

➤ SICCCUB

Suivi des Impacts du Changement Climatique et des Changements d'Usage sur la Biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes de montagne

Métaprogramme BIOSEFAIR

Bilan de projet : 2021 - 2024

Juillet 2024

Résumé

Les zones de montagne sont particulièrement sensibles à l'effet conjoint des changements climatiques et des changements d'usages. En effet ; le climat des zones de montagne se réchauffe à une vitesse plus rapide que les autres régions et en Europe, les montagnes ont connu une reforestation importante au début du siècle. Ces changements ont déjà conduit à des réorganisations importantes de la biodiversité qui ont eu des conséquences pour les fonctions et services rendus par les écosystèmes de montagnes. Les changements climatiques futurs devraient amplifier ces réorganisations.

SICCCUB en s'associant et en complétant l'observatoire spatio-temporel de la biodiversité et du fonctionnement des socio-écosystèmes de montagne (Orchamp) va permettre de suivre la dynamique de la biodiversité et les fonctions de ces écosystèmes sur le long terme.

Le projet SICCCUB étudiera les relations entre : l'historique des pratiques et du paysage, la dynamique de recrutement des arbres, et biodiversité et fonctions (stockage du carbone et recyclage de la matière organique). Ces fonctions sous-tendent la production de services écosystémiques d'approvisionnement en bois, de régulation tels que la régulation de la qualité du sol, la réduction des gaz à effet de serre dans l'atmosphère ou la dispersion des graines. Il permettra aussi d'apporter des éléments de réflexion sur les services culturels en lien avec les représentations esthétiques, culturelles et symboliques liées aux dynamiques de la nature en montagne.

Le projet sera centré sur l'observatoire Orchamp qui est constitué de placettes permanentes le long de gradients d'altitudes réparties sur les Alpes et les Pyrénées (cf <https://orchamp.osug.fr/> pour une description plus détaillée de l'observatoire). Orchamp offre une perspective unique pour analyser la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes de montagne.

Le projet SICCCUB décrira de manière quantitative les usages présents et passés des placettes Orchamp. Les cartes d'état-major (établies entre 1818 et 1866) et le cadastre napoléonien (établi entre 1807 et 1850) seront mobilisés pour décrire les usages passés autour des placettes. Pour les usages plus récents, les photos aériennes anciennes, les cartes d'usage et d'habitat et les archives de la gestion forestière ainsi que les enquêtes pastorales seront utilisées. Le suivi du recrutement des arbres, facteur clé pour les changements dans ces écosystèmes, ainsi que la dynamique de production de graines seront analysés sur les placettes. Les mesures sur la biodiversité aérienne et souterraine complémentaire aux mesures ADNe obligatoires d'Orchamp seront réalisées pour confronter les méthodes et compléter les bases de références.

La présence de gros et très gros arbres, la quantité et la diversité des types de bois mort, la présence de dendro-microhabitats seront analysés en relation avec les mesures de diversité sur différents groupes (flore, champignon, bactérie et insecte).

En ce qui concerne le recyclage de la matière organique, des échantillonnages des détritivores de la macrofaune (vers de terre, cloportes, diplopodes, bousiers) et de la mésofaune (collembolles et acariens oribates) seront analysés afin de tester les liens entre les usages présents et passés, et la composition fonctionnelle des communautés du sol.

Résultats

SICCCUB a permis l'implication d'un groupe de chercheurs Inrae avec des compétences en écologie variées (écologie forestière, prairiale, écologie de la macrofaune du sol, écologie historique, écologie du paysage, écologie de la conservation) dans un observatoire à long terme des écosystèmes de montagnes couvrant les Alpes et les Pyrénées. Ce projet contribue à l'extension spatiale du réseau (en particulier dans les Pyrénées), mais surtout à une extension thématique des mesures et des données récoltées sur les gradients. Ce projet s'inscrit donc dans des suivis de long terme qui sont portés par le projet Orchamp et devraient continuer après la durée stricte du projet SICCCUB.

Le premier résultat majeur est l'analyse de l'effet de la structure des peuplements forestiers sur la biodiversité des organismes du sol. Acteurs de la décomposition, les organismes du sol ont une place centrale dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers, mais le rôle de la structure des forêts sur cette biodiversité est encore assez mal connu. Le vaste jeu de données que nous avons acquis depuis 2016 sur la structure des forêts et l'important travail d'analyse ADNe de 37 groupes trophiques du sol (réalisés par le Leca – CNRS), nous ont permis d'explorer cette question à l'échelle de l'ensemble des Alpes (résultats publiés dans *Soil Biology and Biochemistry*). Les résultats montrent que la structure et la composition forestière sont moins importantes que les variables abiotiques comme le climat et la chimie du sol. La diversité de certains groupes est cependant intimement liée à la structure forestière. C'est, bien sûr, le cas de groupes en interaction directe avec les arbres (comme par exemple les ectomycorhizes), mais aussi de groupes à des niveaux trophiques plus élevés. De plus, la diversité des conditions forestières favorise la diversité des organismes du sol étudiés. La figure 1 illustre les questions principales du papier.

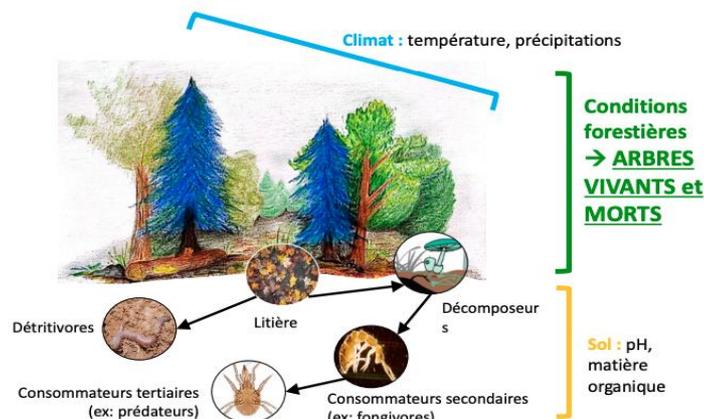


Figure 1. source Laureline Leclerc

Le deuxième résultat majeur est l'analyse de la structure paysagère dans le voisinage des placettes à trois pas de temps (1850 - 1950 – actuel), pour les placettes forestières et celles en milieux ouverts (Figure 2).

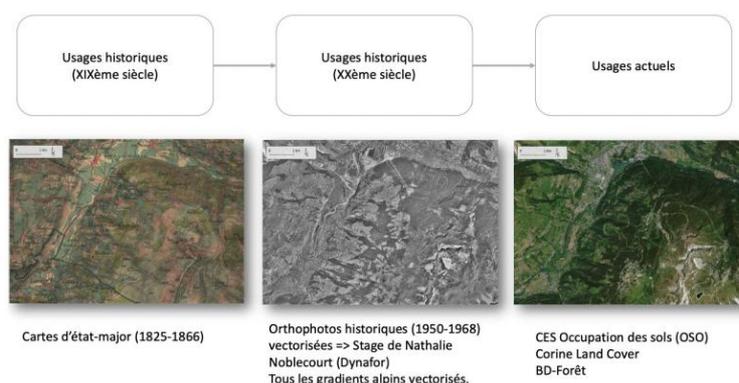


Figure 2 source Nathalie Noblecourt

Ceci a demandé un important travail de digitalisation et d'uniformisation des types d'usages des terres (vectorisation des photographies aériennes de 1950 et des cartes d'état majors de 1850). Les usages du sol qui peuvent être difficile à déterminer sur ces anciennes cartes ont été validés avec le cadastre. La base de données cartographique obtenue décrit le paysage dans le voisinage des placettes Orchamp depuis 1850. Ceci permet d'analyser l'effet des changements d'usage et les variations du climat sur la biodiversité multitaxonomique.

Cependant les changements d'usages sont fortement corrélés au climat (variant suivant l'altitude, mais aussi la latitude) ce qui rend difficile de décorréliser ces deux effets dans les analyses. La perspective de suivi à long terme du réseau Orchamp offre cependant la possibilité de capturer les changements climatiques en cours qui pourrait partiellement limiter cette corrélation.

Les données ont permis d'analyser l'effet de la structure du paysage actuel et de 1950 sur la biodiversité des collemboles et des protistes en testant des métriques paysagères sur des buffers de différent rayon (Figure 3).

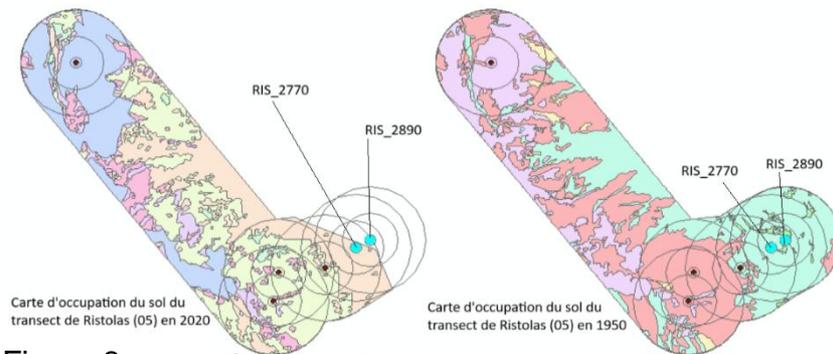


Figure 3. source Clémence Pierrard

Les principaux résultats de cette analyse sont la relation négative entre l'indice d'hétérogénéité et la richesse de collemboles ainsi que la validation de l'hypothèse de l'effet de la quantité d'habitats de type lande et prairie sur les collemboles. La dimension temporelle est également importante pour les communautés de collemboles : en effet la richesse spécifique des collemboles épigés, endogés et totaux est mieux expliquée par la structure du paysage ancien (1950) qu'actuel (2020).

Le troisième résultat majeur est l'échantillonnage de la macrofaune du sol sur 13 gradients Orchamp pour un total de 750 échantillons et 9000 invertébrés. Ces observations ont ensuite été assignées à des guildes trophiques (GRATIN). Ces données vont servir à consolider la base de référence pour les analyses ADNe.

Une première analyse a été conduite pour évaluer la concordance des estimations de richesses entre les approches ADNe et les approches terrain. Cette analyse montre une sous-estimation avec les méthodes terrain (Figure 4).

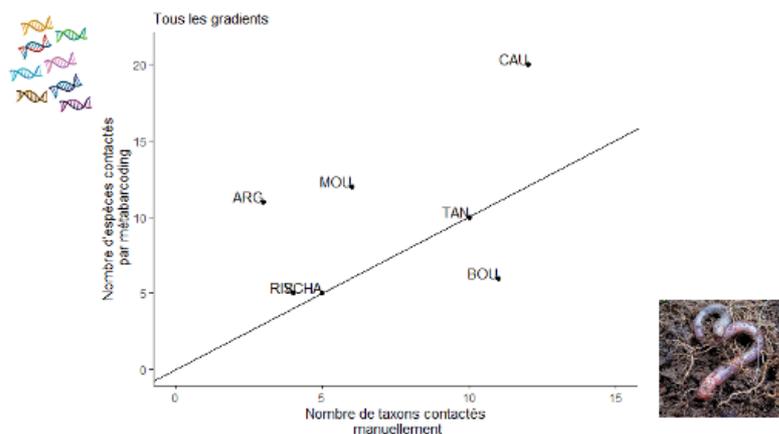


Figure 4.

Un quatrième travail majeur a été le suivi de la production de graines des arbres et de leurs régénérations sur un échantillon de gradients proche de Grenoble. Ce travail réalisé en collaboration avec Jim Clark (Duke University) a utilisé à la fois des pièges à graines (Figure 5) et des estimations de la fécondité sur un échantillon d'arbres de la placette (comptage de cônes et graines aux jumelles). La fécondité des arbres est marquée par une variabilité interannuelle très forte qui rend difficile d'estimer la fécondité avec une série temporelle courte comme celle qui a été recueillie dans le projet SICCCUB.

Ces mesures vont continuer au-delà du projet et offriront donc une perspective unique sur les changements de fécondité des arbres. Ces données ont par contre déjà été mobilisées dans des synthèses de données à grande échelle où il est plus facile d'extraire une information solide que sur un échantillon restreint des placettes d'un gradient (voir la liste des publications où ces données ont été valorisées)



Figure 5.

Perspectives scientifiques.

La perspective la plus importante de ce projet est d'assurer un suivi à long terme des placettes Orchamp pour avoir un suivi des changements à moyen et long terme des écosystèmes de montagnes (20 à 50 ans). Ceci exige un investissement dans l'observatoire avec une collaboration étroite avec les acteurs de terrain (Parcs Nationaux, Parcs Naturelles, Régionaux, ONF, ...).

Une question clé a été soulevée par nos analyses préliminaires des effets de changements d'usage sur la biodiversité des écosystèmes de montagne : quelle est la meilleure méthode pour analyser les interactions entre changements d'usages des terres et changements climatiques à large échelle sachant que dans les paysages de montagne ces changements ne sont pas indépendants.

Enfin le suivi de la régénération (graines et semis) des arbres sur les réseaux Orchamp offre la possibilité de tester des nombreux facteurs qui sont rarement explorés en lien avec la régénération comme l'effet des usages passés et de la diversité des organismes du sol.

Une dernière perspective méthodologique est la contribution des vectorisations réalisées sur les gradients Orchamp pour entraîner des algorithmes de vectorisation automatique.

Publications sur le projet SICCCUB

Leclerc, L., Calderón-Sanou, I., Martínez-Almoyna, C., Paillet, Y., Thuiller, W., Vincenot, L., & Kunstler, G. (2023). Beyond the role of climate and soil conditions: Living and dead trees matter for soil biodiversity in mountain forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 187, 109194. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109194>

Laureline Leclerc. (2022). Importance relative de la structure et de la composition de la forêt pour la diversité des groupes trophiques du sol le long des gradients altitudinaux dans les alpes Françaises. Aix Marseille Université. Rapport de Master 2. Encadrement Y. Paillet & G. Kunstler (LESSEM).

Nathalie Noblecourt (2022) Caractérisation des dynamiques paysagères en zone de montagne. Rapport de Master 2. Université de Toulouse. Encadrement A. Brin (DYNAFOR) et L. Berges (LESSEM).

Aurélien Navarro (2023). Étude de la macrofaune du sol en réponse à l'altitude dans les Alpes et les Pyrénées. Université de Montpellier. Encadrement M. Hedde (Eco&Sols)

Clémence Pierrard. (2023). Étude des effets de la structure et la composition des paysages actuels et passés sur la richesse spécifique des collemboles et des protistes du sol dans les Alpes françaises. Rapport de Master 2. Université Paris-Est Créteil. Encadrement A. Brin & C. Sirami (DYNAFOR) et L. Berges & G. Kunstler (LESSEM).

Publications ayant utilisé le jeu de données sur les graines

Foest, J. J., et al. (including Kunstler G.) (2024). Widespread breakdown in masting in European beech due to rising summer temperatures. *Global Change Biology*, 30(5), e17307. <https://doi.org/10.1111/gcb.17307>

Journé, V., et al. (including Kunstler G.) (2022). Globally, tree fecundity exceeds productivity gradients. *Ecology Letters*, e14012. <https://doi.org/10.1111/ele.14012>

Qiu, T., et al. (including Kunstler G.) (2022). Limits to reproduction and seed size-number trade-offs that shape forest dominance and future recovery. *Nature Communications*, 13(1), 2381. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30037-9>

Qiu, T., et al. (including Kunstler G.) (2023). Masting is uncommon in trees that depend on mutualist dispersers in the context of global climate and fertility gradients. *Nature Plants*, 9(7), 1044–1056. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01446-5>