

## DESCRIPTION DU PROJET DOCTORAL (UNISTRA // UMR LIVE 7362 CNRS - ED413)

# Les Hautes Chaumes Vosgiennes face au stress du Changement Climatique

Les Hautes Chaumes Vosgiennes sont de vastes landes herbeuses situées au-dessus de 1000 m et sont le résultat de très anciens défrichements agricoles opérés à différentes périodes (Goepp, 2007). Ces espaces occupent de très grandes étendues (> 6000 ha) et présentent des formations végétales caractéristiques des milieux acides. Les associations végétales ont une forte valeur patrimoniale et font l'objet d'un classement Natura 2000 pour l'ensemble des Hautes Chaumes et de classement en réserve naturelle pour plusieurs sites spécifiques. Ces prairies de moyenne montagne sont cruciales pour comprendre la résilience des espèces face au Réchauffement Climatique (Choler et al., 2021). Premièrement, les altitudes moins importantes typiques des moyennes montagnes favorisent une intensité de pâturage plus forte qu'en haute montagne impliquant la présence d'espèces de plantes productives pour le bétail aux caractéristiques structurales (taille, surface de feuille) et compétitives très marquées. Deuxièmement, les espèces présentes en milieu de moyenne montagne (MM) sont limitées dans la manière de s'ajuster et peuvent subir l'effet de "piège au sommet" (summit trap) alors que les espèces des hauts massifs disposent de surfaces plus étendues pour migrer verticalement. Troisièmement, la couverture neigeuse discontinue spatialement et temporellement influence les phases de croissance ou de senescence des plantes. En particulier, le retrait de la neige plus précoce au printemps, favorise le démarrage de la croissance plus tôt dans l'année et expose plus fortement les cortèges de plantes aux épisodes de gel, qui en retour affecte la capacité productive de certaines espèces. L'utilisation conjointe voire le couplage des mesures acquises par satellite et par caméra terrestres phenocam (Vrieling et al., 2018) offre l'opportunité unique : (i) de reconstituer la dynamique de productivité des Hautes Chaumes Vosgiennes depuis les années 80s ; (ii) de comprendre l'impact des conditions locales (floristiques, climatiques et pédologiques) sur la performance et le timing de croissance des communautés de plantes ; (iii) de caractériser l'importance des micro-refuges pour le maintien des espèces de moyenne montagne

### Objectifs

Ce projet de thèse à l'interface entre la télédétection et l'écologie de montagne repose sur les hypothèses scientifiques et les objectifs de travail suivants :

#### **(1) Echelle régionale (Intégralité du territoire des Hautes Chaumes Vosgiennes)**

Hypothèse 1 : la direction et l'intensité des évolutions de la productivité des Hautes Chaumes durant les 40 dernières années sont susceptibles de largement varier à l'échelle du massif des Hautes Vosges

Objectif1 : reconstituer les dynamiques de productivité à l'aide d'un indicateur de végétation (NDVI max) annuel extrait des archives satellitaires SPOT et Landsat.

#### **(2) Echelle des sites (les trois sites équipés des caméras phenocam)**

Hypothèse 2 : les différences de réponses phénologiques enregistrées à l'échelle des sites s'explique par une combinaison de facteurs floristiques, pédologiques et climatiques.

Objectif 2 : évaluer statistiquement les effets des conditions locales sur les indicateurs phénologiques (performance et timing) issus de la série phenocam en mobilisant les traits des espèces de plantes, les relevés météorologiques locaux (température, précipitation, évaporation) ainsi que les analyses de sols extraits dans le champ des caméras phénologiques.

### **(3) Echelle du versant (le site équipé au Rothenbach)**

Hypothèse 3 : la réponse phénologique des communautés est fortement dépendante des microreliefs s'articulant autour de patches dont la largeur varie de quelques mètres

Objectif 3 : mesurer les effets de site à l'échelle métrique sur la floraison à partir des données LiDAR IGN HD et des indicateurs phénologiques issus de la série phenocam.

### **Méthodologie et techniques mises en œuvre**

Ce projet de thèse s'appuie sur l'exploitation d'archives satellitaires à haute Résolution Spatiale en libre accès (Spot, Landsat, Sentinel 2) et de séries de photographies automatisées (observatoire Phenocam) pour reconstituer des indicateurs phénologiques des Hautes Chaumes. Des bibliothèques de traitement d'image du langage python et OTB (bibliothèque de traitement d'image en C++) seront mobilisées. Il repose également sur des relevés botaniques et pédologiques in-situ ainsi que des séries météorologiques obtenus sur les différents sites équipés de caméras phénologiques. A noter que ces derniers ont déjà démarrés et que leur traitement sera assuré par différents collaborateurs de ce projet en appui de la thèse. Enfin, la modélisation statistique sera largement mobilisée à travers des méthodes statistiques tendanciennes, des modèles explicatifs linéaires/non linéaires ainsi que des approches d'apprentissage supervisé.

### **Résultats et impacts scientifiques potentiels**

- L'exploitation des archives satellitaires sur des périodes longues demeure sous exploitée pour répondre à des questions écologiques. Cette application constituerait un modèle du genre, transposable aux autres MM en Europe.
- La compréhension des effets locaux est primordiale pour avoir une vue d'ensemble sur le fonctionnement écologique du massif. L'observatoire phénologique des Hautes Vosges est d'ailleurs une première en France voire en Europe pour les MM.
- La question des micro-refuges demeure peu investie dans les massifs de moyenne montagne alors que l'amenuisement de la couverture neigeuse et les limitations en termes de migration altitudinale poussent logiquement à s'y intéresser. Les résultats produits pourraient être cruciaux pour comprendre le maintien de certaines espèces dans ces massifs.

### **Encadrement du projet et contacts**

Damien Ertlen, MCF(HDR), LIVE UMR7362 CNRS Unistra, [damien.ertlen@live-cnrs.unistra.fr](mailto:damien.ertlen@live-cnrs.unistra.fr)

Pierre Alexis Herrault, MCF, LIVE UMR7362 CNRS Unistra, [pierre-alexis.herrault@live-cnrs.unistra.fr](mailto:pierre-alexis.herrault@live-cnrs.unistra.fr)

### **Références**

Choler, P., Bayle, A., Carlson, B. Z., Randin, C., Filippa, G., & Cremonese, E. (2021). The tempo of greening in the european alps: Spatial variations on a common theme. *Global Change Biology*, 27 (21), 5614–562

Goepp S., 2007. Origine, histoire et dynamique des Hautes-Chaumes du massif vosgien. Déterminismes environnementaux et actions de l'Homme. Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 286 p.

Vrieling, A., Meroni, M., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., Wang, T., Zurita-Milla, R., Paganini, M. (2018). Vegetation phenology from Sentinel-2 and field cameras for a Dutch barrier island. *Remote sensing of environment*, 215, 517-529.