-103. <https://doi.org/10.3917/i2d.221.0097>

Schnitzler A., 2014 – « Toward a New European wilderness: Embracing Unmanaged Forest Growth and the Decolonisation of Nature », *Landscape and Urban Planning*, vol. 126, 74-80 [10.1016/j.landurbplan.2014.02.011](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.011).

Schwartz D., Robin V., Adam P., Schaeffer P., Gebhardt A., Herrault P.A., Keller B., Dapiaggi D., Stevenel C., Thiss M., Trautmann M. & Ertlen D., 2020 - Les géosciences au service de l'archéologie agraire. Une étude de cas sur les rideaux de culture de Goldbach (68). *Archimède : archéologie et histoire ancienne*, 7, 205-216. [ff10.47245/archimede.0007.act.08ff](https://doi.org/10.47245/archimede.0007.act.08ff). [ffhalshs-02893674f](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02893674f).

Schwartz D., Froehlicher L., Vorburger F., 2019 - Rideaux de culture et paysages de haies dans les vallées alsaciennes à la fin des époques médiévales: de la reconstitution des espaces au questionnement chronologique par l'iconographie. In: Valette, P. Carozza, J.-M. (Eds.), *Géohistoire de l'environnement et des paysages*. CNRS éditions, 57–74.

Schweingruber F.H., 1990 – Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of european woods. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. Bern und Stuttgart: Haupt, 800 p.

Serranito B., Cavalazzi M., Vidal P., Taurisson-Mouret D., Ciani E., Bal MCl., Rouvellac R., Servin B., Moreno-Romieux C., Tosser-Klopp G., Lenstra H., Pompanon F., Benjelloun B., Da Silva A., 2021 - Local adaptations of Mediterranean small ruminants through an integrative approach. *Sci Rep* 11, 21363. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00682-z>.

Servera-Vives G., 2014 - *Dynamique holocène du paysage et mobilités des pratiques territoriales au mont Lozère massif central: approche paléoenvironnementale multi-indicateurs à haute résolution spatio-temporelle*. PhD. Université de Limoges, 312p.

Sgard A., 2010 - Le paysage dans l'action publique : du patrimoine au bien commun », *Développement durable et territoires*, vol. 1, nc 2, <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.8565>.

Sorre M., 1928 - Paysages méditerranéens français, *Bulletin de la Société de géographie de Lille*, vol. 70, 199-206.

Stagno A.M., 2016 - Seasonal settlements and husbandry resources in the Ligurian Apennines (17th–20th centuries). In: Collis, J., Pearce, M., Nicolis, F. (Eds.), *Summer Farms: Seasonal Exploitation of the Uplands from Prehistory to the Present*. Collis Publications, Sheffield, 73–96.

Surmely F., Miras Y., Guenet P., Tzortzis S., Savignat A., Nicolas V., Vannièrè, B., Walter-Simonnet A.V., 2009 - Occupation and land use history of a medium mountain from the Mid-Holocene: a pluridisciplinary study performed in the south Cantal (French Central Massif). *C.R. Palevol* 737–748.

Syphard A.D., Rustigian-Romsos H., Mann M., Conlisk E., Moritz M.A., Ackerly D., 2019 - The relative influence of climate and housing development on current and projected future fire patterns and structure loss across three California landscapes. *Global Environmental Change*, Volume 56, 41-55. ISSN 0959-3780, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.007>.

Talon B., 1997. – *Evolution des zones supra-forestières des Alpes sud-occidentales françaises au cours de l'Holocène. Analyse pédoanthracologique*. Thèse de 3e cycle. Université d'Aix-Marseille III, 244 p.

Talon, B., 2010 - Reconstruction of Holocene high-altitude vegetation cover in the French Southern Alps: evidence from soil charcoal. *The Holocene* 20 (1), 35–44.

- Talon B., Carcaillet C., Thinin M., 1998 - Etudes pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises. *Géog. Phys. Quatern.* 52 (2), 1–14.
- Tanguy J.M. & Charreyron-Perchet A., 2013 – La résilience territoriale : un premier diagnostic. *Responsabilité & Environnement*, N°72, 32-36.
- Thinon M., 1978 – La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le Néolithique. *Compte rendu académie des sciences, Paris*, 287, série D, 1203-1205.
- Thinon M., 1992. – *L'analyse pédoanthracologique, aspects méthodologiques et applications*. Thèse ès sciences, Université d'Aix Marseille III, 315 p.
- Thomas P.A., Polwart A., 2003 - *Taxus baccata* L. biological flora of the British Isles 229. *J. Ecol.* 91, 489–524.
- Tinner W., Colombaroli D., Heiri O., Henne P.D., Steinacher M., Untenecker J., Vescovi E., Allen J.R.M., Carraro G., Conedera M., Joos F., Lotter A.F., Luterbacher J., Smartin S., Valsecchi V., 2013 - The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecol. Monogr.* 83 (4), 419–439.
- Tittensor R.M., 1980 - Ecological history of yew *Taxus baccata* L. in Southern England. *Biol. Conserv.* 17, 243–265.
- Tomaselli M, Del Prete C, Manzini ML. 1996 - Parco Regionale Dell'alto Appennino Modenese: L'ambiente Vegetale. Bologna: Regione Emilia-Romagna.
- Tositti L, Brattich E, Cinelli G et al. 2014 - 12 years of ⁷Be and ²¹⁰Pb in Mt. Cimone, and their correlation with meteorological parameters. *Atmospheric Environment* 87, 108–122.
- Izard V., 1999 - *Les montagnes du fer : éco-histoire de la métallurgie et des forêts dans les Pyrénées méditerranéennes (de l'Antiquité à nos jours) : pour une histoire de l'environnement*. Thèse de doctorat Géographie Toulouse 2, 521 p.
- Vallauri D., Grel A., Granier E., Dupouey J.L., 2012 - Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 pp + CD.
- Van Geel B., Buurman J., Waterbolk H.T., 1996 - Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP. *Journal of Quaternary Science* 11, 451-460.
- Van Geel B., Raspopov O.M., Renssen H., van der Plicht J., Dergachev V.A., Meijer H.A.J., 1999 - The role of solar forcing upon climate change. *Quaternary Science Reviews* 18, 331-338.
- Vannièrè B., Power M.J., Roberts N., Tinner W., Carrion J., Magny M., Bartlein P., Colombaroli D., Daniau A.L., Finsinger W., Gil-Romera G., Kaltenrieder P., Pini R., Sadori L., Turner R., Valsecchi V., Vescovi E., 2011 - Circum-Mediterranean fire activity and climate changes during the mid-Holocene environmental transition (8500–2500 cal. BP). *Holocene* 21 (1), 53–73.

Vennetier M., Vila B., Liang E., Guibal F., Ripert Ch., Chandioux O., 2006 - Les changements climatiques modifient l'équilibre pin sylvestre/pin d'Alep / Climate changes shift the balance between Aleppo pine and Scots pine. *Forêt-Entreprise*, 169, 47-51.

Vescovi E., Ammann B., Ravazzi C., Tinner W., 2010a - A new Late-glacial and Holocene record of vegetation and fire history from Lago del Greppo, northern Apennines, Italy. *Vegetation History and Archaeobotany*, 19, 219-233.

Vescovi E., Kaltenrieder P., Tinner W., 2010b - Late-Glacial and Holocene vegetation history of Pavullo nel Frignano (Northern Apennines, Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160, 32-45.

Vidal de la Blache P., 1903, « La Géographie humaine : ses rapports avec la géographie de la vie », *Revue de synthèse historique*, n° 7, 222 et 224.

Vollweiler N., Scholz D., Mühlinghaus C., Mangini A., Spötl C., 2006 - A precisely dated climate record for the last 9 kyr from three high alpine stalagmites, Spannagel Cave, Austria. *Geophys. Res. Lett.* 33, L20703.

Walsh K., Richer S., de Beaulieu J.-L., 2006 - Attitudes to altitude: changing meanings and perceptions within a 'marginal' Alpine landscape - the integration of palaeoecological and archaeological data in a high-altitude landscape in the French Alps. *World Archaeology* 38 (3), 436–454.

Watson C., 1996 - The vegetation history of the northern Apennines, Italy: information from three new sequences and a review of regional vegetational change. *Journal of Biogeography*, 23, pp. 805-841.

Whitlock C., Colombaroli D., Conedera M. and Tinner W., 2018 - Land-use history as a guide for forest conservation and management. *Conservation Biology* 32 (1), 84–97.

Williams, M. 2000 - Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. *Journal of Historical Geography* 26 (1), 28–46.

Zacklad M., 2017 - Design, conception, création vers une théorie interdisciplinaire du design. In Wikicréation. <https://wikicreation.fr/interdisciplinarite-et-creation/>

Table des figures

Fig. 1	Carte de mes terrains de recherche (investis et nouveaux) depuis la licence d'écologie jusqu'à aujourd'hui.....	15
Fig. 2	Réseau international AGRESPE.....	21
Fig. 3	Schéma d'organisation des lots du projet PAACTe.....	23
Fig. 4	Le projet PAACTe, une approche systémique : anticiper une recomposition territoriale et préparer les montagnes à cette transformation.....	23
Fig. 5	Partenariat du projet PAACTe – 01/01/2022 à 12/12/2024.....	24
Fig. 6	Schéma récapitulatif de la méthode pédoanthracologique et comparaison avec d'autres proxies.....	49
Fig. 7	Schéma simplifié des processus de coconstruction du pacte pastoral CAC-TS – D'après le schéma réalisé par N. Cabannes Animatrice du PPI & O. Barrière Juriste Anthropologue IRD EspaceDev.....	53
Fig. 8	Carte des montagnes du sud de l'Europe étudiées (Massif central, Apennins, Sierra de Gredos). Localisation des prélèvements.....	58
Fig. 9	Modèles de répartition altitudinale des formations végétales au Mont Lozère sur l'Holocène (Bal et al., 2023).....	70
Fig. 10	Modèles de répartition altitudinale des formations végétales en Sierra de Gredos sur l'Holocène (Bal et al., 2023).....	71
Fig. 11	Modèles de répartition altitudinale des formations végétales dans les Apennins sur l'Holocène (Bal et al., 2023).....	72
Fig. 12	Paléo-distributions altitudinales des taxons identifiés à l'échelle des 3 sites d'étude (Gredos, Lozère et Apennins) durant l'Holocène.....	73
Fig. 13	Location of Mirambel woodland.....	79
Fig. 14	Ancient maps concerning Mirambel woodland.....	83
Fig. 15	Synthesis and comparison of proxy data at the Mirambel woodland.....	85
Fig. 16	Echelle d'analyse de la base de données du projet PAPAGENO.....	92
Fig. 17	Développement des relations avec la société civile.....	100
Fig. 18	Localisation du parc national du Durmitor et des katuns au sein du plateau de Sinjajevina (Monténégro).....	105
Fig. 19	Carte des parcs nationaux du Monténégro.....	106
Fig. 20	Les liens développés entre la géographie et l'IA dans le projet IABD.....	124
Fig. 21	Foyers d'incendies à l'échelle mondiale détectés par satellites (NASA) le 8 août 2023.....	125
Fig. 22	Surfaces de forêts brûlées en Europe en 2022 et en France depuis 2006.....	126

Table des photographies et planches

Photo 1	Transhumance dans les Hautes-Pyrénées – 2023.....	3
Photo 2	Estive d’Aneu – Vallée d’Ossau, Pyrénées Atlantiques – 2017.....	11
Photo 3	Campagne de terrain en Cerdagne, Enveitg (66) – 2004.....	17
Photo 4	Traite des brebis en estive d’Aneu, Ossau (Pyrénées Atlantiques) – 2017.....	22
Photo 5	Exemples de travaux avec les étudiants – montage d’un colloque en 2014, publication d’un ouvrage et production d’affiches pédagogiques par les étudiants.....	27
Photo 6	Voyage avec les étudiants au Maroc, à la Médina de Fès – 2014.....	28
Photo 7	Sortie avec les étudiants en Creuse – 2023.....	29
Photo 8	Brebis en estive d’Aneu, vallée d’Ossau – Pyrénées Atlantiques – 2017.....	31
Photo 9	Paysage pastoral sur le plateau de Sinjajevina – Un troupeau de brebis et son berger, église de St. Basil d’Ostrog 19 ^{ème} siècle - juin 2023.....	34
Photo 10	Chiens des Balkans servant à éloigner les loups des troupeaux. Monténégro, Sinjajevina – juin 2023.....	40
Photo 11	Brûlage dirigé à Boldis, Pyrénées catalanes – 2008.....	43
Photo 12	Laine à l’état brut dans le département 65 - @Cathy Milou – 2023.....	43
Photo 13	Katuns sur le plateau de Sinjajevina, Monténégro – juin 2023.....	45
Photo 14	Préparation d’un brûlage dirigé en Haute Garonne – 2023.....	55
Photo 15	Highlands des montagnes méditerranéennes – Entre 2011 et 2020.....	59
Photo 15bis	Pompier dans la fumée d’un brûlage dirigé - Juin 2023.....	101
Photo 16	Zones intermédiaires de montagne, en partant de Kolašin pour rejoindre le plateau de Sinjajevina – juin 2023.....	107
Photo 17	Plateau de Sinjajevina : <i>Pinus heldreichii</i> et <i>Fagus sylvatica</i>	108
Photo 18	Lac de Zabojsko. Les forêts de <i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> et <i>Fagus sylvatica</i> . Juin 2023.....	109
Photo 19	Secteur nord-ouest du plateau de Sinjajevina. Lac Riblje et tombes médiévales - Juin 2023...	110
Photo 20	Katuns actuels au sud-est (A), au centre (B-C) et au nord-ouest (D) du plateau de Sinjajevina – juin 2023.....	115
Photo 21	Anciennes structures pastorales. Partie Sud-est du plateau de Sinjajevina – juin 2023.....	116
Photo 22	Anciennes structures pastorales et réservoir d’eau. Partie centrale du plateau de Sinjajevina – juin 2023.....	117
Photo 23	Bétaïls et chien des Balkans à proximité de clôtures mobiles faites de bois - juin 2023.....	118
Photo 24	Accueil de touristes (ici les chercheurs) pour le déjeuner au sein d’un katun traditionnel Plateau de Sinjajevina partie sud-est. Juin 2023.....	119
Photo 25	Préparation de l’équipe et du chantier en vue d’un brûlage dirigé dans le département du 31 - Avril 2023.....	129
Photo 26	Préparation et sécurisation du périmètre de la zone à brûler - Avril 2023.....	130
Photo 27	Mise à feu – avril 2023.....	131
Photo 28	Surveillance de la zone hors du périmètre de brûlage - Avril 2023.....	135
Photo 29	Brebis arrivées dans les Hautes-Pyrénées à Ardengost (65) après une semaine de transhumance, au départ de Larroque-Saint-Sernin dans le département du Gers (32).....	138

Table des tableaux

Tabl. 1	Evolution des terrains d’investigation en fonction de la dynamique de ma recherche.....	13
Tabl. 2	AMS 14C dates from the pit soils (Mont: Mont Lozère; CAG: Gredos; Monte Cimone MtC and Corno Alle Scale CaS).....	63-65
Tabl. 3	AMS-Radiocarbon dates from Mirambel woodland soil charcoal.....	84

Table des matières

Remerciements	5
Sommaire	7
Introduction générale	9
AXE 1 – Approches conceptuelles	11
Chapitre 1 : Itinéraire de recherche : géographie de l’environnement et écologie du paysage montagnard.....	11
La formation universitaire.....	12
La recherche doctorale à Toulouse et le versant nord des Pyrénées.....	12
La recherche postdoctorale à Barcelone et le versant sud des Pyrénées.....	18
Le recrutement en tant que Maitresse de Conférences et l’élargissement de mes recherches à d’autres montagnes méditerranéennes.....	19
Le lien avec la formation universitaire.....	25
L’engagement pour le collectif.....	26
Chapitre 2 – L’objet de recherche dans son contexte sociétal : les montagnes agro-pastorales du sud de l’Europe hier, aujourd’hui et demain, face au changement global.....	31
Des espaces très tôt colonisés.....	33
Des espaces fragiles et uniques.....	34
Un double avenir incertain.....	36
Le pastoralisme et ses quelques enjeux dans les montagnes méditerranéennes.....	36
Des espaces et des sociétés montagnardes très réactifs au changement, capables de fortes adaptations.....	42
AXE 2 – Méthodologie et Application	45
Chapitre 3 - Méthodes de recherche : Le paysage, une plateforme d’interactions pour identifier les continuités et les discontinuités entre humains et non humains.....	45
Lire le visible, identifier l’invisible des paysages...intérêt pour le temps long (Holocène).....	46
Créer du lien entre les connaissances sur les paysages et les projets de territoires : la médiation paysagère.....	50
L’accompagnement des territoires par la co-construction : une démarche bottom-up à partir des enjeux locaux.....	51
Chapitre 4 – Trajectoires : Des paysages agro-pastoraux méditerranéens à la mise en place d’une intendance territoriale autour des enjeux de l’agro-écologie.....	55
Evaluation de l’ancienneté des espaces pastoraux d’altitude – connexion avec les limites supra-forestières (timberline et treeline).....	56
Paléodistributions de taxons rares/vestiges – le rôle de l’agro-pastoralisme.....	73
L’ancienneté des forêts – identification de l’évolution de leurs marges et de leurs compositions sur 6000 ans.....	78
Paysage et génétique ovine ou l’apport de la géographie aux analyses de la génétique ovine.....	89
Le pastoralisme c’est aussi le lien avec les produits qui en sont issus comme la laine.....	94
L’accompagnement vers une innovation de gouvernance territoriale au sein de la CC CAC-TS.....	96
Développement des relations avec la société civile.....	98
AXE 3 – Perspectives	101
Chapitre 5 : perspectives de recherche – vers de nouvelles acquisitions de données et la mise en valeur des espaces montagnards.....	101
Evaluer l’ancienneté du paysage du grand plateau pastoral de Sinjajevina (Monténégro) et valoriser les katuns.....	102
Paléodistributions de taxons rares ou vestiges – construction d’une base de données.....	120
Brûlages dirigés, gestion de données et intelligence artificielle.....	121
Les anciennes terrasses agricoles et l’apport de nouvelles techniques.....	136
Accompagnement des territoires.....	136
Plutôt que de conclure.....	137
Références Bibliographiques.....	139
Table des figures.....	156
Table des photographies et des tableaux.....	157
Table des matières.....	158

