Étudier le fonctionnement des prairies de moyenne montagne :

Archives sat. et photographie répétée in situ

P.-A Herrault[1] ; J. Tamayo[1] ; A. Ullmann[2] ; A. Muratet [1];
L. Hardion[1] et D. Ertlen[1]

UMR CNRS/INEE 7362 LIVE[1]
UMR CNRS/uB 6282 Biogéosciences[2]

Contexte

Réponse de la végétation de montagne face au CC

- Stay or Go ? (Graee et al. 2018)
- Plasticité => Phénologie → productivité

Contexte
Réponse de la végétation de montagne face au CC

- Stay or Go ? (Graee et al. 2018)
- Plasticité => Phénologie → productivité
- ↑ productivité dans les massifs d'Europe Tempérée (Choler et al. 2021)
- Avancée du timing de croissance
- Croissance plus rapide

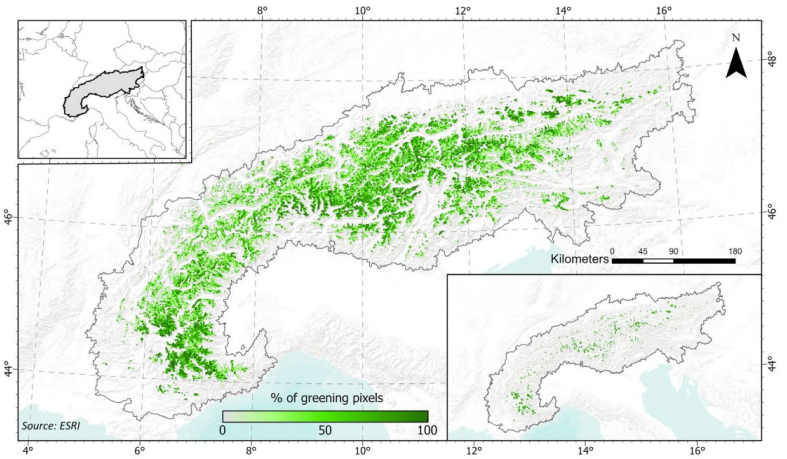
Received: 4 May 2021 | Accepted: 13 July 2021
DOI: 10.1111/gcb.15820

PRIMARY RESEARCH ARTICLE

Global Change Biology WILEY

The tempo of greening in the European Alps: Spatial variations on a common theme

Philippe Choler[1] | Arthur Bayle[1] | Bradley Z. Carlson[2] | Christophe Randin[3] | Gianluca Filippa[4] | Edoardo Cremonese[4]



Contexte
Les prairies de moyenne montagne

- Communautés de plantes dépendantes des régimes agricoles traditionnels et de leurs évolutions

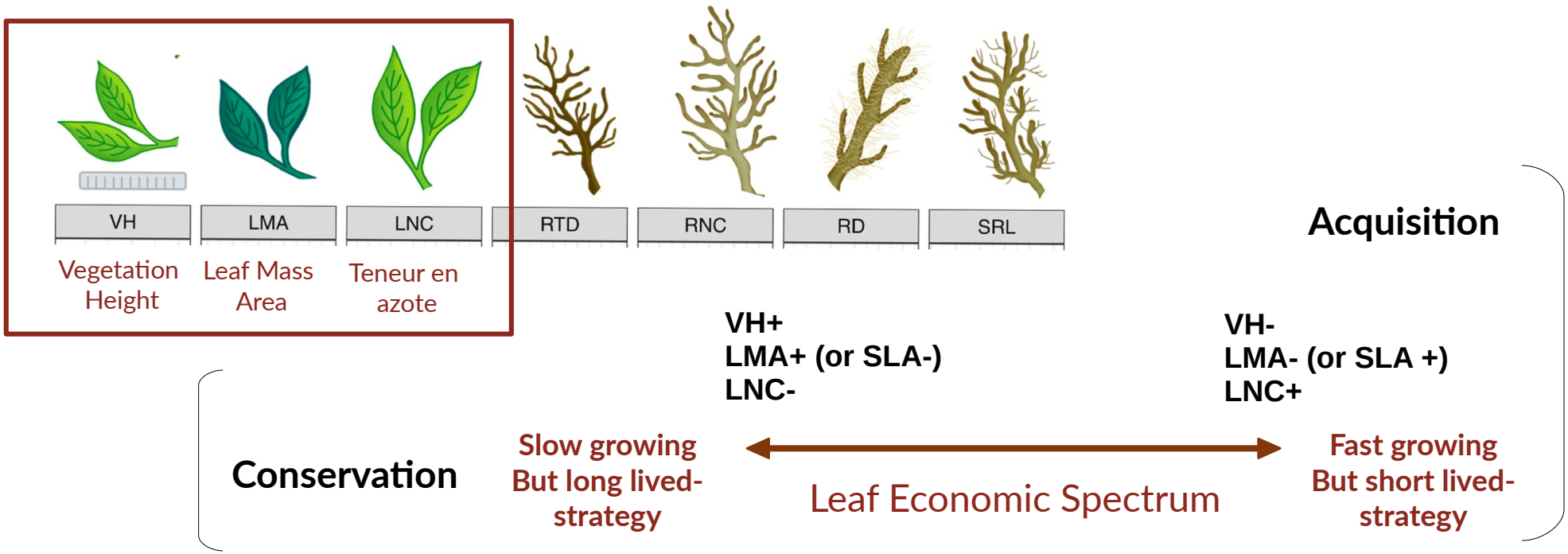
- Exemple => Jura ≠ Vosges (Nicod et Gillet, 2021)





Contexte
Contraintes de migration et traits fonctionnels

- Migration verticale limitée = risque de « Summit trap »
- Rôle des traits fonctionnels (acquisition vs conservation) (Bucher et al., 2021, Bektas et al., 2025)



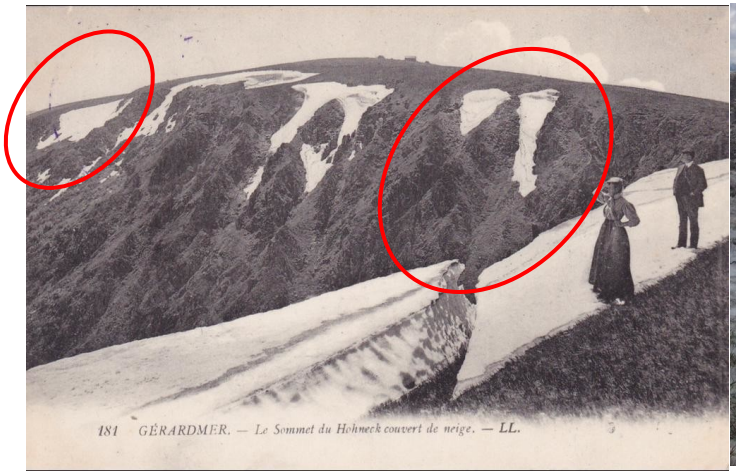
Contexte
Rôle et dynamique de la couverture neigeuse

- Retrait de la couverture neigeuse précoce et forte variabilité intra-saisonnière

- Exposition aux épisodes de gel et variations abruptes de températures => perte du

- Accumulations historiques

~ 1900-1910



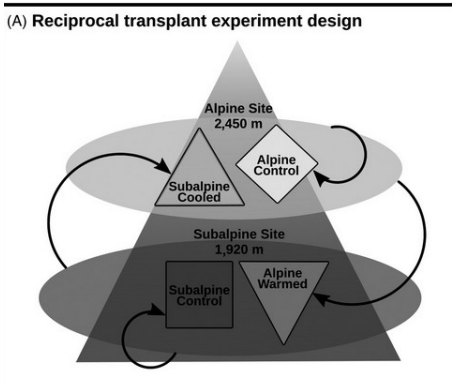
2024



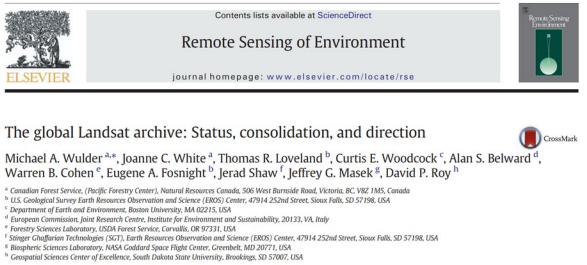
Sommet du hohneck (68)

Contexte
Suivre la phénologie

In-situ
- Description du stade
- transplantation



Archives satellitaires
- Missions actuelles et historiques
- Optique + Infrarouge


Contents lists available at ScienceDirect
Remote Sensing of Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse
ELSEVIER

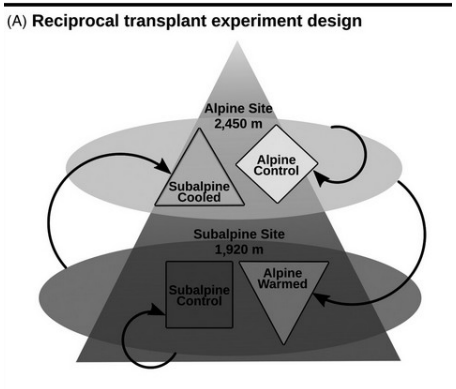
The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction

Michael A. Wulder [a,*], Joanne C. White [a], Thomas R. Loveland [b], Curtis E. Woodcock [c], Alan S. Belward [d], Warren B. Cohen [e], Eugene A. Fosnight [b], Jerad Shaw [f], Jeffrey G. Masek [g], David P. Roy [h]

[a] Canadian Forest Service, (Pacific Forestry Center), Natural Resources Canada, 506 West Burnside Road, Victoria, BC, V8Z 1M5, Canada
[b] U.S. Geological Survey Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 47914 252nd Street, Sioux Falls, SD 57198, USA
[c] Department of Earth and Environment, Boston University, MA 02215, USA
[d] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 20133, VA, Italy
[e] Forestry Sciences Laboratory, USDA Forest Service, Corvallis, OR 97331, USA
[f] Stinger Ghaffarian Technologies (SGT), Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 47914 252nd Street, Sioux Falls, SD 57198, USA
[g] Biospheric Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA
[h] Geospatial Sciences Center of Excellence, South Dakota State University, Brookings, SD 57007, USA

Contexte
Suivre la phénologie

In-situ
- Description du stade
- transplantation



- Fréquence temporelle élevée (delta temp. > 10 jours avec SITS, Bressant et al. 2024)

- Hétérogénéité spatiale
- Adéquation spatiale avec relevés botaniques

Photographie In-situ
- Clichés RGB
- Smart Phone-Caméra



Archives satellitaires
- Missions actuelles et historiques
- Optique + Infrarouge


Contents lists available at ScienceDirect

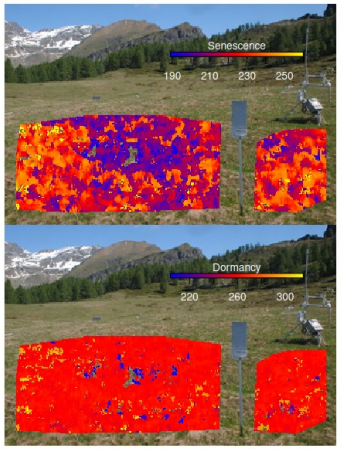
Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse

The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction

Michael A. Wulder [a,*], Joanne C. White [a], Thomas R. Loveland [b], Curtis E. Woodcock [c], Alan S. Belward [d], Warren B. Cohen [e], Eugene A. Fosnight [b], Jerad Shaw [f], Jeffrey G. Masek [g], David P. Roy [h]

[a] Canadian Forest Service, (Pacific Forestry Center), Natural Resources Canada, 506 West Burnside Road, Victoria, BC, V8Z 1M5, Canada
[b] U.S. Geological Survey Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 47914 252nd Street, Sioux Falls, SD 57198, USA
[c] Department of Earth and Environment, Boston University, MA 02215, USA
[d] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 20133, VA, Italy
[e] Forestry Sciences Laboratory, USDA Forest Service, Corvallis, OR 97331, USA
[f] Stinger Ghaffarian Technologies (SGT), Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 47914 252nd Street, Sioux Falls, SD 57198, USA
[g] Biospheric Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA
[h] Geospatial Sciences Center of Excellence, South Dakota State University, Brookings, SD 57007, USA



Delta spat
~ 70 jours

Delta spat
~ 100 jours

Contexte

Le projet PHENOMENE (2023-2027) – Financement TOSCA

Objectif : comprendre les interactions entre traits phénologiques, environnementaux et fonctionnels des communautés de plantes aux différentes échelles spatiales et temporelles















Site d’étude

Les hautes chaumes Vosgiennes



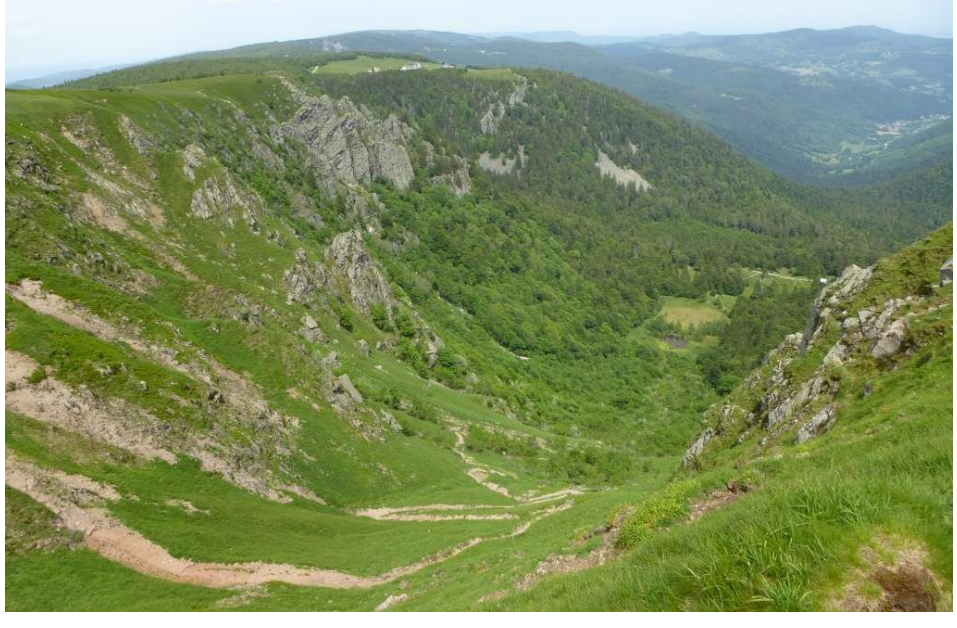


Site d’étude

Les hautes chaumes Vosgiennes



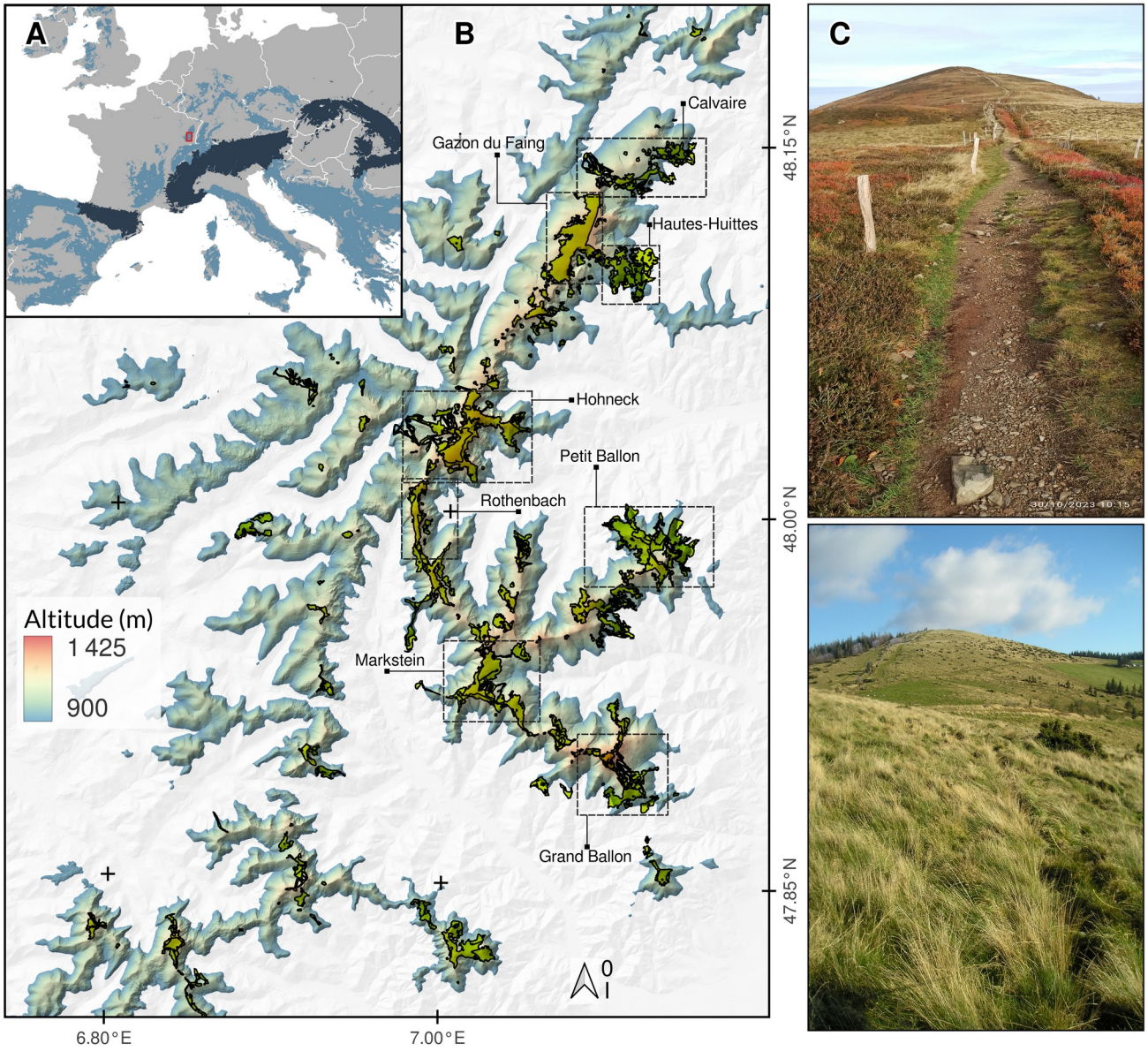






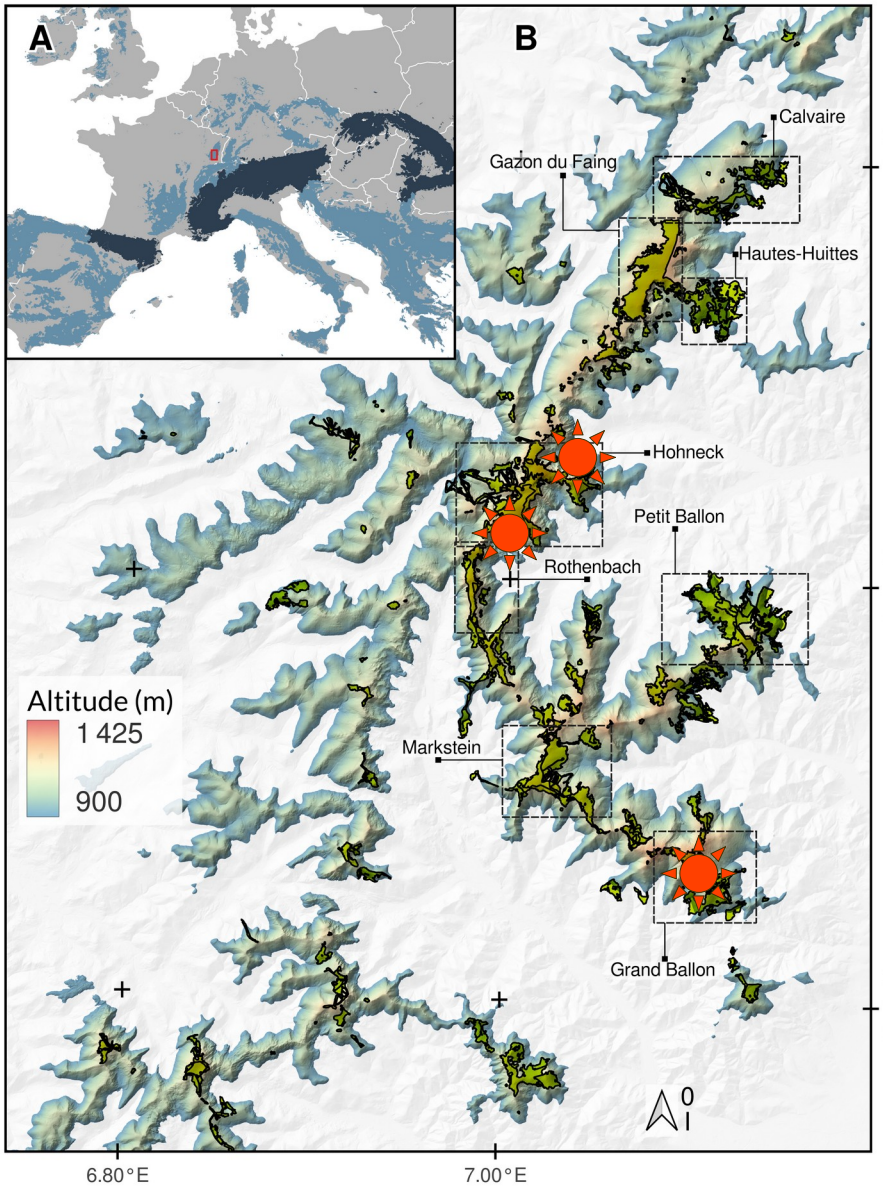
Site d'étude

Le massif des Hautes Vosges



Site d'étude

Déploiement de trois stations phénocam





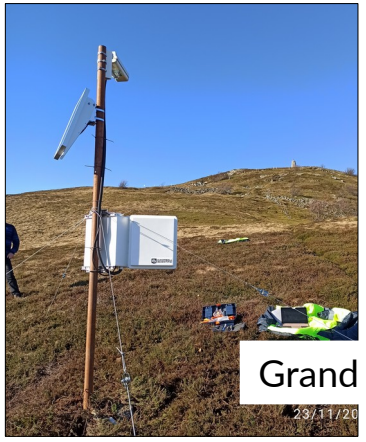




Hohneck (1363m)



Rothenbach (1311m)



Grand Ballon (1424)

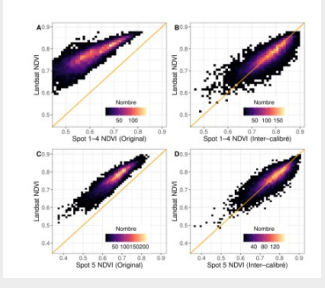
Approches méthodologiques

Reconstruire les tendances de productivité

Landsat (4,5,6,7)

Spot Heritage (4,5,6,7)

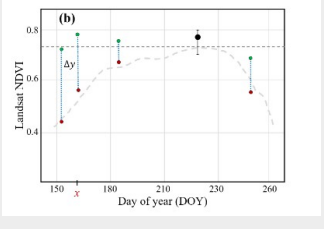
(Herrault et al. (2026))



Alignement radiométrique

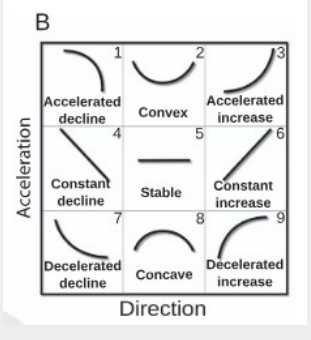
Random Forest

Correction de la fréquence d'acquisition



Spline Cubique

Estimation des tendances



Polynome 2nd ordre



Carte des tendances

Décrire les interactions phénologiques neige-plantes

- 20 ans de données MODIS (MOD09QA)
- Calcul des variables phénologiques Timing + Durée
- Modèles mixtes

Évaluer le rôle des traits fonctionnels dans ces interactions

- 2 ans de données phénocam
- Calcul des variables phénologiques Timing + Durée
- Relevés Botaniques in-situ
- Modèles mixtes

Dynamiques de productivité depuis les 80s

Avec les archives Landsat-SWH

Tamayo et al., 2026

Dynamiques de productivité depuis les 80s

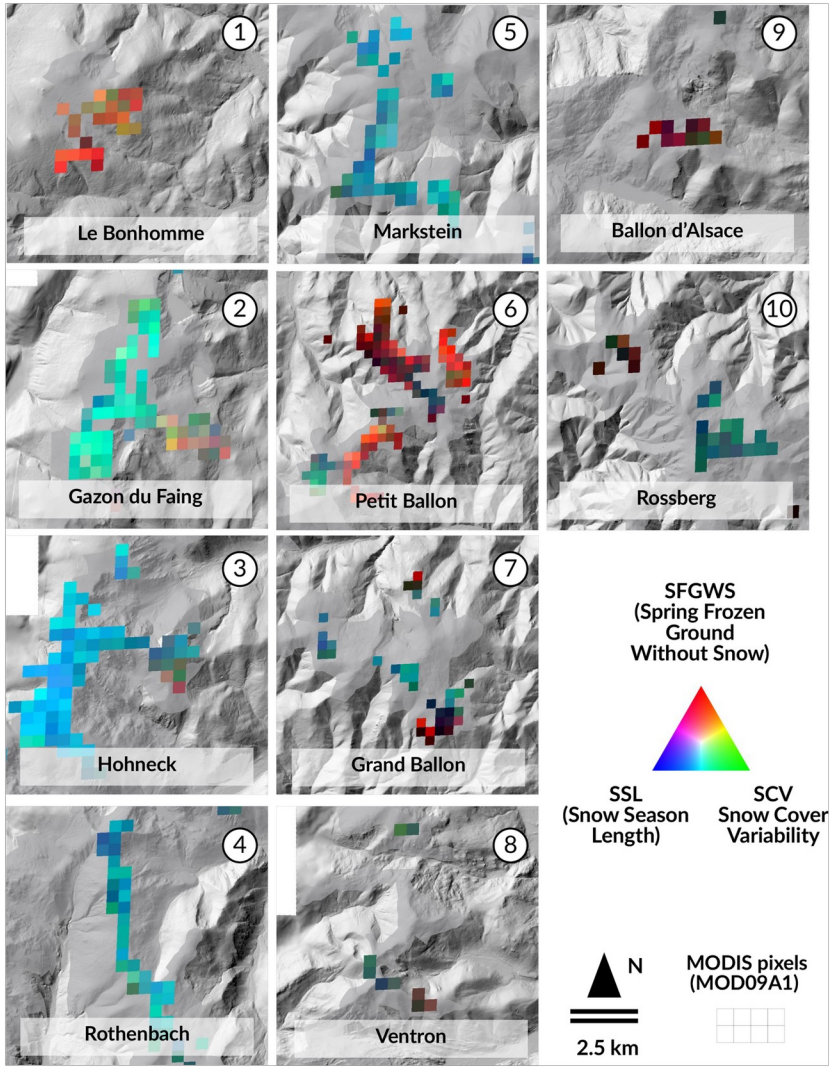
Avec les archives Landsat-SWH

Tamayo et al., 2026

Intéraction neige-plantes
Avec les séries temporelles MODIS

Herrault et al., 2025

La combinaison des variables phénologiques lié à la couverture neigeuse met en lumière la diversité des régimes neigeux



- **Les sites situées sur la crête centrale des Hautes Vosges** (Hohneck, Markstein, Rothenbach, Gazon du Faing) → durée de couverture plus longue (+ accumulation lié au vent) et protection au gel

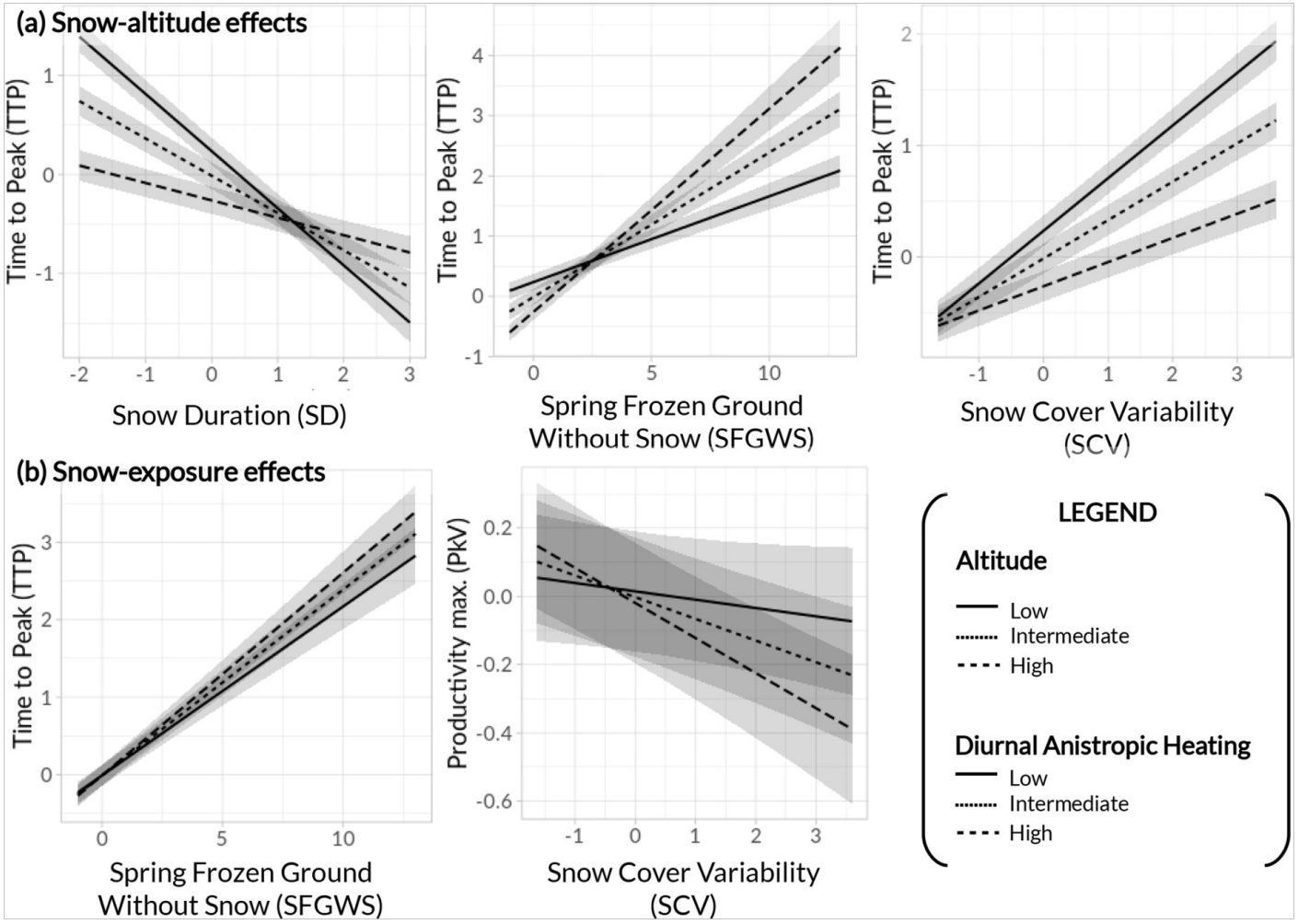
- **Les sites périphériques** (Le Bonhomme, Petit Ballon, Ballon d'Alsace) → durée de couverture plus courte, plus irrégulière, forte exposition au gel printanier

Intéraction neige-plantes

Avec les séries temporelles MODIS

Herrault et al., 2025

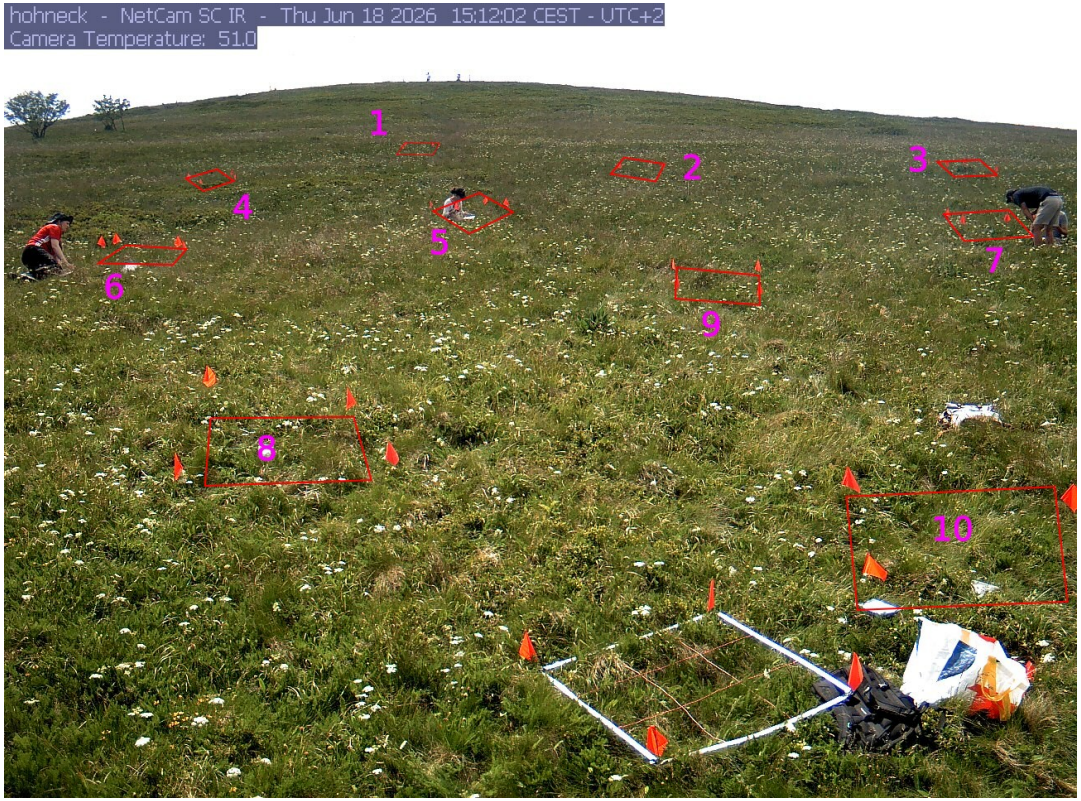
L'effet de la couverture neigeuse sur la phénologie des communautés est modulé par la topographie



Intéraction neige-plantes

Approche orientée phenocam

Thèse de J. Tamayo (en cours)





- 10 quadrats par site
- Calcul de plusieurs indicateurs à l'échelle de chaque communauté observée (Community Weighted Mean)
    - Surface de feuille
    - Masse des graines
    - Hauteur max
    - Matière sèche

- Démarrage de saison, vitesse de croissance, date du pic
- Début de la dormance, vitesse de sénescence
- Durée de la couverture neigeuse, nombre d'épisodes de couverture, date de fonte terminale

Intéraction neige-plantes
Approche orientée phenocam



Intéraction neige-plantes

Approche orientée phenocam

Thèse de J. Tamayo (en cours)

Intéraction neige-plantes

Approche orientée phenocam

Thèse de J. Tamayo (en cours)

OSC - Observed snow cover (Snow exposure relative to site mean)

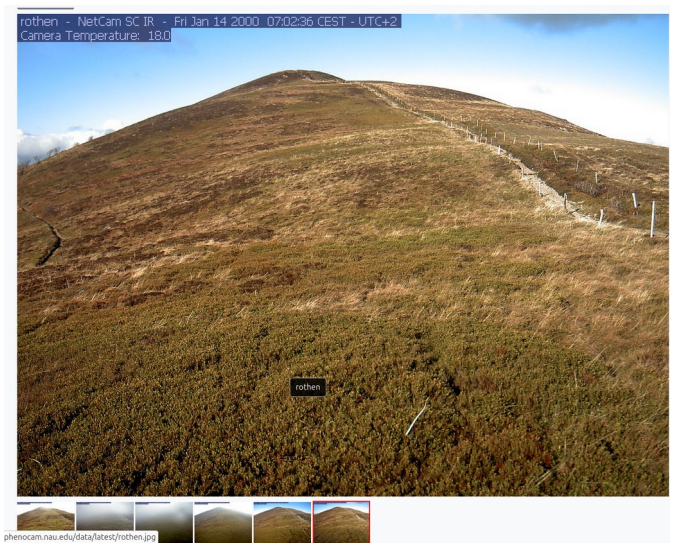
Perspectives

Perspectives

Merci !
Pour suivre nos sites phenocam en image, c'est par ici :
https://phenocam.nau.edu/webcam/







Contexte

Ce qu'on sait de la littérature..

Choler et al., 2021

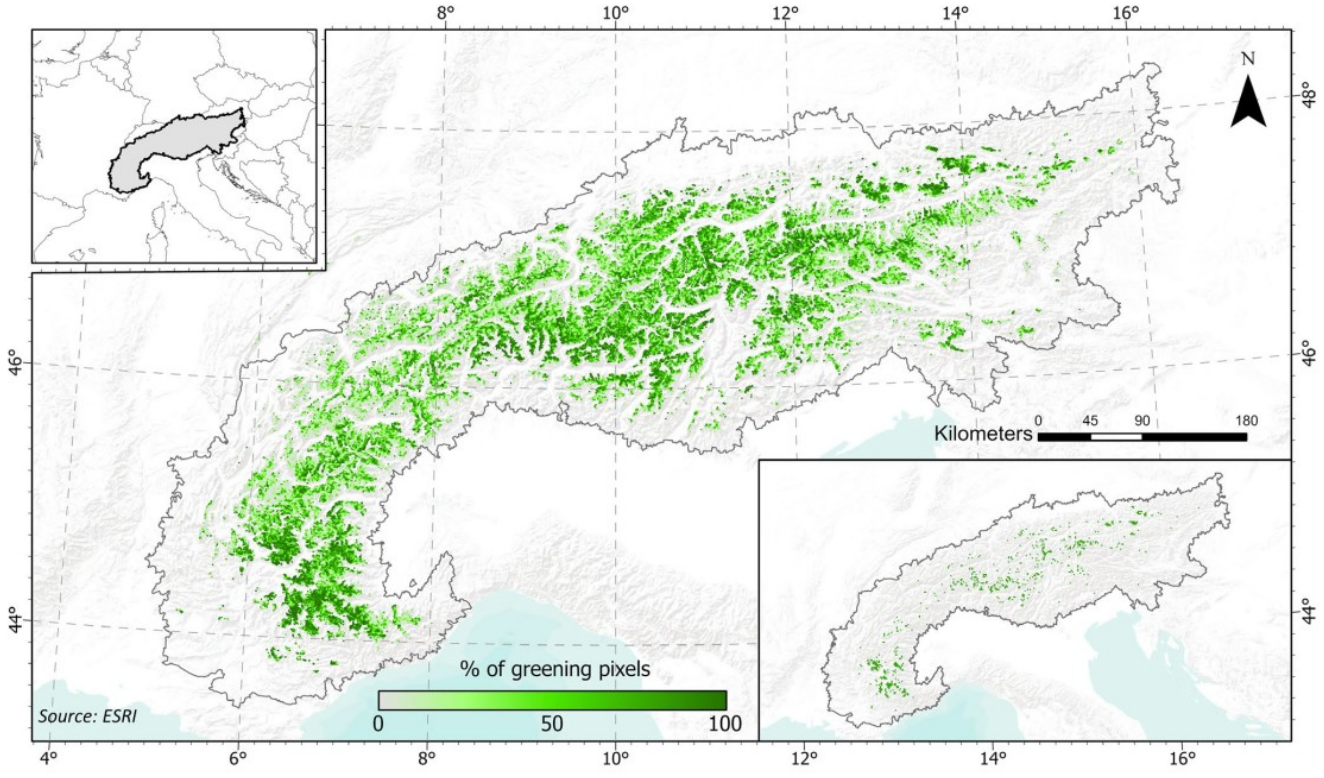
Received: 4 May 2021 | Accepted: 13 July 2021
DOI: 10.1111/gcb.15820

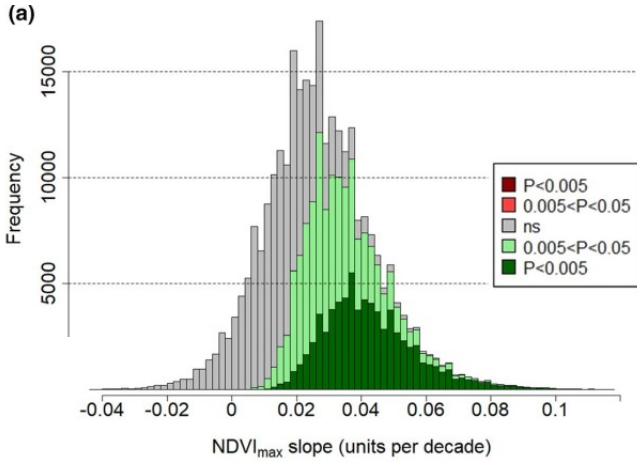
PRIMARY RESEARCH ARTICLE

Global Change Biology WILEY

The tempo of greening in the European Alps: Spatial variations on a common theme

Philippe Choler[1] | Arthur Bayle[1] | Bradley Z. Carlson[2] | Christophe Randin[3] | Gianluca Filippa[4] | Edoardo Cremonese[4]





- Tendances au verdissement
- Effets d'exposition et d'altitude
- Effets du timing de croissance