

OSUG



Sagas entremêlées de la neige et des plantes réponses de la végétation alpine au déclin du couvert neigeux à l'échelle des Alpes européennes d'après les observations satellitaires

Arthur Bayle

30 septembre 2025

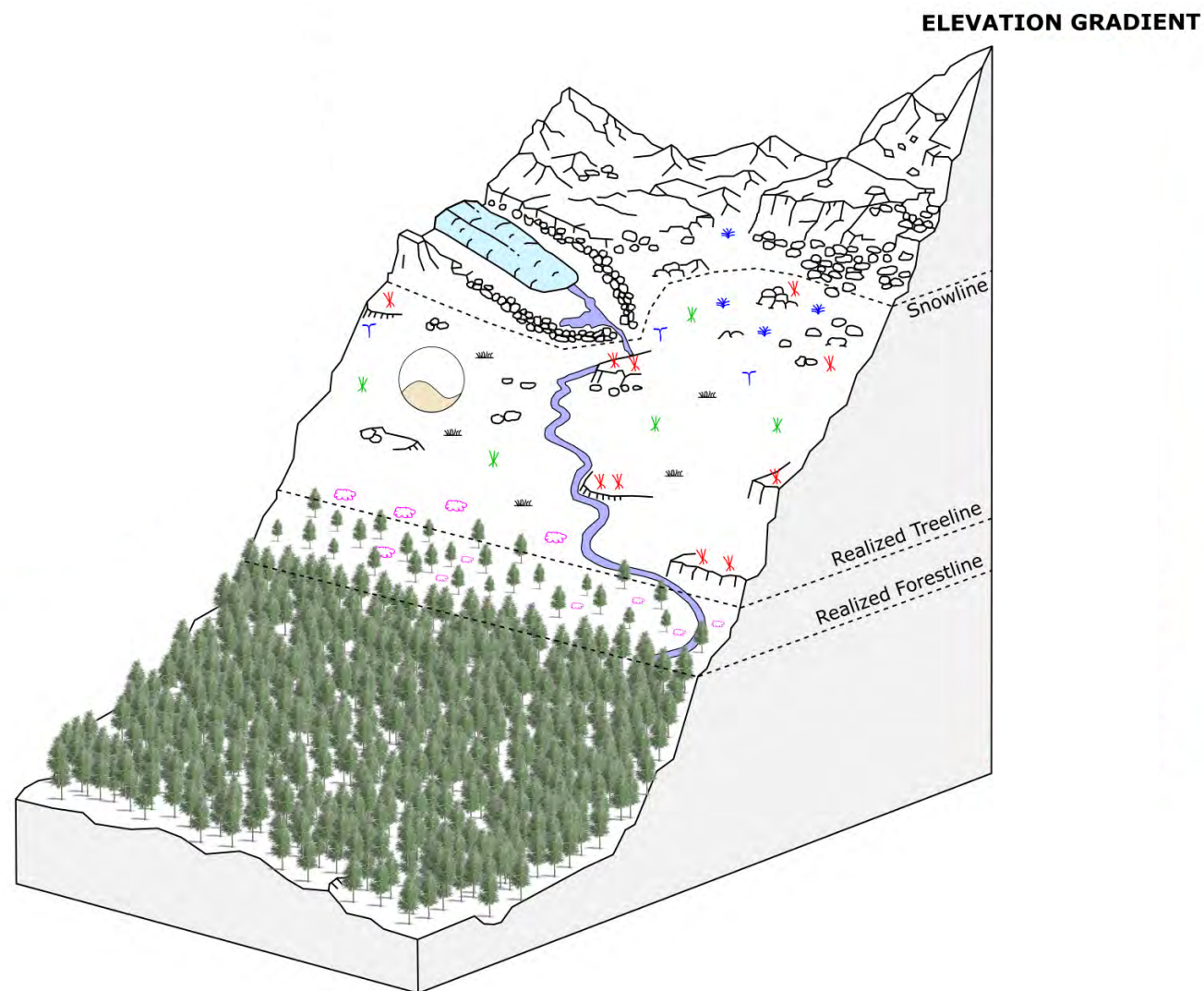
OSUG Atelier Neige

Recherche en collaboration avec
Philippe Choler et Simon Gascoin





Des gradients topoclimatiques...



... à l'origine de gradients écologiques

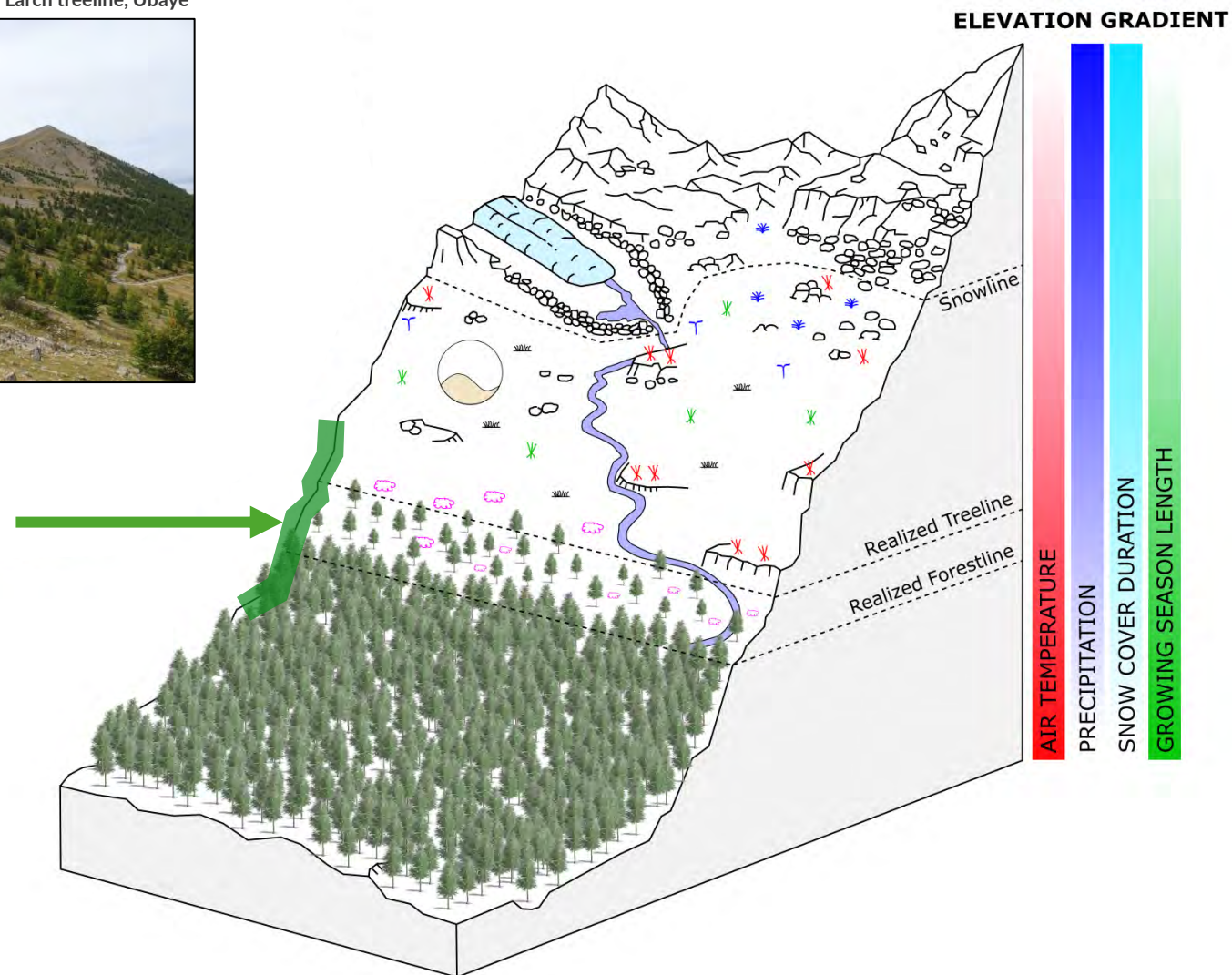
Des gradients topoclimatiques...

Limite supérieure de la forêt (Treeline)



Nothofagus treeline, New Zealand

Larch treeline, Ubaye



... à l'origine de gradients écologiques

Des gradients topoclimatiques...

Etage nival

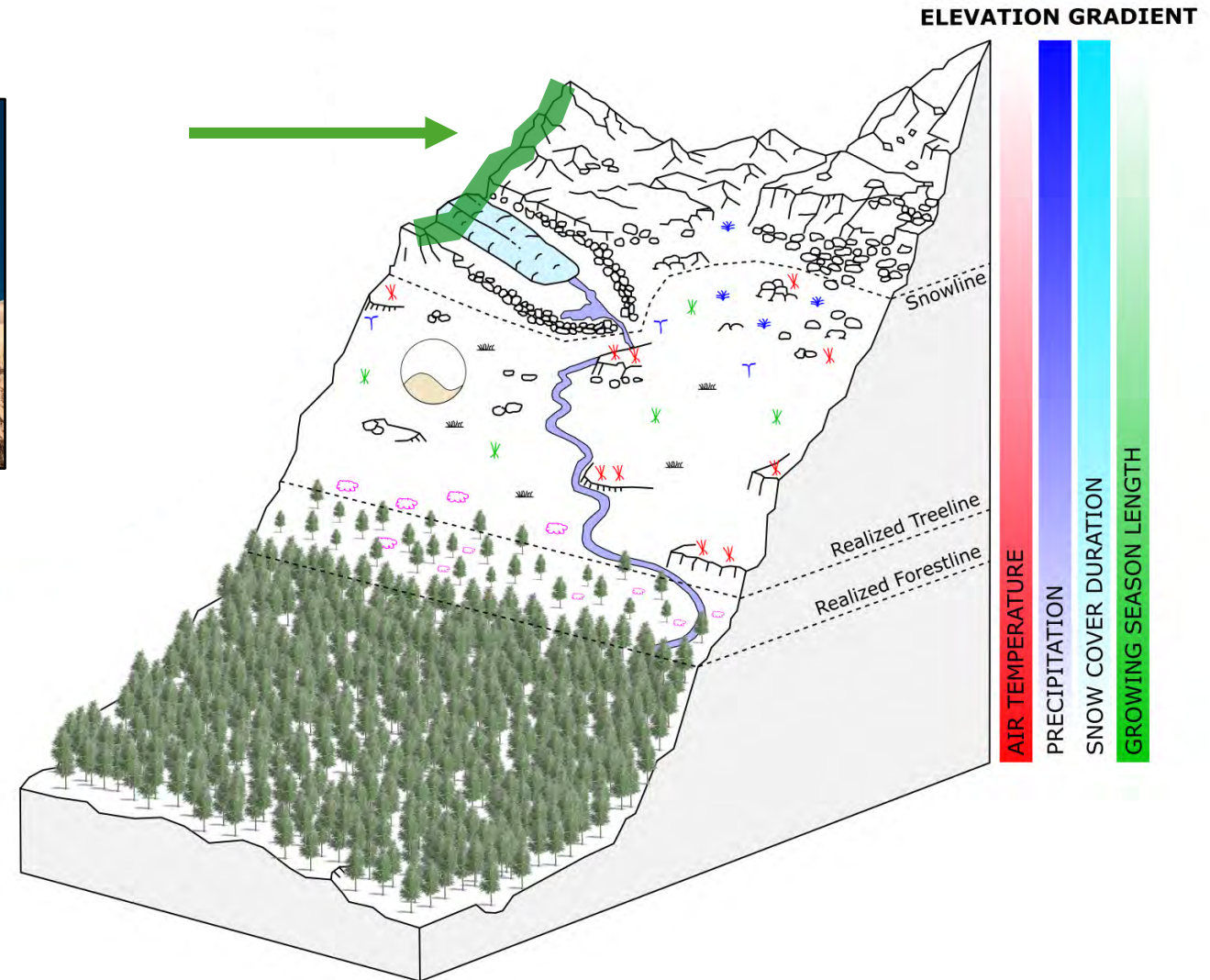
© N. Bartalucci



© C. Dentant



© S. Lavergne



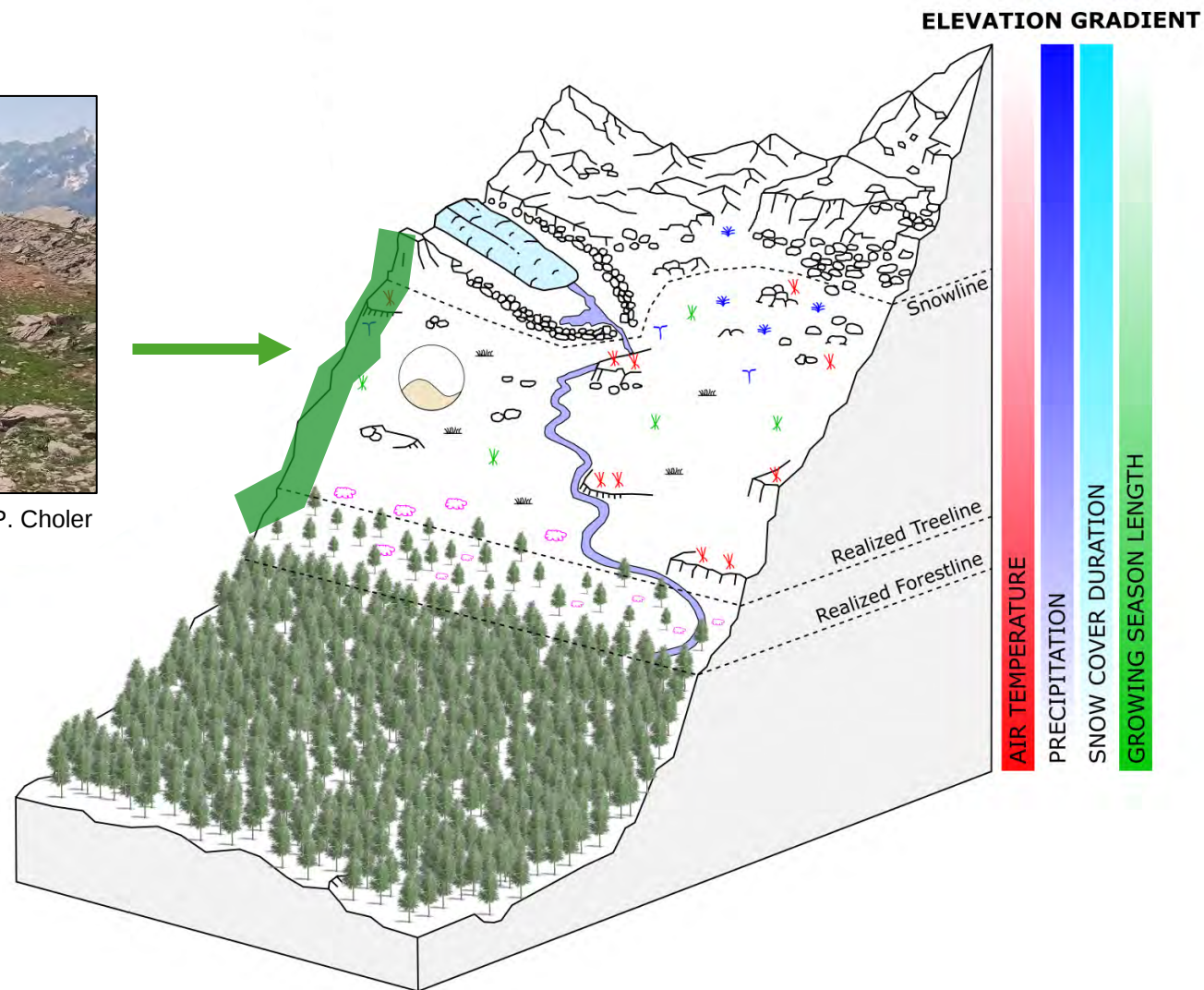
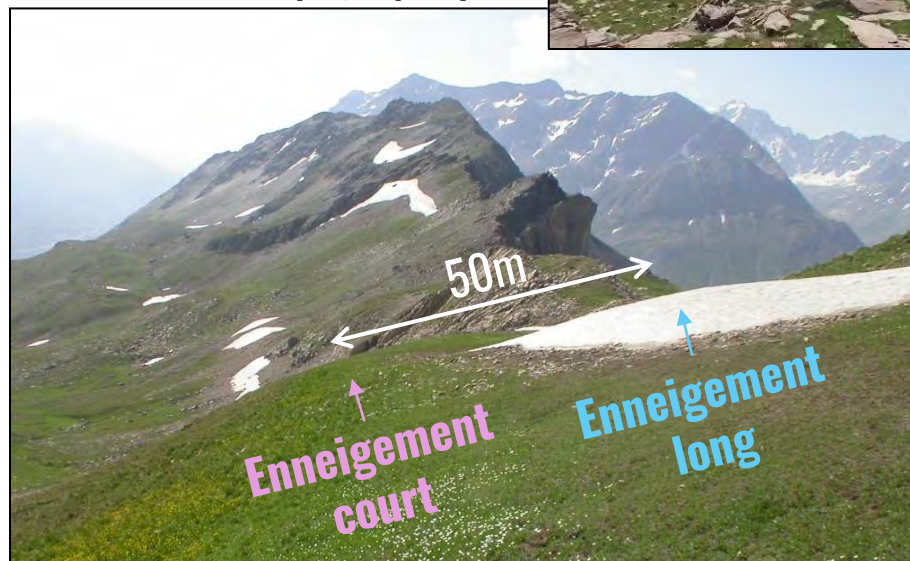
... à l'origine de gradients écologiques

Des gradients topoclimatiques...

Les paysages alpins
Gradient mésotopographique

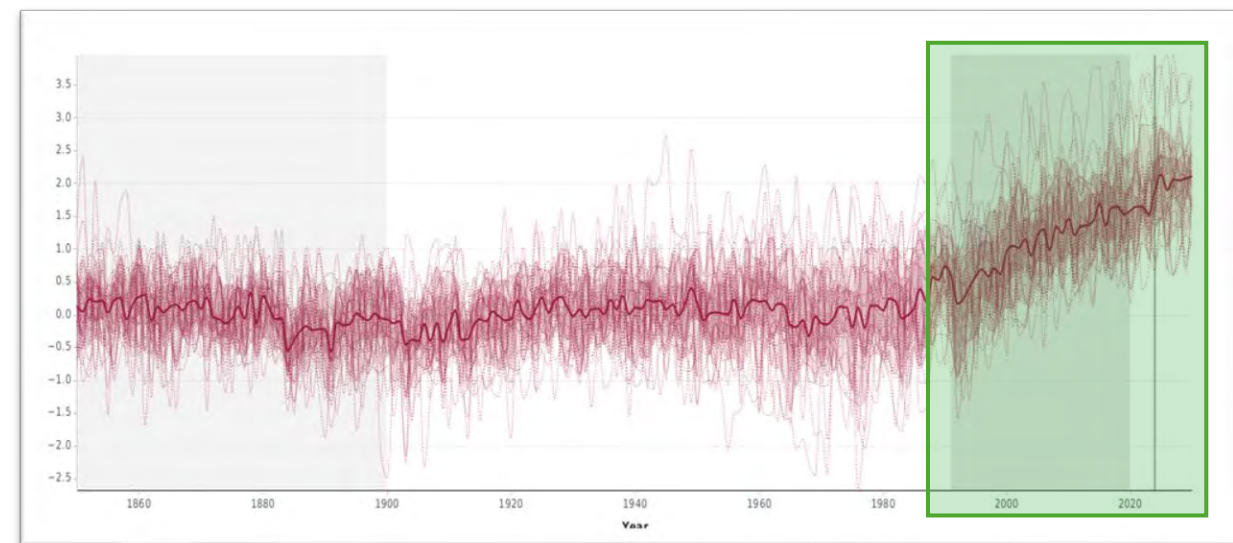
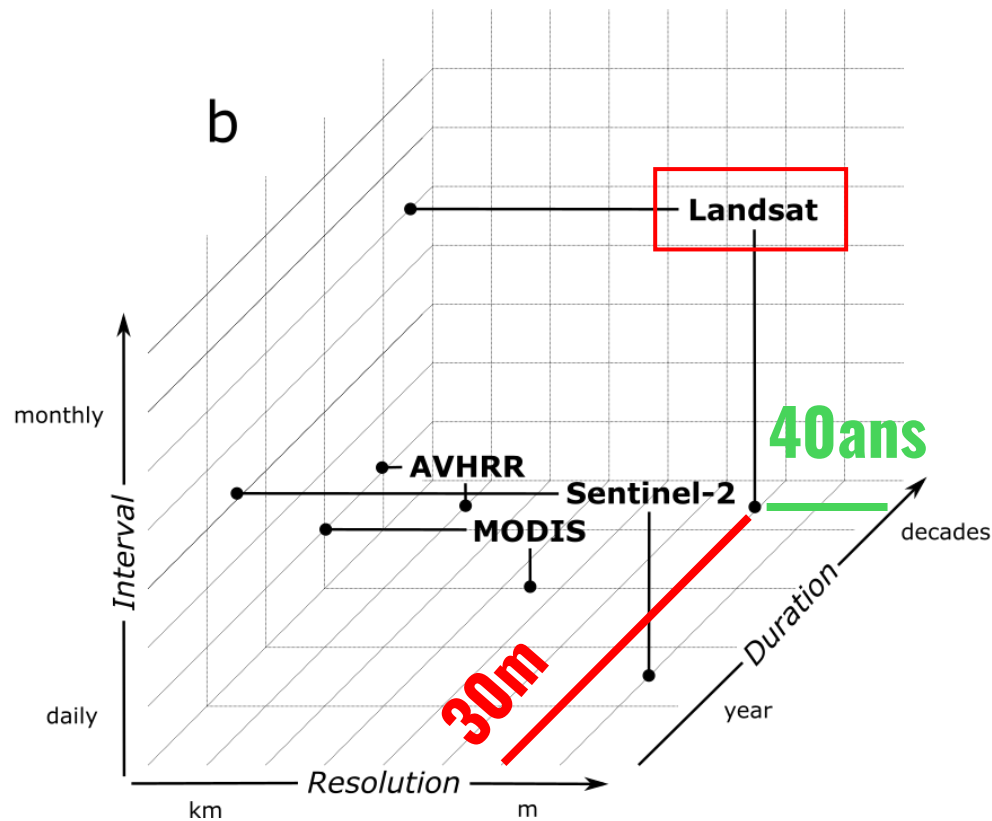


© P. Choler



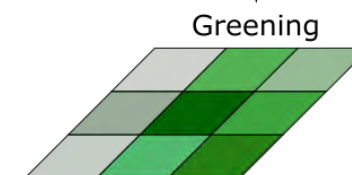
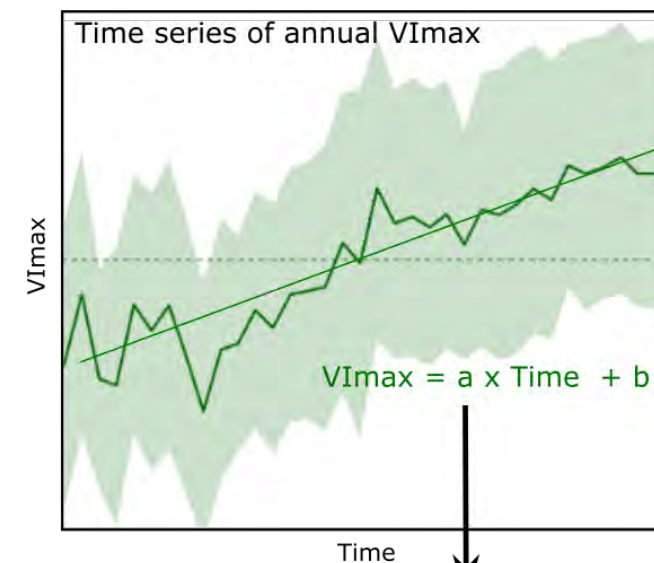
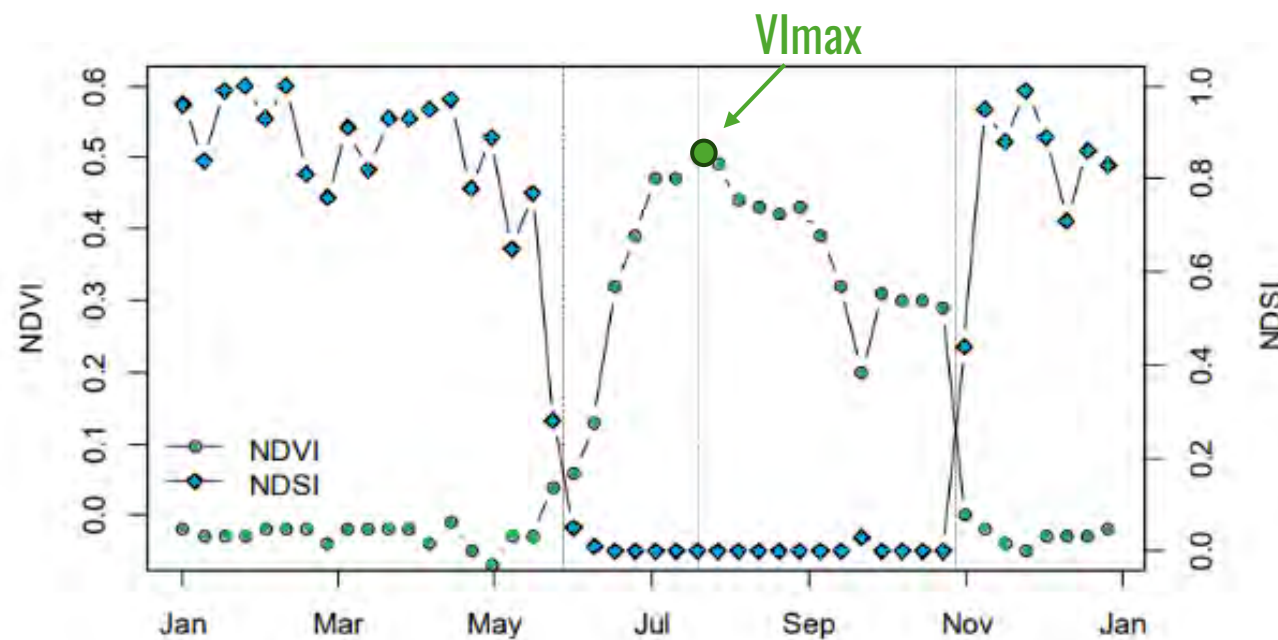
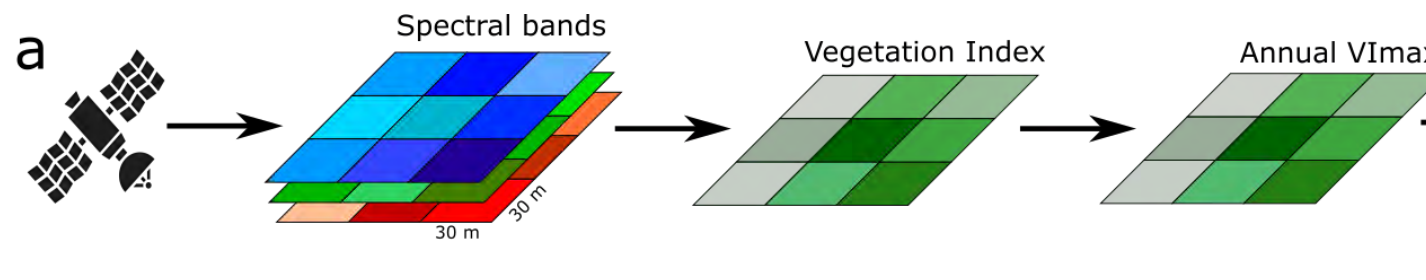
Plusieurs constellations de satellites pour étudier la réponse de la végétation

La constellation Landsat, seule capable de fournir des observations à une **résolution spatiale suffisante (30m)** et sur **une durée suffisamment longue (40 ans)**



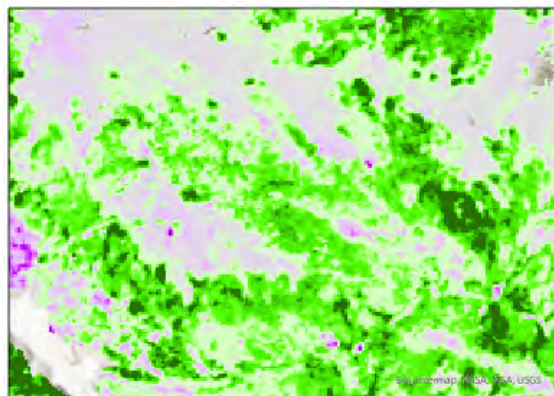
Période Landsat

Calcul du verdissement pour quantifier le changement dans la végétation

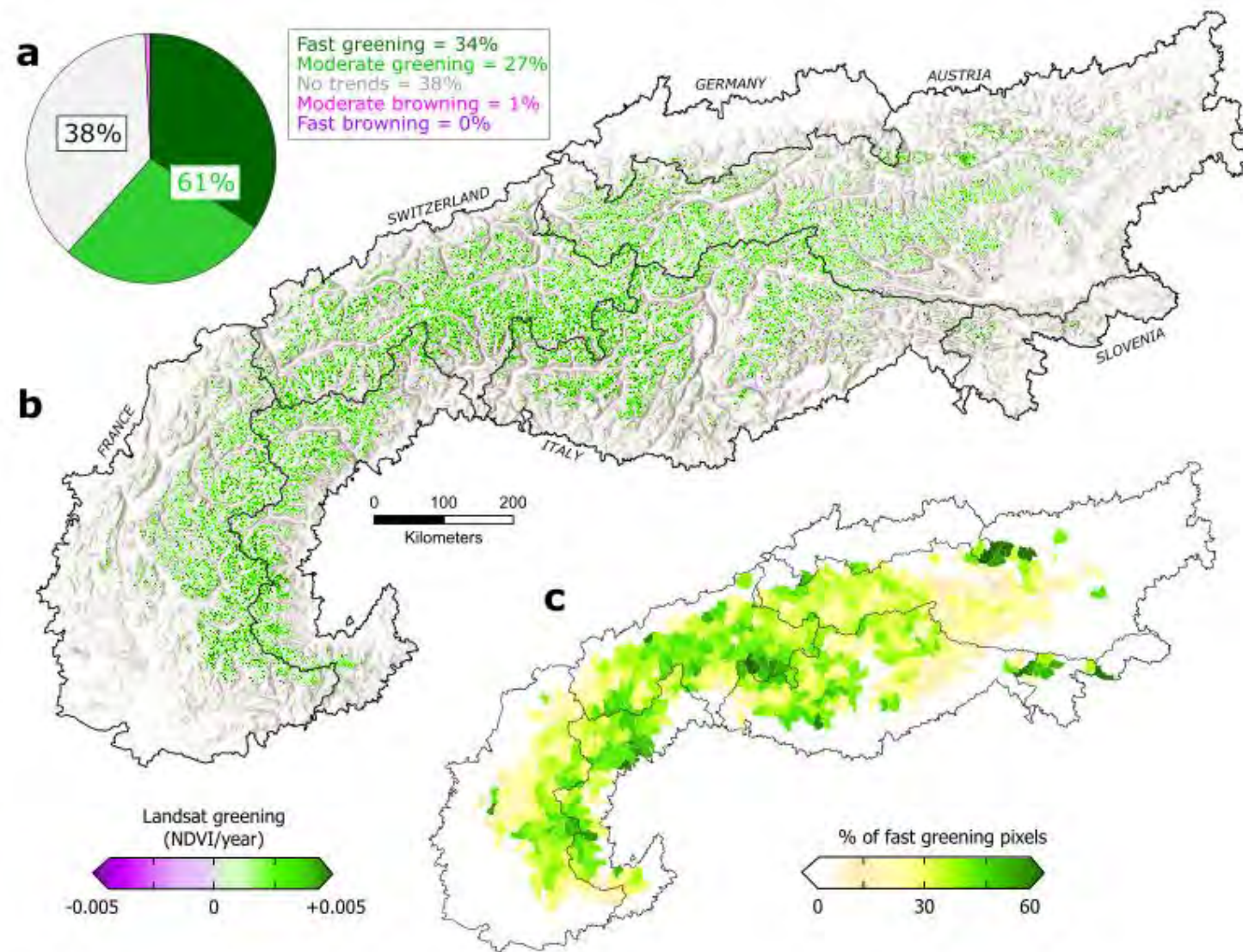


NDVI = Mesure de la quantité de vert
(proxy de l'activité photosynthétique)

On peut capturer le verdissement des Alpes des Alpes Européennes à une échelle fine



Col du Lautaret



Comment expliquer la variabilité spatiale du verdissement ?

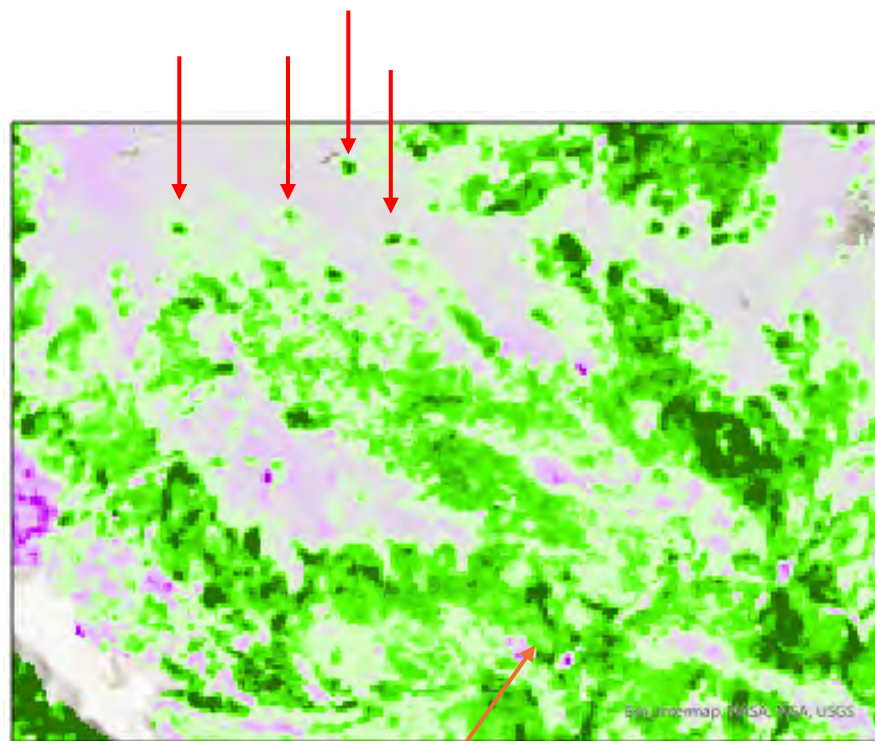
nature climate change

Article

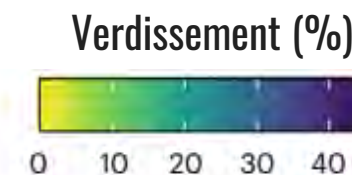
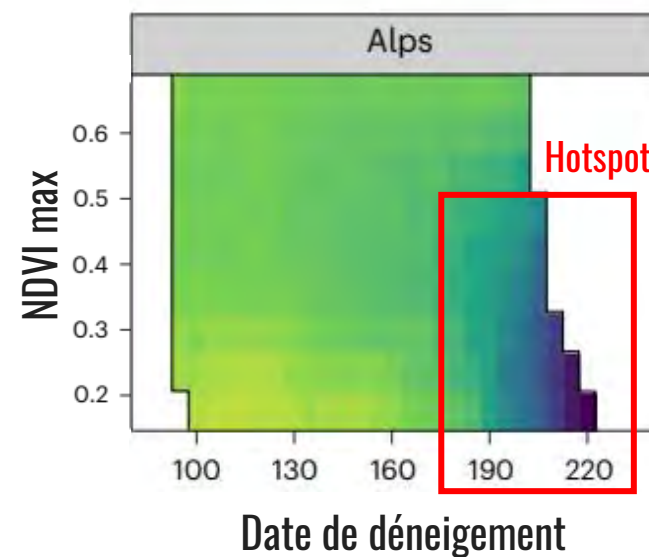
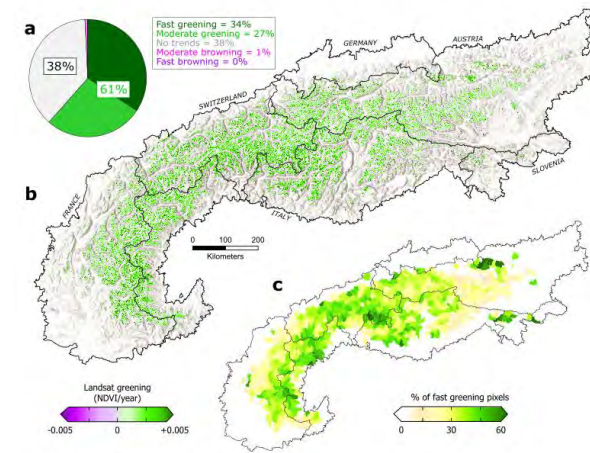
<https://doi.org/10.1038/s41558-024-02177-x>

Waning snowfields have transformed into hotspots of greening within the alpine zone

Philippe Choler¹, Arthur Bayle², Noémie Fort² & Simon Gascoin³



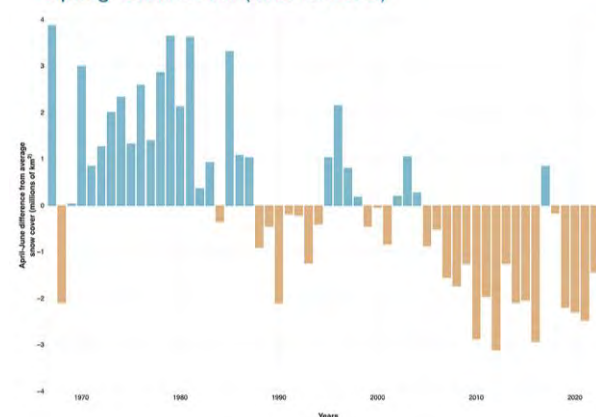
Les habitats à enneigement longs sont des **hotspots de verdissement** à haute altitude à l'échelle du continent Européen



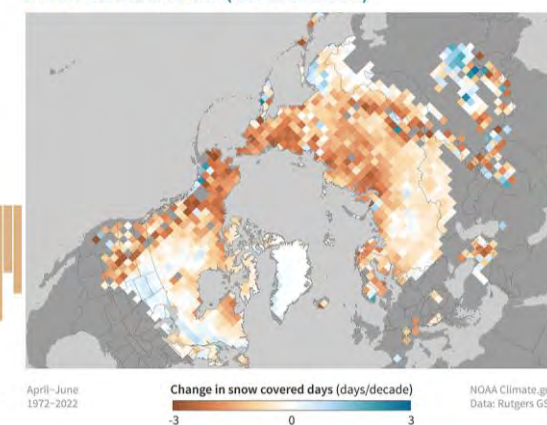
La durée d'enneigement se réduit dans les montagnes tempérées



Spring Snow Cover (1967 to 2023)

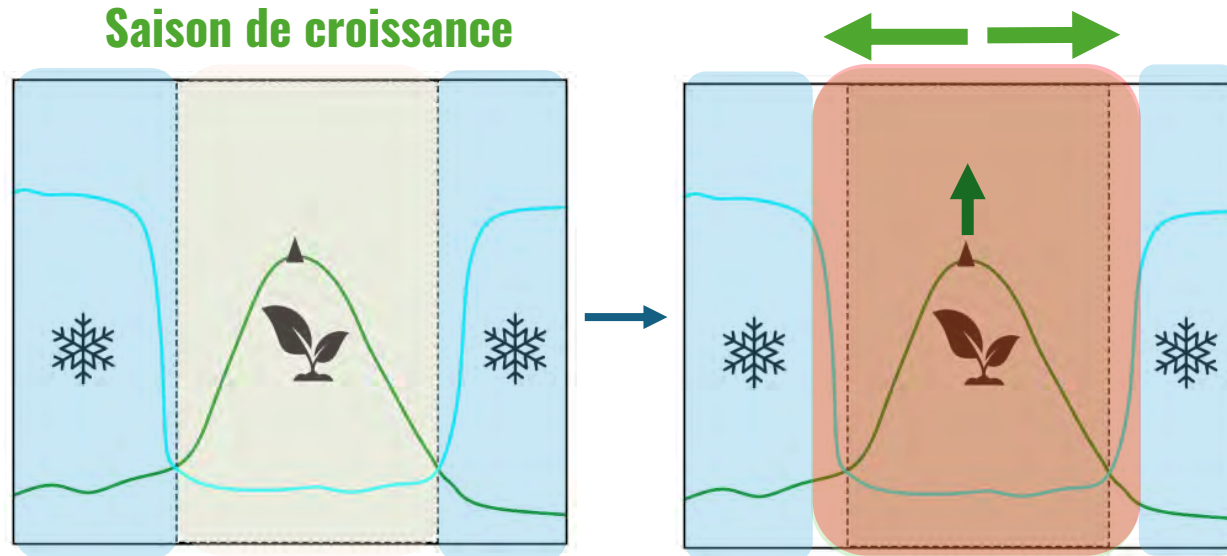


Snow Cover Trends (1972 to 2022)



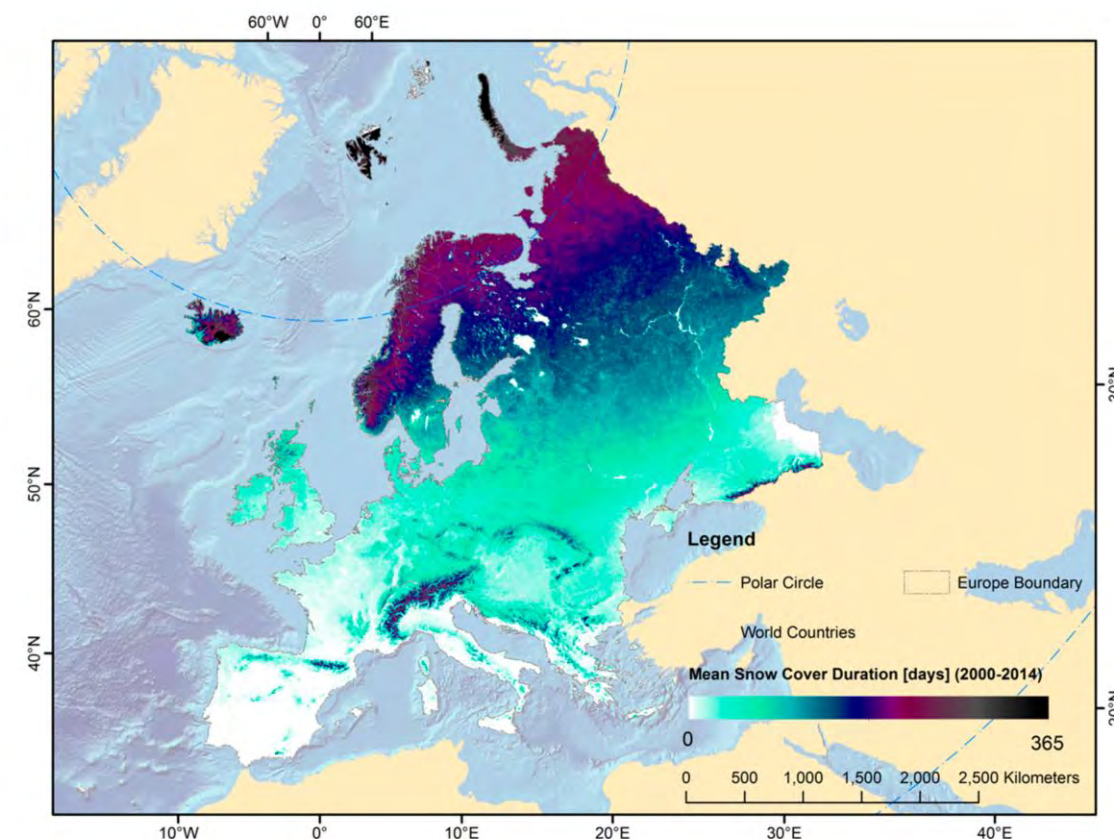
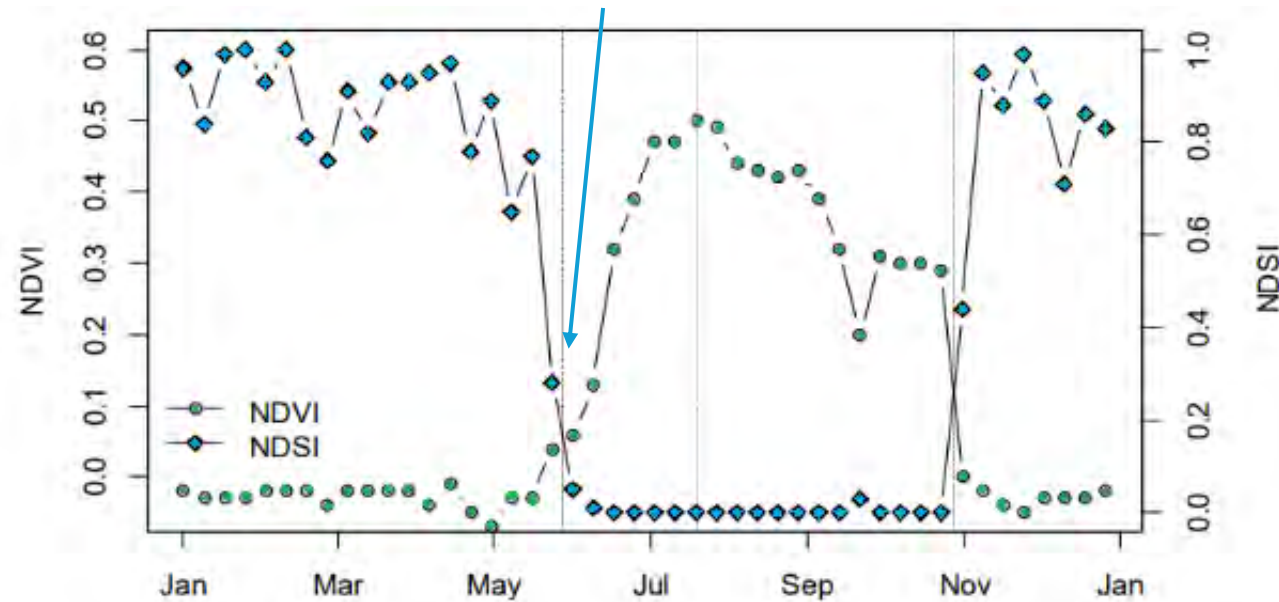
Moins de **neige**, c'est une plus longue **saison de croissance**, et donc plus de temps pour **accumuler de la chaleur** et croître (verdissement)

Saison de croissance



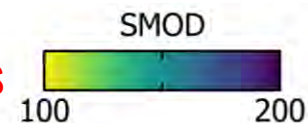
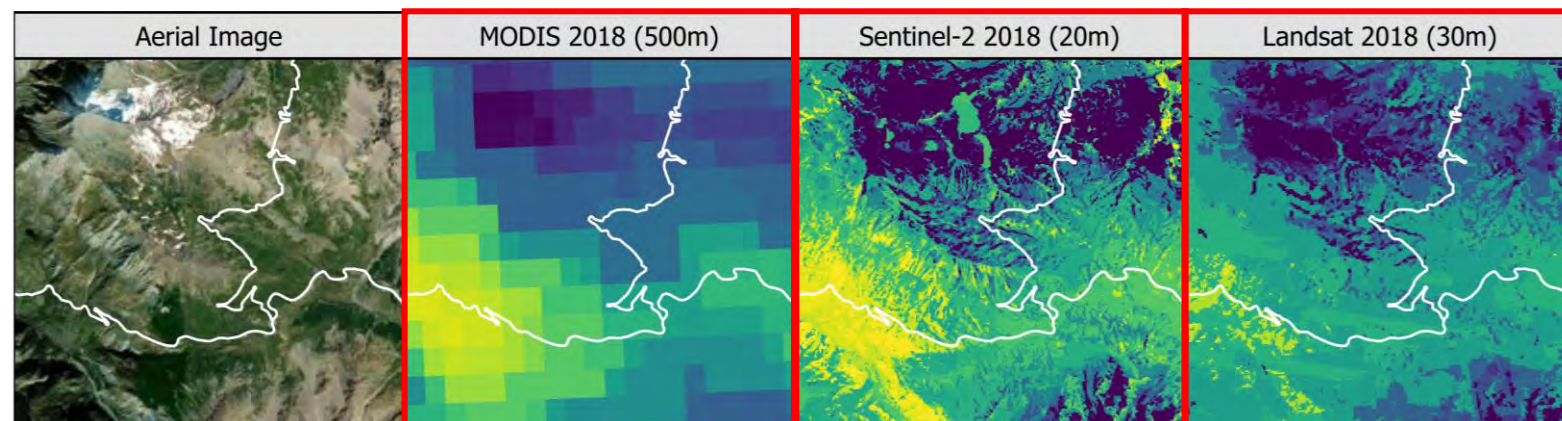
Pour comprendre l'impact d'un changement d'enneigement sur la végétation alpine, il est nécessaire de capturer son évolution à une échelle spatiale fine

Date de déneigement
(Snow Melt-Out Date, SMOD)



Durée moyenne de la saison de neige à partir de MODIS

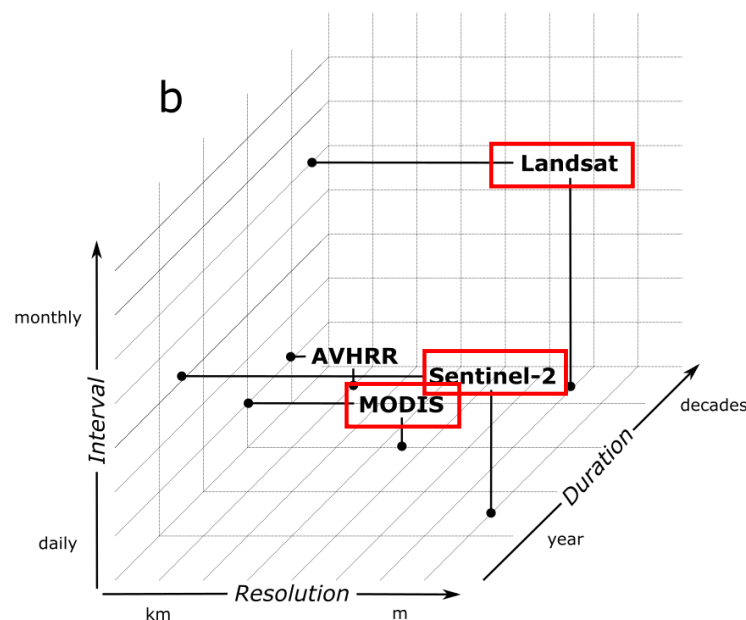
Pour comprendre l'impact d'un changement d'enneigement sur la végétation alpine, il est nécessaire de capturer son évolution à une échelle spatiale fine



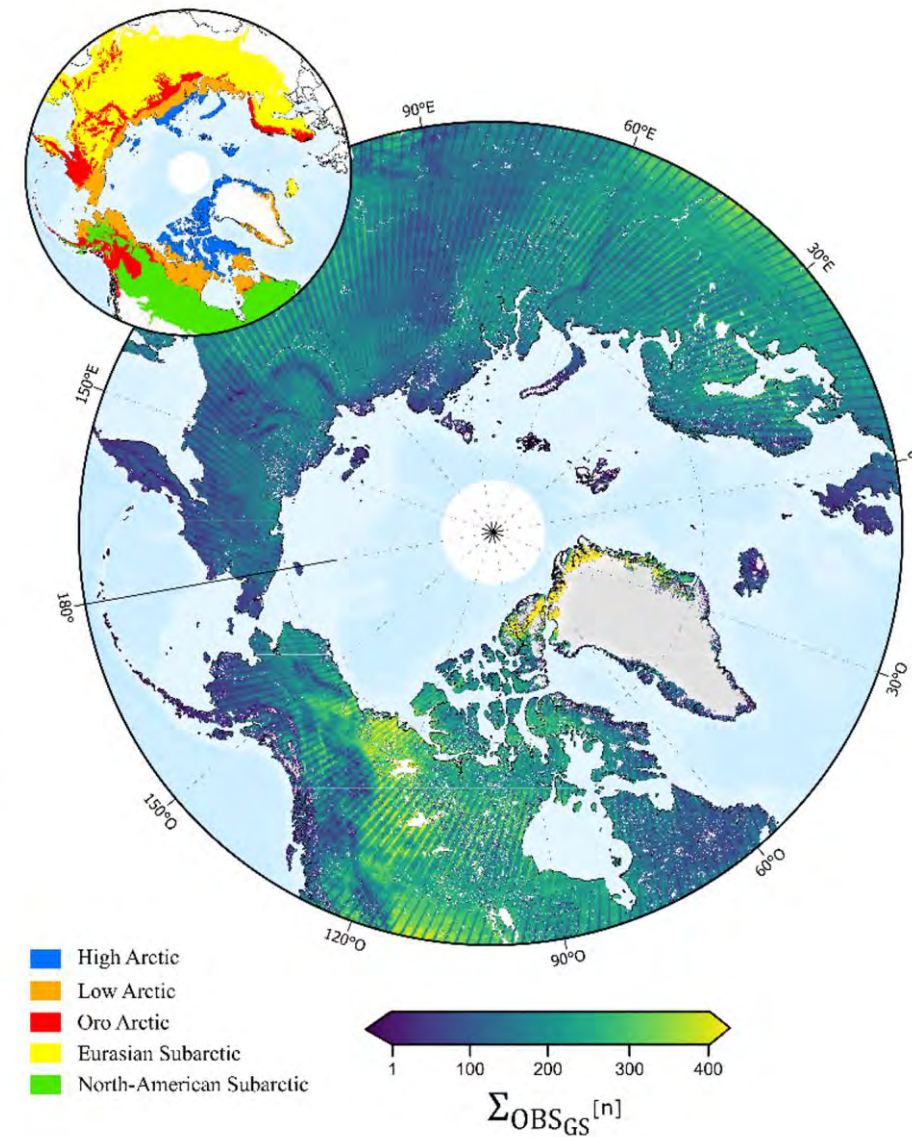
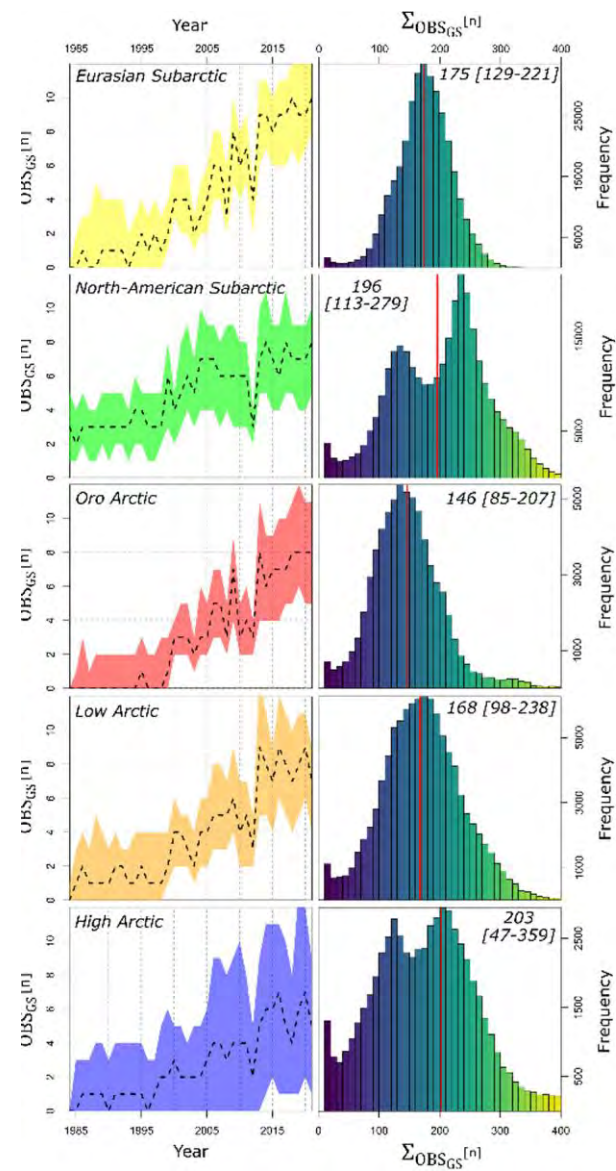
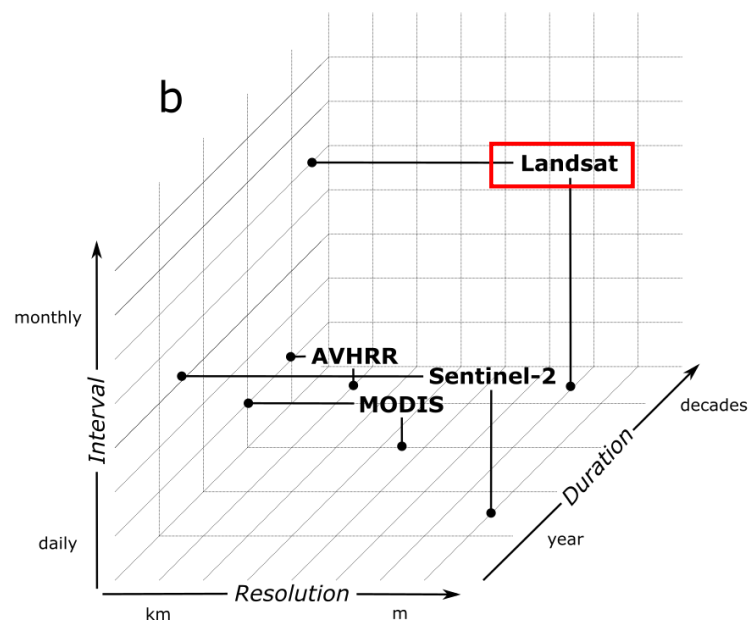
MODIS : Résolution spatiale trop grossière (500m) et seulement depuis 2001, assez d'observations

Sentinel-2 : Résolution spatiale parfaite (20m) mais seulement depuis 2017, assez d'observations

Landsat : Résolution spatiale correcte (30m) et depuis 40 ans, mais trop peu d'observations pour estimer correctement la date de déneigement



Landsat, une constellation aux acquisitions limitées et irrégulières



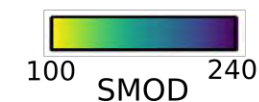
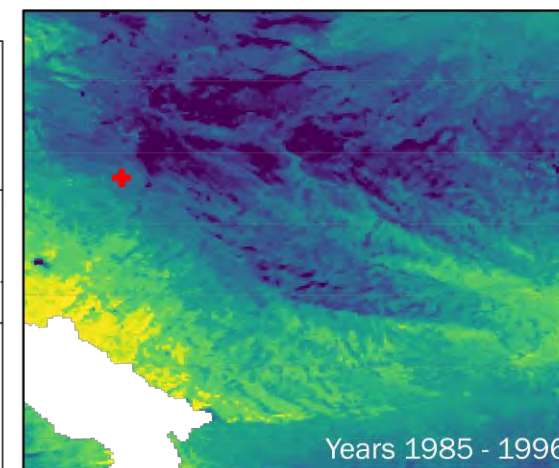
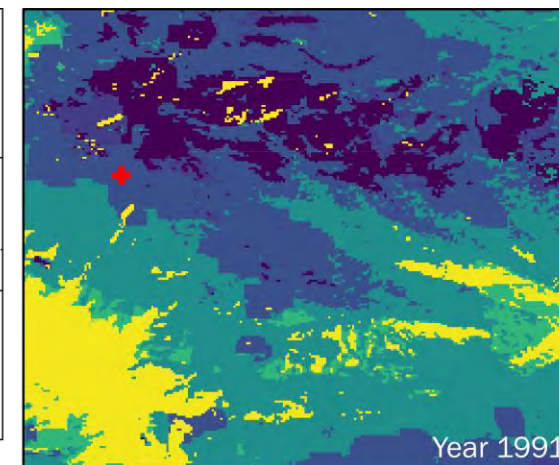
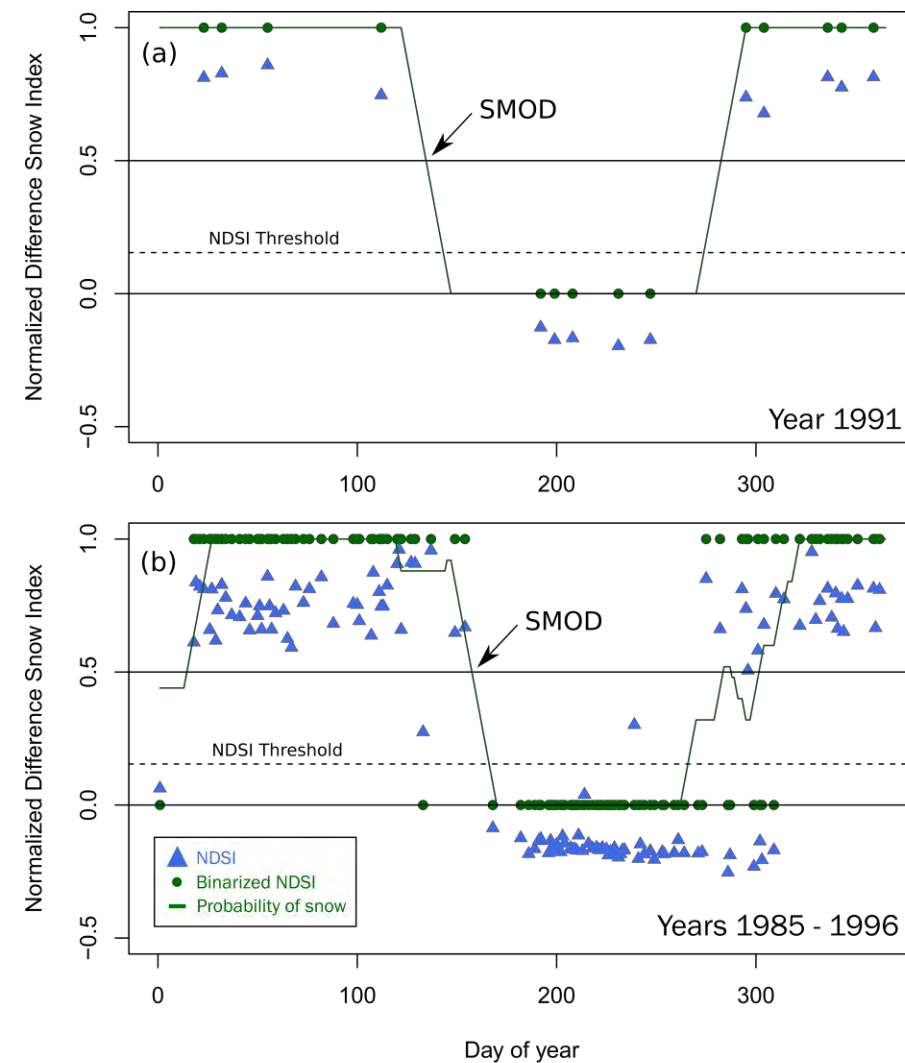
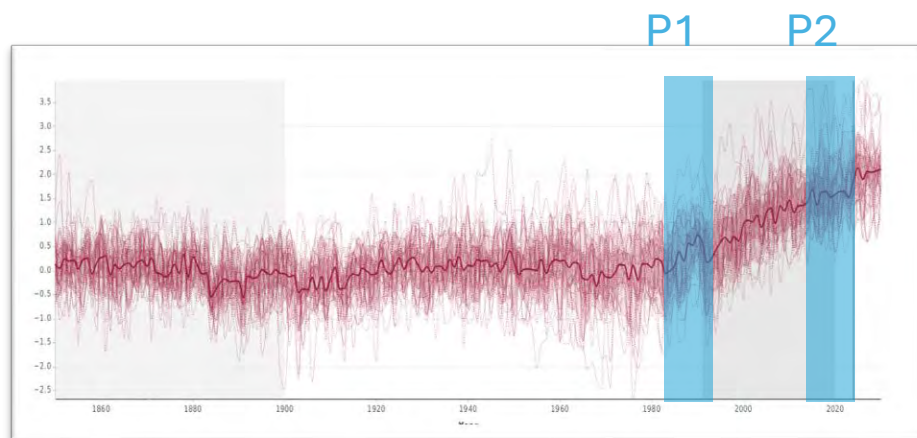
Agrégation des observations sur deux périodes

(P1) 1985 à 1996
(P2) 2011 à 2022

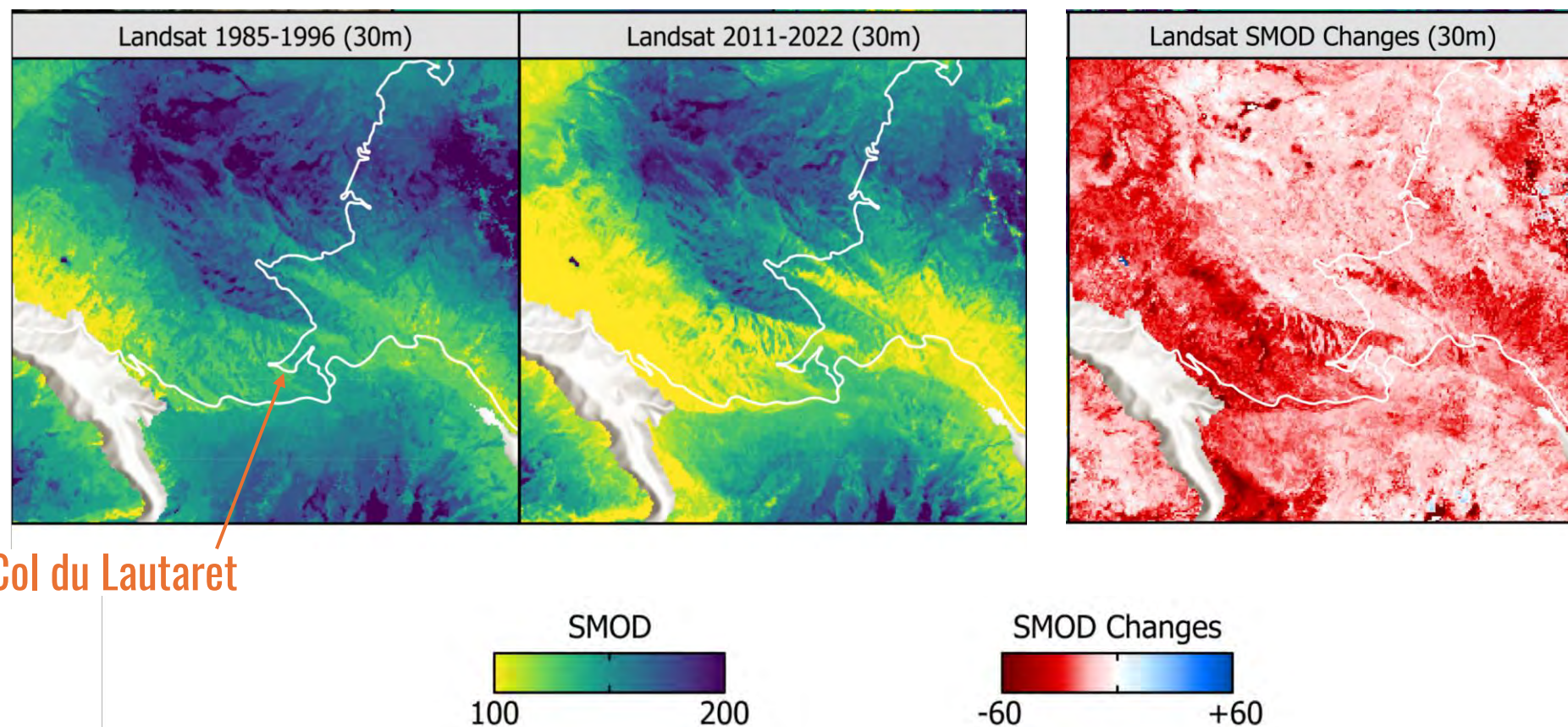
scientific data

Snow melt-out date (SMOD)
change spanning four decades in
European temperate mountains
at 30 m from Landsat time series

Arthur Bayle^{1,2,5}, Simon Gascoin², Christophe Corona³, Markus Stoffel^{3,4,5} & Philippe Choler¹

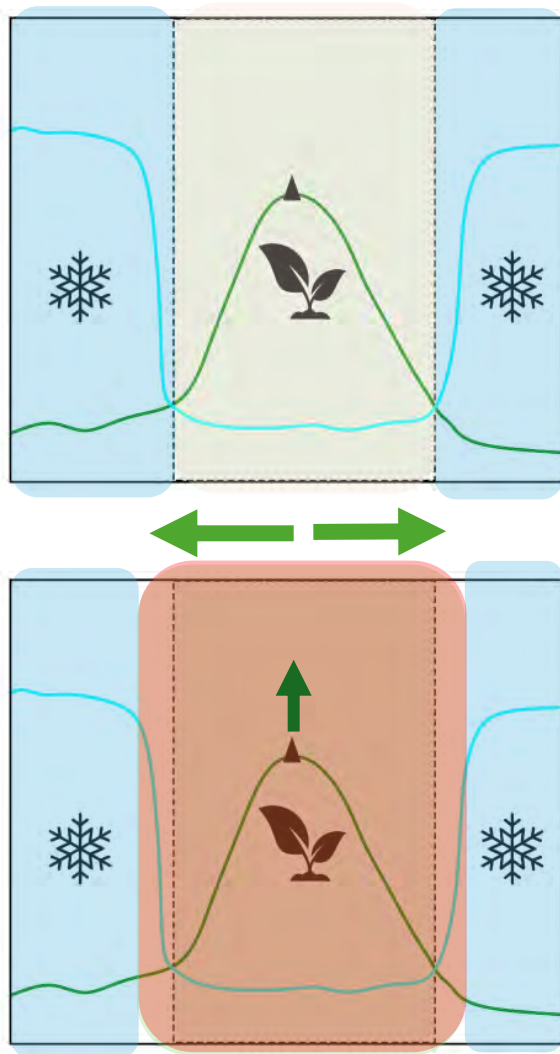


On perd l'information annuelle mais on capture la variabilité spatiale fine de la date de déneigement

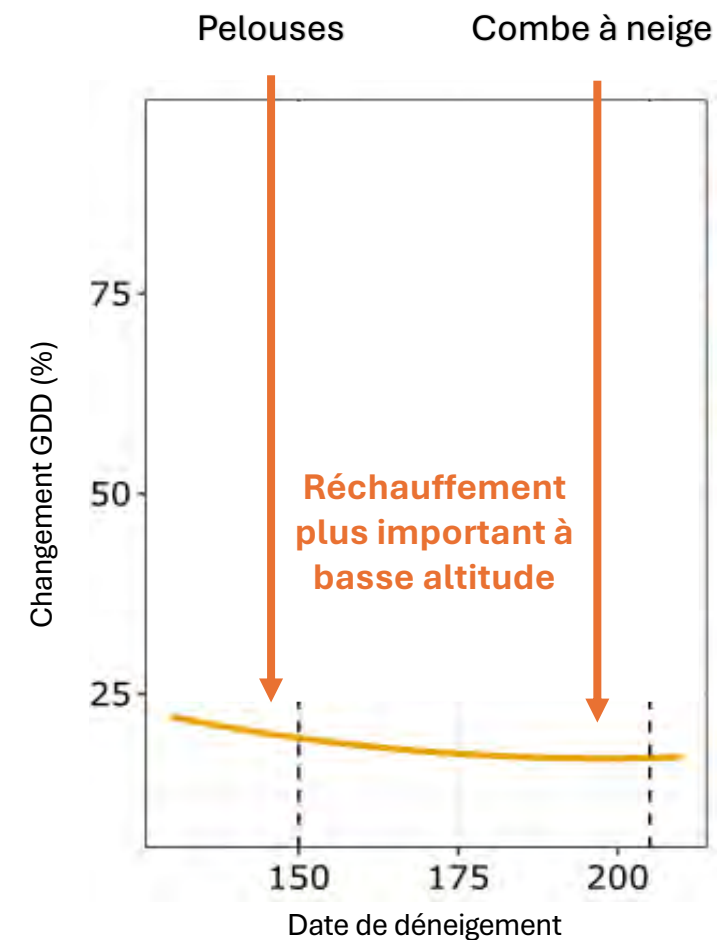


10 jours de neige en moins en juillet n'équivaut pas à 10 jours en moins en avril !

Saison de croissance



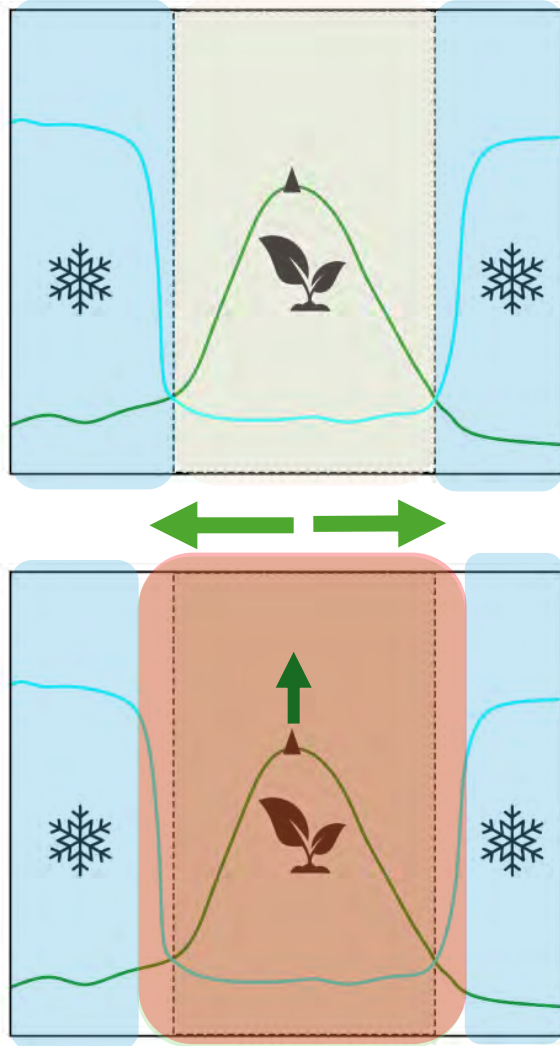
■ Réchauffement température de l'air seulement





10 jours de neige en moins en juillet n'équivaut pas à 10 jours en moins en avril !

Saison de croissance

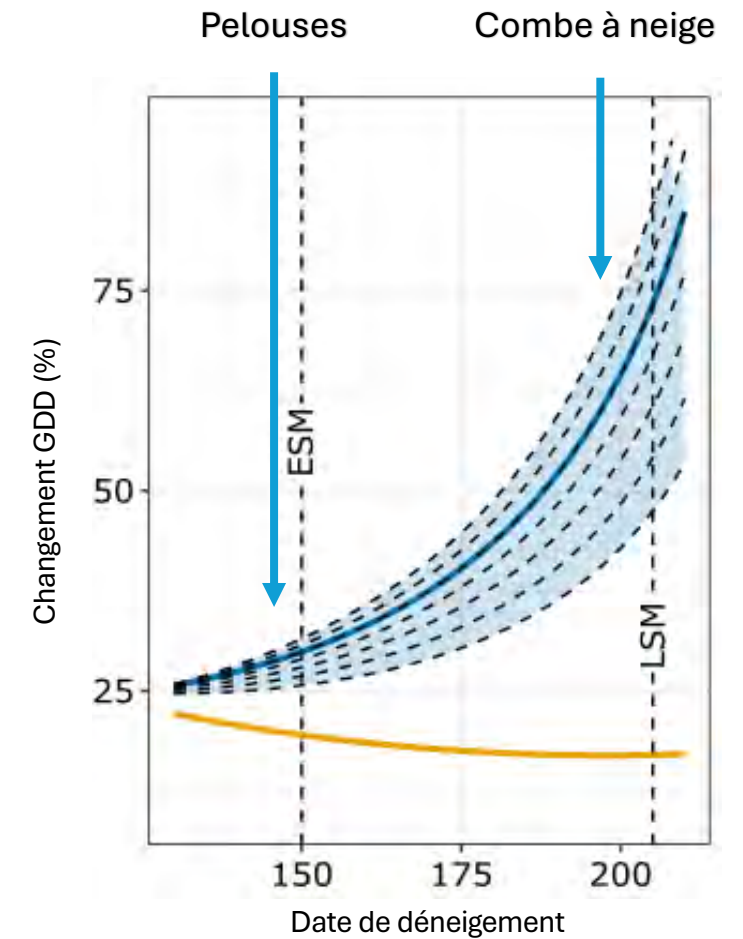


■ Réchauffement température de l'air seulement

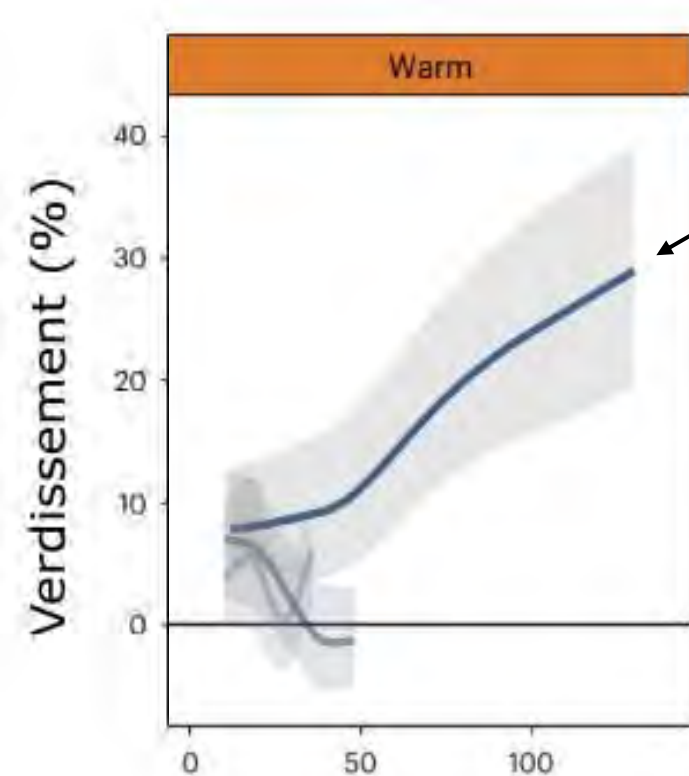
Réchauffement plus important à basse altitude

■ Réchauffement température de l'air et baisse de l'enneigement

Réchauffement plus important à haute altitude



Avec ces méthodes, on explique une grande partie de la variabilité spatiale du
verdissement



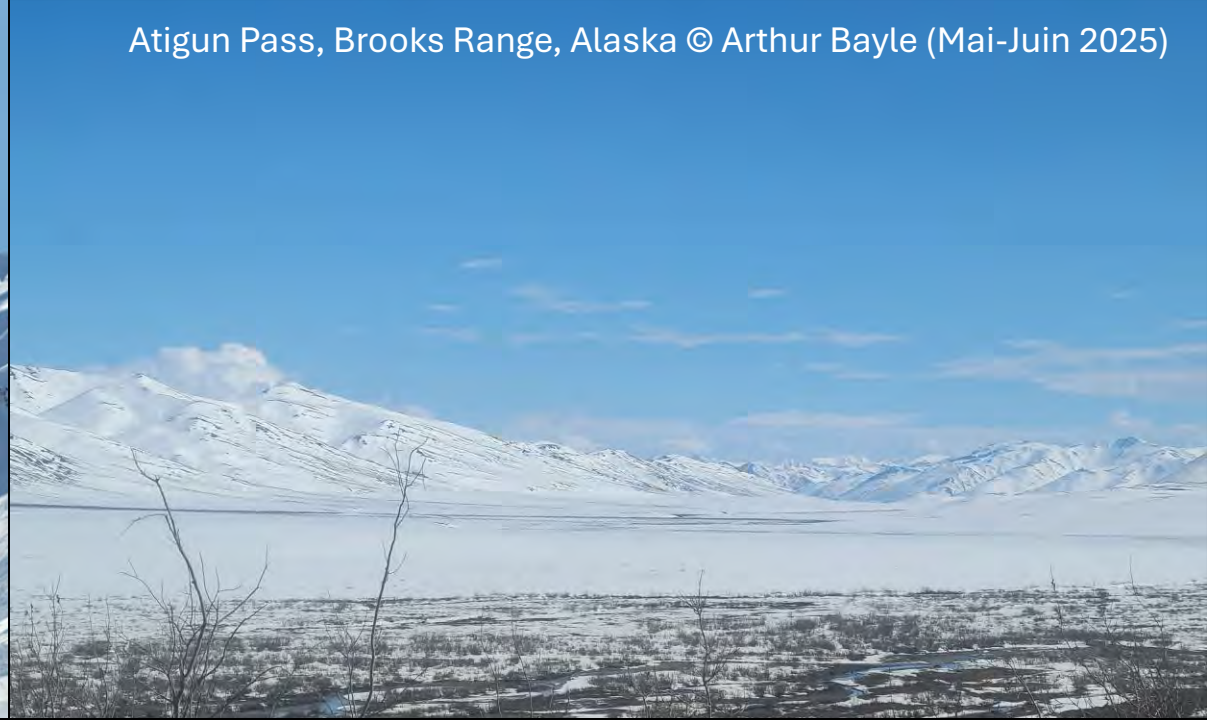
Habitats à enneigement long

Possible seulement si on a
l'information de vert (NDVI) et
de neige (SMOD) à la bonne
résolution spatiale

Augmentation du GDD sur
la saison de croissance (%)

Take home messages

- Pour comprendre la réponse de la végétation alpine au changement climatique, l'information de l'évolution de l'enneigement est essentielle
- Une information à une résolution spatiale adaptée est nécessaire tant pour la végétation que pour la neige
- À partir de la télédétection, seul la constellation Landsat est capable de fournir de l'imagerie à moyenne résolution (<50m) sur une durée suffisamment longue (40 ans)



Merci !