



**Figure 1. Dynamique de la distribution de la forêt et de sa limite supérieure pour la commune Valcebollère dans les Pyrénées.** A, Distribution de la forêt et estimation de sa limite supérieure (2179 m) sur la carte d'État-Major (1850) ; B, distribution de la forêt et estimation de sa limite supérieure (2223 m) sur la BD Forêt® v1 (1985) ; C, distribution de la forêt et estimation de sa limite supérieure (2278 m) sur la BD Forêt® v2 (2015).

## Reconstruire, comprendre et modéliser la dynamique des forêts subalpines pour soutenir la séquestration du carbone, la conservation de la biodiversité et la protection des infrastructures

Responsable scientifique : Cyrille RATHGEBER, UMR Silva

Partenaires Labex : Sandrine CHAUCHARD, Noémie DELPOUVE, Jean-Luc DUPOUEY, Nathalie LEROY, Rémi PORTAL, Erwin THIRION (équipe EcoSilva, UMR Silva, INRAE Grand Est – Nancy)

Collaborations : Laurent BERGES (LESSEM, INRAE Grenoble)

Action thématique concernée : WP2

### Contexte —

La limite supérieure des arbres est une caractéristique majeure des paysages alpins, résultant de l'interaction de nombreux facteurs. Malgré un déterminisme complexe, l'expansion récente des limites des forêts subalpines est largement attribuée aux changements d'utilisation des terres et au réchauffement climatique. Des publications récentes suggèrent que le changement climatique et l'expansion forestière qui en résulte ont déjà eu un impact négatif sur la biodiversité alpine, modifiant de manière significative des fonctions telles que la séquestration du carbone et le cycle des nutriments.

### Objectifs —

Dans ce projet, nous prévoyons de quantifier, comprendre et modéliser l'évolution des forêts subalpines françaises, depuis le minimum forestier de 1850 jusqu'à leur expansion maximale actuelle. Par ailleurs, nous voulons également quantifier les impacts écologiques de cette évolution afin de proposer des actions capables d'atténuer les conséquences négatives de ces changements (ex. perte de biodiversité), mais aussi de saisir les opportunités qu'ils représentent (ex. séquestration du carbone).

### Démarche —

Notre connaissance de la répartition des forêts françaises repose principalement sur trois sources distinctes (la carte d'État-Major, les BD forêt® versions 1 et 2, et une couche photographique aérienne) que nous comparons pour les régions de montagne (Alpes, Pyrénées, Corse). À partir de ces documents et d'un modèle numérique de

terrain, nous évaluons la dynamique (expansion et densification) de la forêt subalpine (Figure 1). Cette dynamique sera ensuite analysée à l'aide de données économiques, sociales, historiques et environnementales.

### **Résultats marquants —**

À ce stade intermédiaire de notre projet, nous avons déjà pu constater :

- Une élévation de plus de 150 m de la limite supérieure des forêts subalpines dans les Pyrénées depuis le minimum forestier de 1850 ;
- Une accélération de la progression de cette limite en altitude sur la période récente ;
- Une fermeture (densification) des forêts subalpines à leur la limite supérieure.

### **Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —**

Nos observations montrent que dans les Pyrénées l'élévation de la limite supérieure de la forêt s'inscrit dans un contexte historique de déprise rurale qui a conduit à une expansion générale de la forêt. Cependant, l'accélération de la remontée de la limite supérieure de la forêt est probablement due au réchauffement climatique. Mais le phénomène qui semble le plus prégnant, plus que l'expansion, est la densification des forêts subalpines, c'est-à-dire la maturation des forêts ouvertes en forêts fermées.

### **Perspectives —**

Nous avons commencé notre travail par le massif des Pyrénées pour trois raisons principales : bonne expérience de l'équipe dans cette région, données déjà disponibles et de bonne qualité, potentiel de collaborations élevé. Nous poursuivons actuellement ce travail dans les Alpes grâce à un stage de M2. Ce projet fournira des résultats essentiels sur la dynamique de la limite supérieure de la forêt, qui est considérée comme un élément clé du paysage alpin, et un marqueur crucial du changement environnemental, mais qui résiste encore à notre compréhension. Ces résultats seront également utilisés pour comprendre l'influence des facteurs humains et environnementaux sur cette dynamique, puis pour prédire la position des zones sensibles où des actions spécifiques pourraient être envisagées, que ce soit pour la conservation de la biodiversité, la séquestration du carbone, ou le maintien de services écosystémiques.

### **Valorisation —**

À ce stade intermédiaire de notre projet, nous pouvons déjà lister les productions suivantes :

- Un stage de M1 réalisé, un stage de M2 en cours (Rémi Portal), une thèse en cours (Noémie Delpouve) ;
- Un poster présenté dans une conférence internationale (IMC2022) sur nos résultats dans les Pyrénées ;
- Un article scientifique en cours de rédaction sur nos résultats dans les Pyrénées.

### **Effet levier du projet —**

Grâce au financement LabEx obtenu pour ce projet, nous avons pu attirer un financement complémentaire du pôle A2F de l'Université de Lorraine pour recruter une doctorante et un étudiant de M2. L'étudiante en thèse nous a rejoint en novembre 2021, l'étudiant de M2 en mars 2023. Ce projet nous permet de consolider nos collaborations structurantes avec le LESSEM à Grenoble (Laurent Bergès) et le WSL à Davos (Suisse, Ester Frei). Noémie Delpouve effectuera son terrain cet été dans les Alpes avec l'aide du LESSEM et séjournera trois mois cet automne à Davos dans le cadre d'un parcours EIRA (financements indépendants obtenus).