

Ecosystèmes et changements climatiques

Sandra LAVOREL

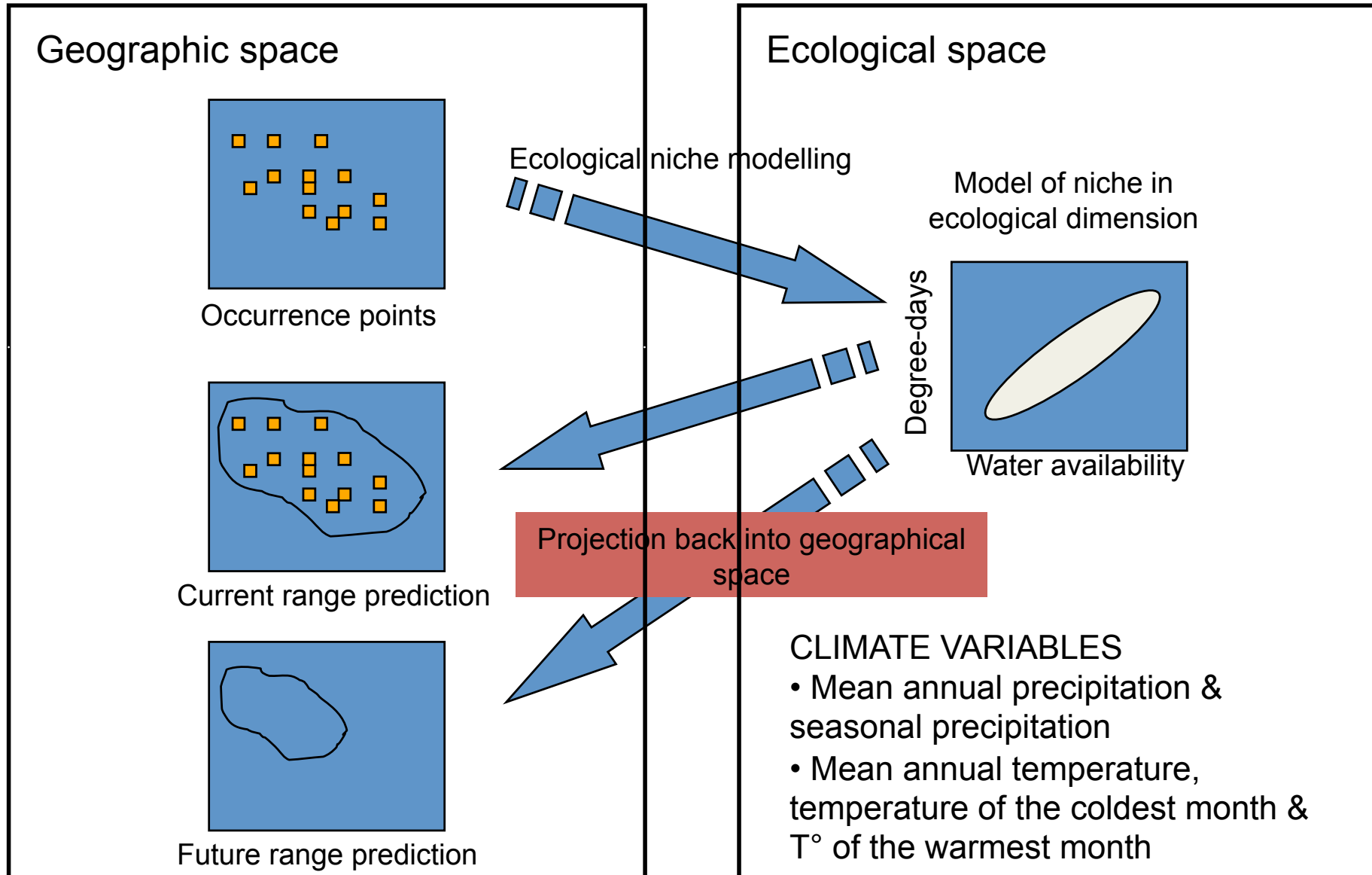
Philippe CHOLER



Plan de la présentation

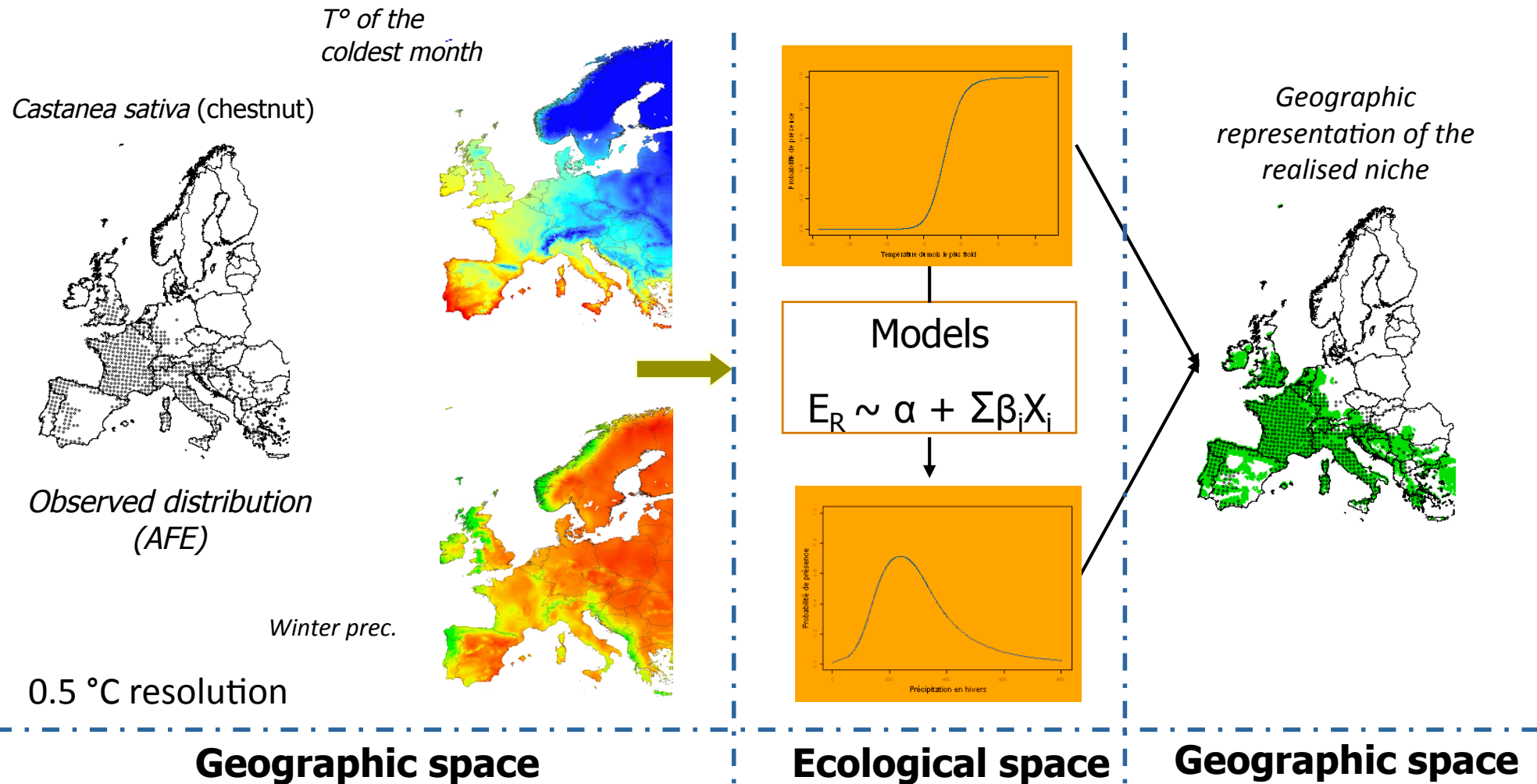
- Effets du climat sur la biodiversité
 - Modèles de distribution de la biodiversité selon le climat
 - *Modélisation des dynamiques forestières*
- Neige et fonctionnement des écosystèmes
- Modélisation des cycles biogéochimiques à l'échelle régionale
- Scénarios intégrés de vulnérabilité des territoires alpins au changement climatique

Niche-based modelling of species distributions



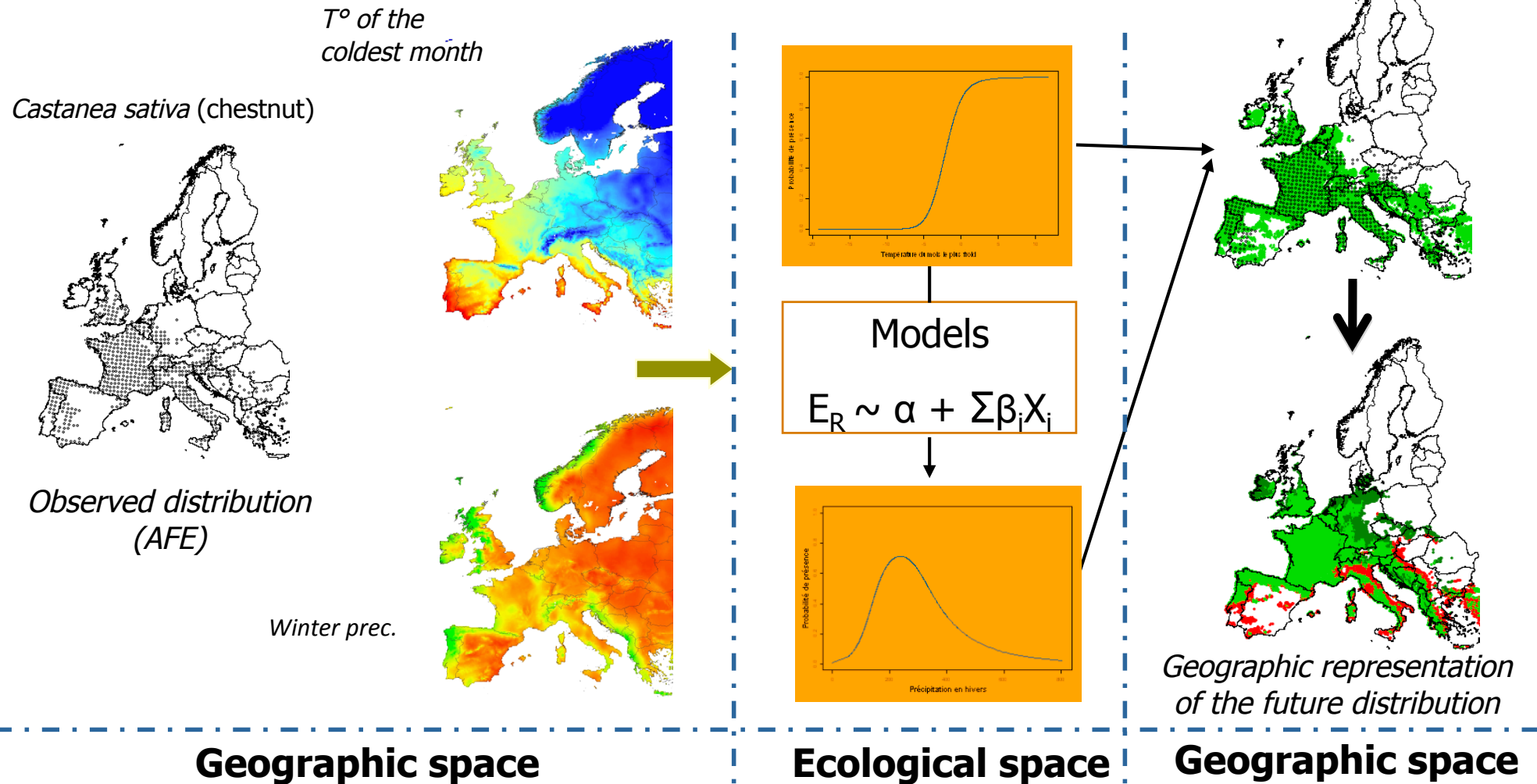
Methods for generating biodiversity models

Species distribution modeling



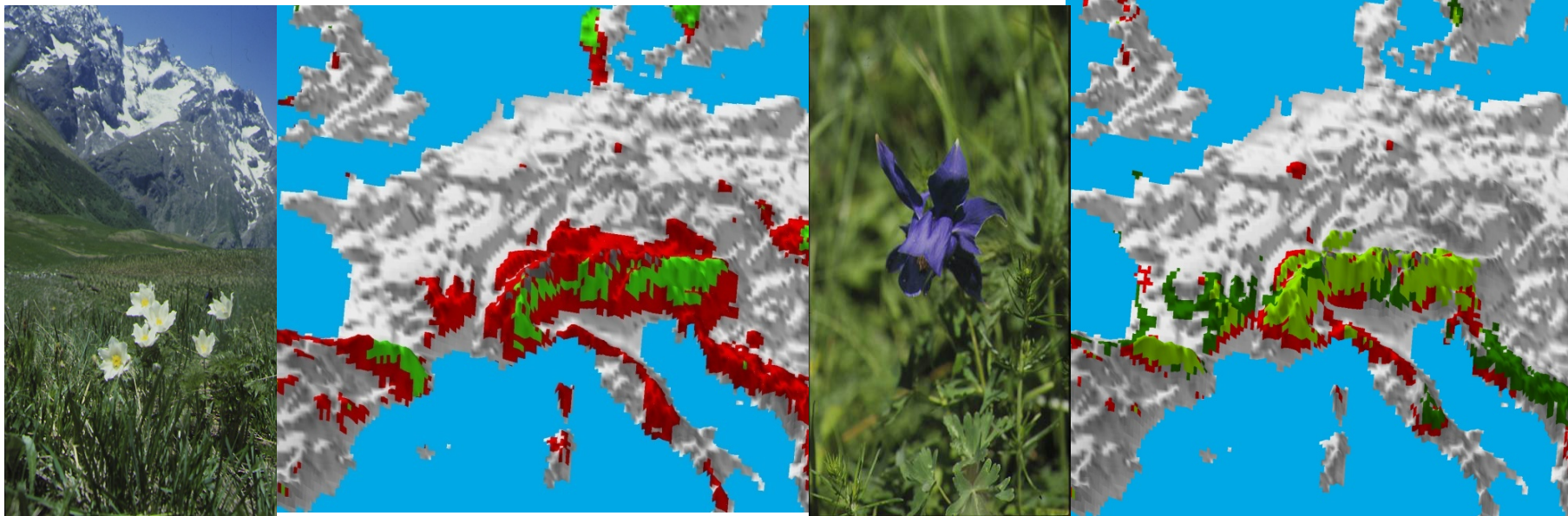
Methods for generating biodiversity models

Species distribution modeling



Conserving Europe's natural capital

Commitments for biodiversity under Natura 2000



Pulsatilla alpina

Aquilegia alpina

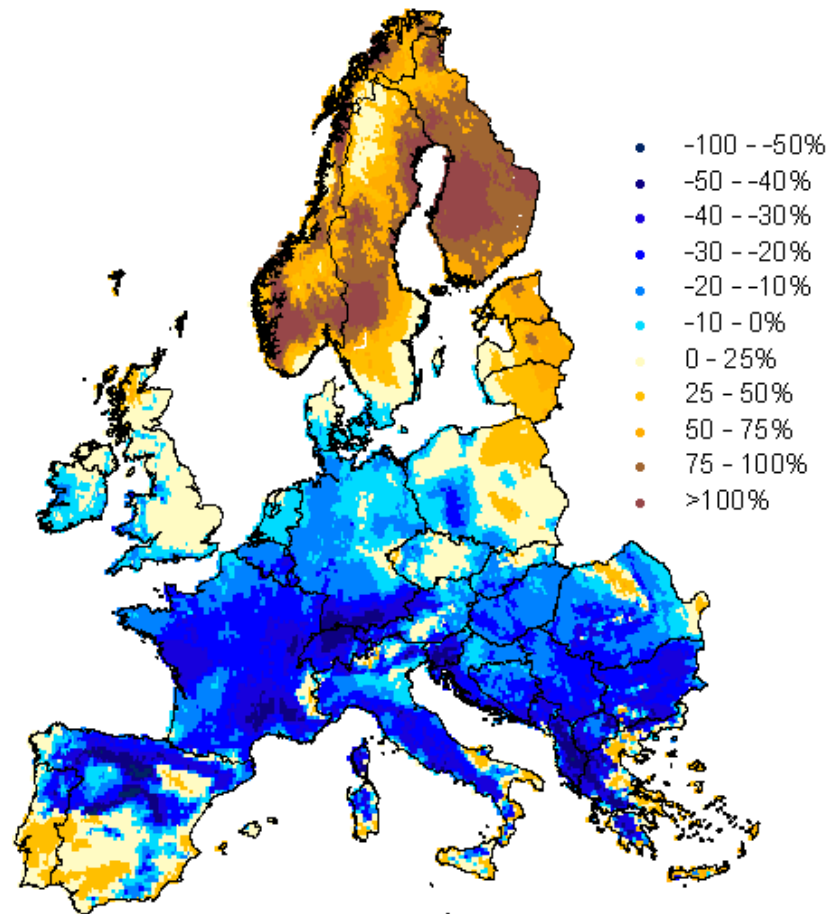


Advanced
Terrestrial
Ecosystem
Analysis and
Modelling

ATEAM

Impact on plant species richness

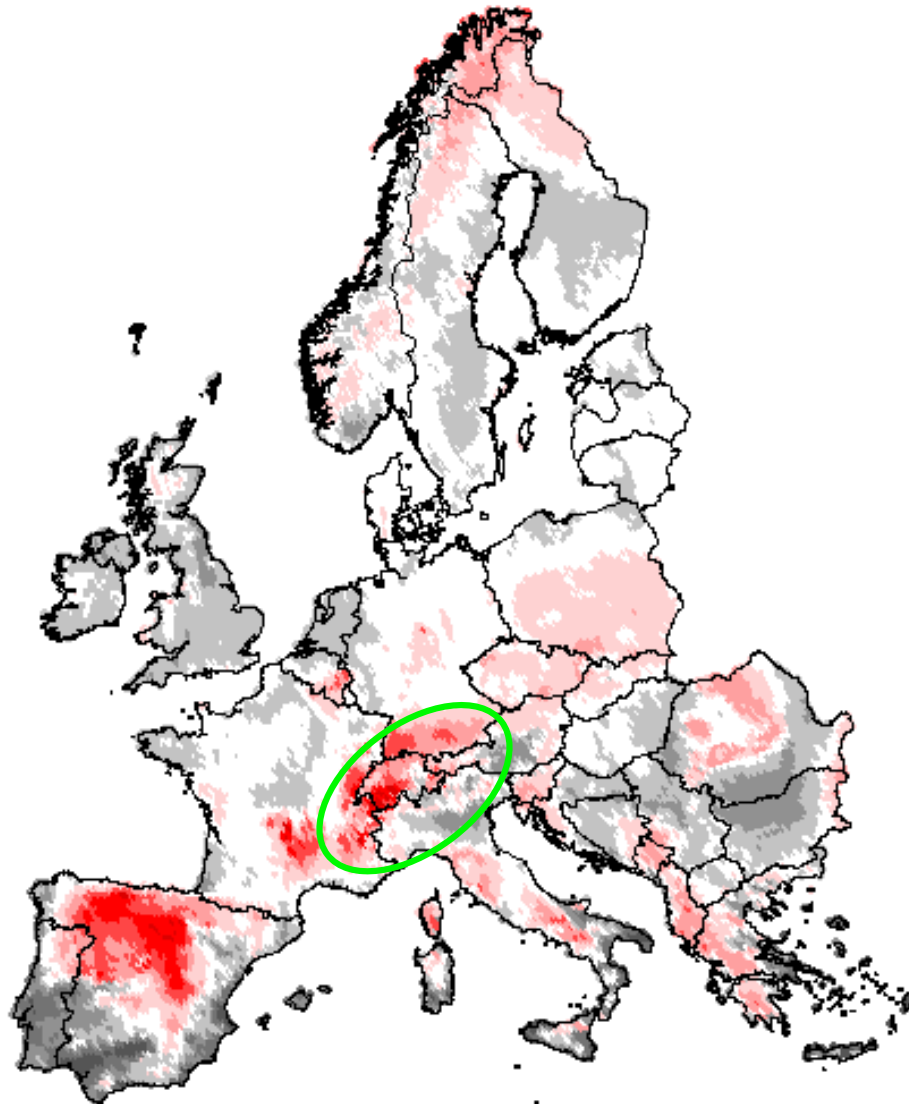
Method: Aggregating individual species responses to project changes in species diversity



2080 - A1 HadCM3

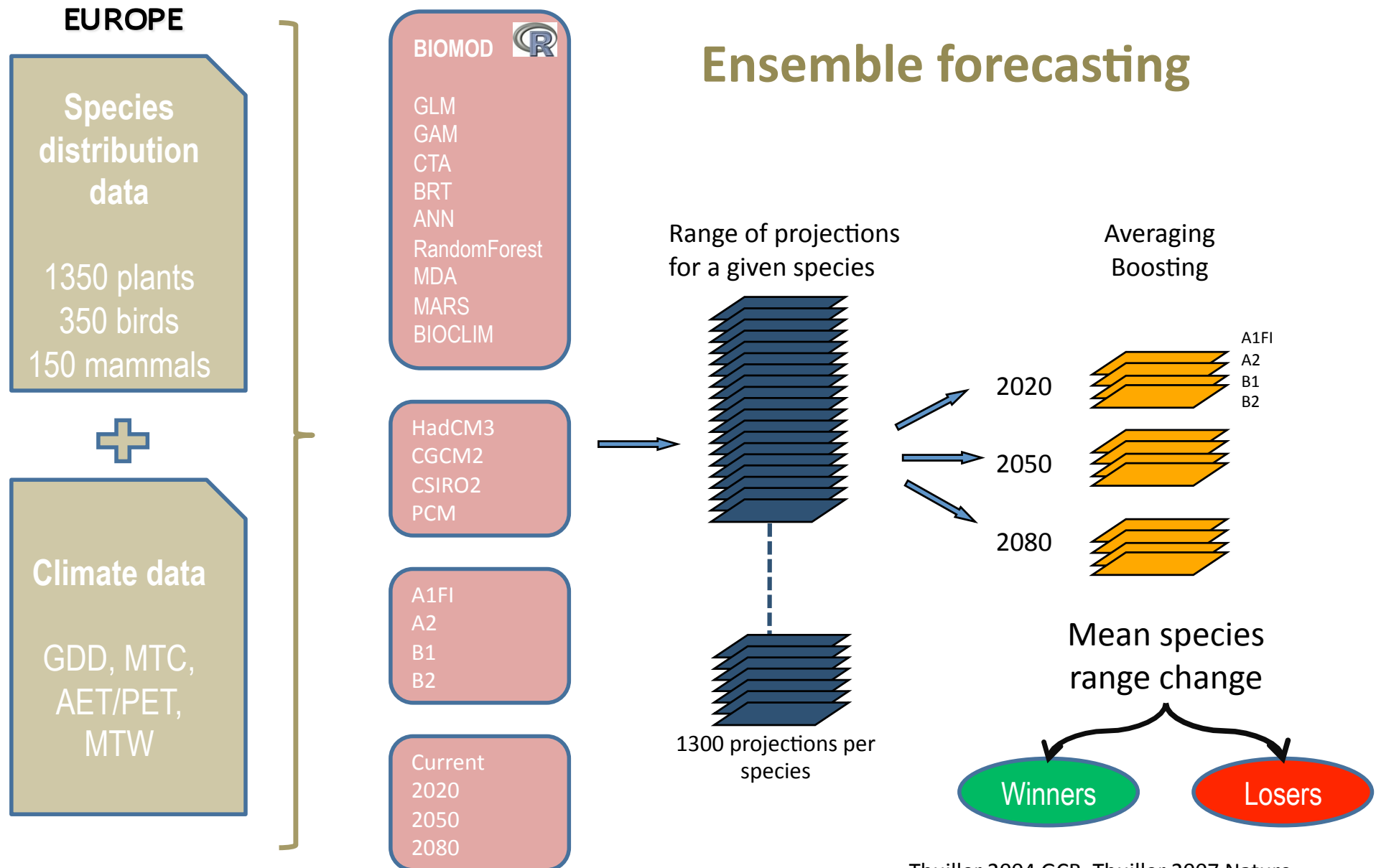
Future – present richness

Relative sensitivity of plant biodiversity to climate change (2080)



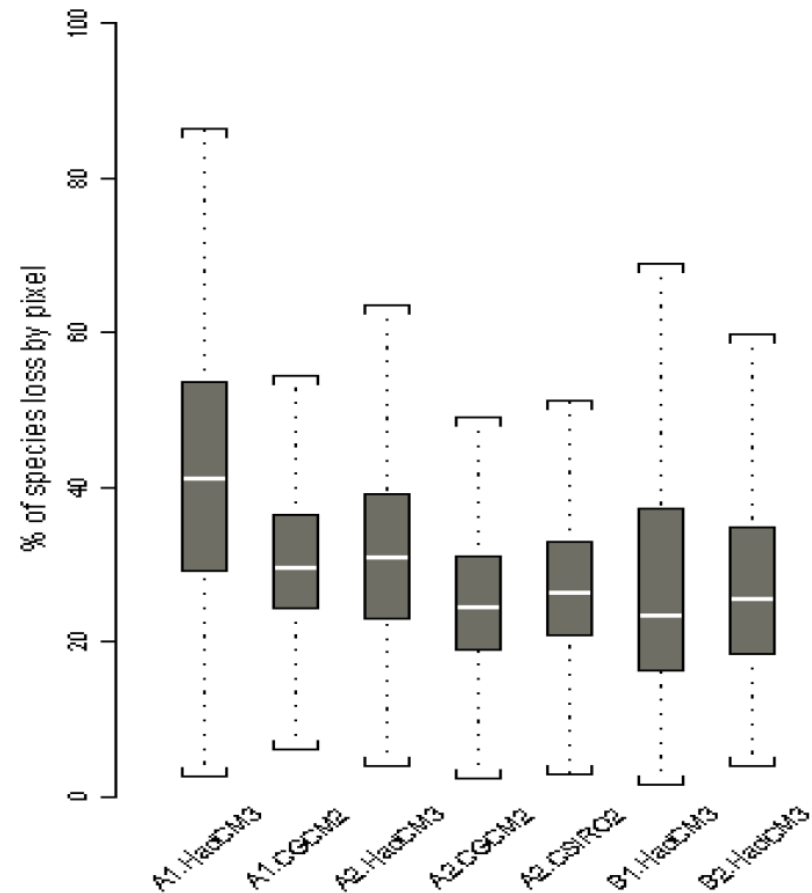
- Mountain and mediterranean regions are the most threatened regions in Europe
- In mountains greatest changes are expected at intermediate altitudes (e.g. Prealps)

Quantifying uncertainties in biodiversity forecasts



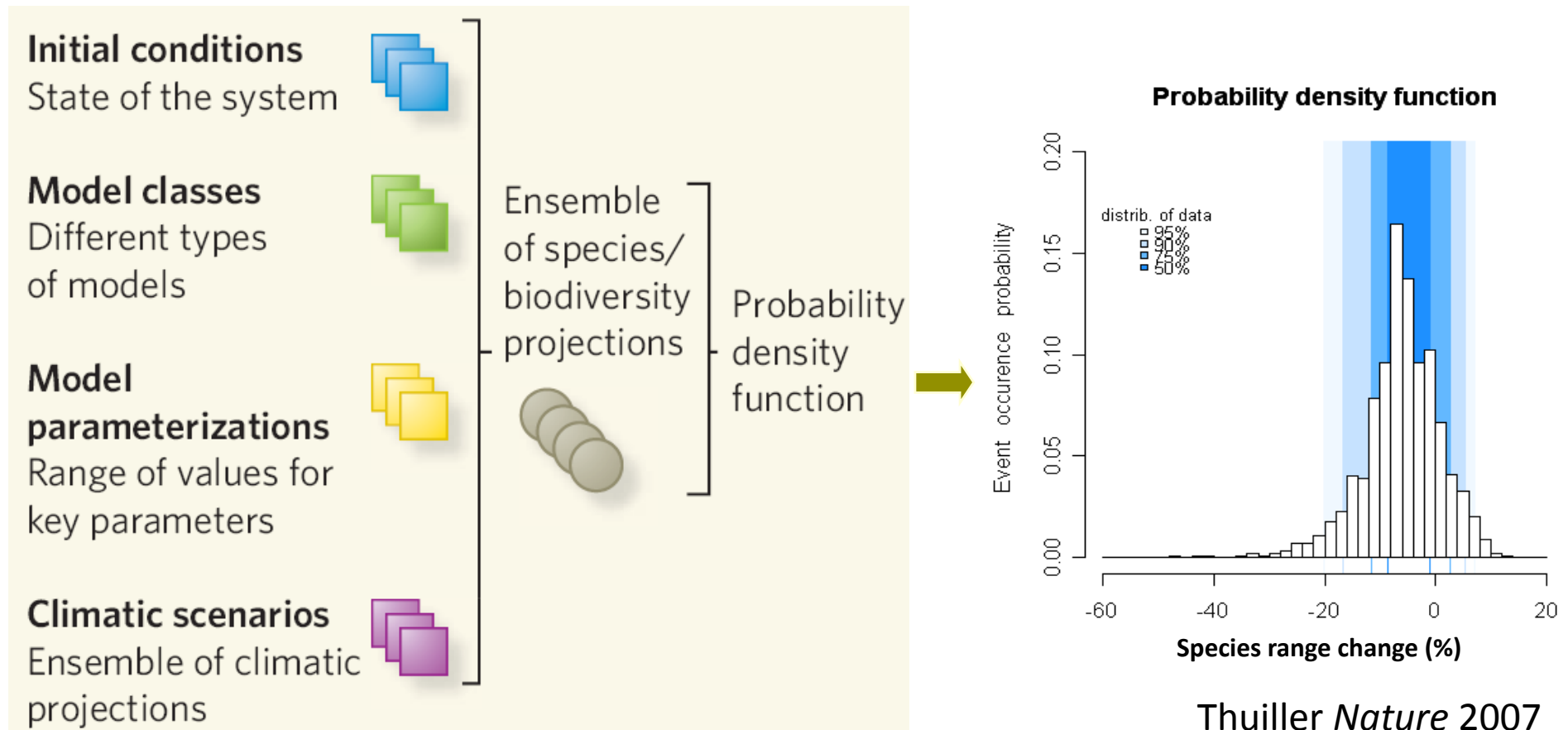
Uncertainties in climate scenarios

- Two key sources of uncertainty (IPCC 2001):
 - Emission scenarios: differences across scenarios account for half of the 1.4-5.8 °C range in projections of global warming
 - Climate models: differences across models account for the other half of the 1.4-5.8 °C range in projections of global warming
- Use multiple projections with combinations of scenarios and climate models



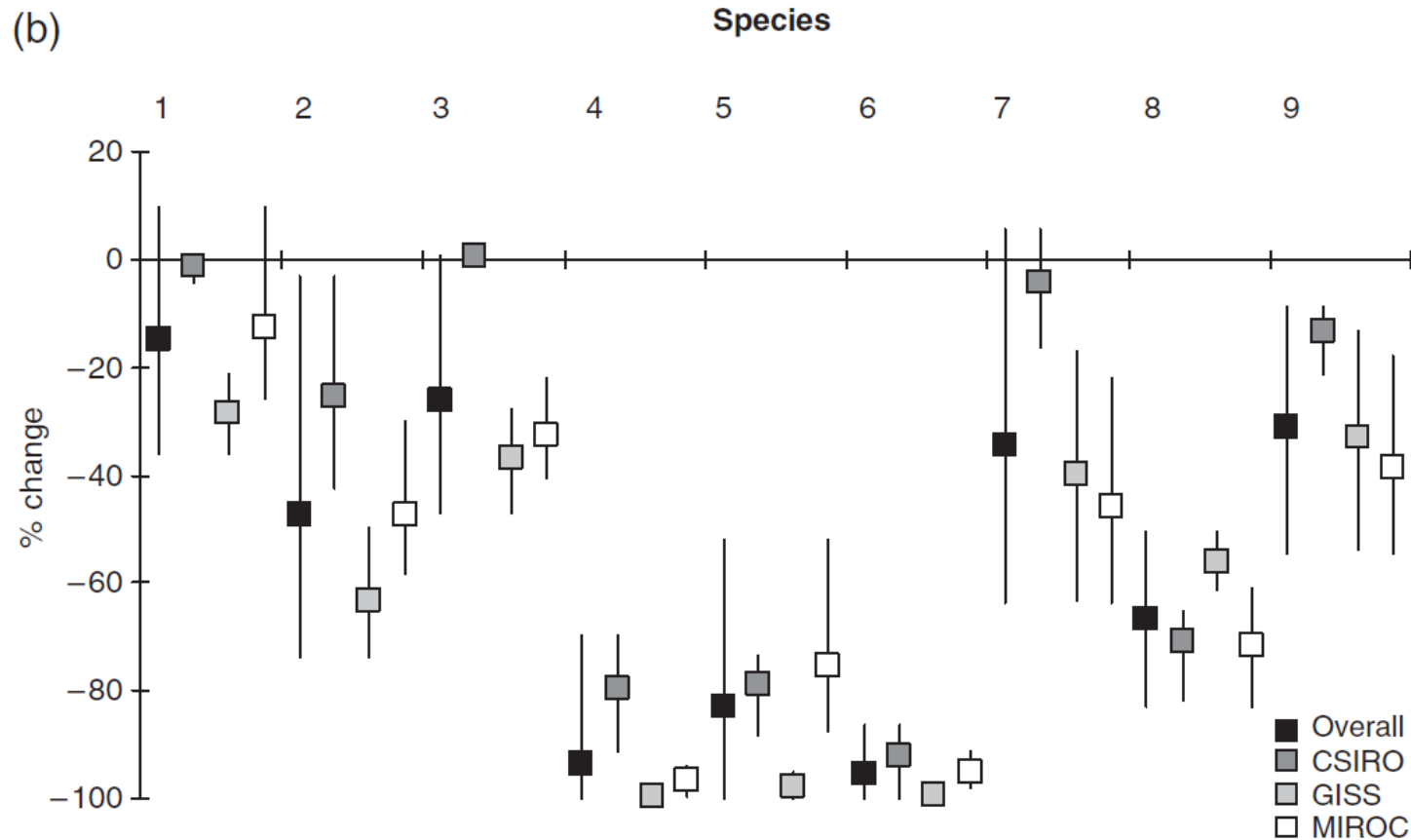
State of the art advances

New ensemble forecasts for biodiversity scenarios



- Biodiversity models are now able to integrate uncertainties from multiple sources, including from climate scenarios

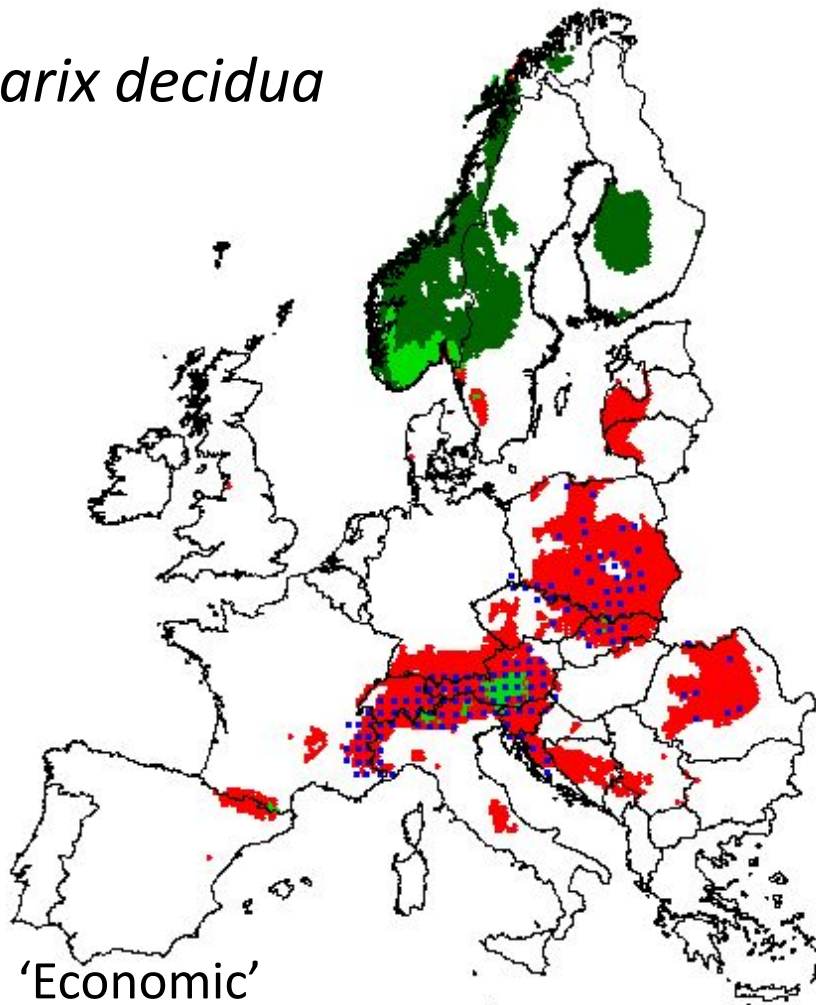
Ensemble forecasts - example



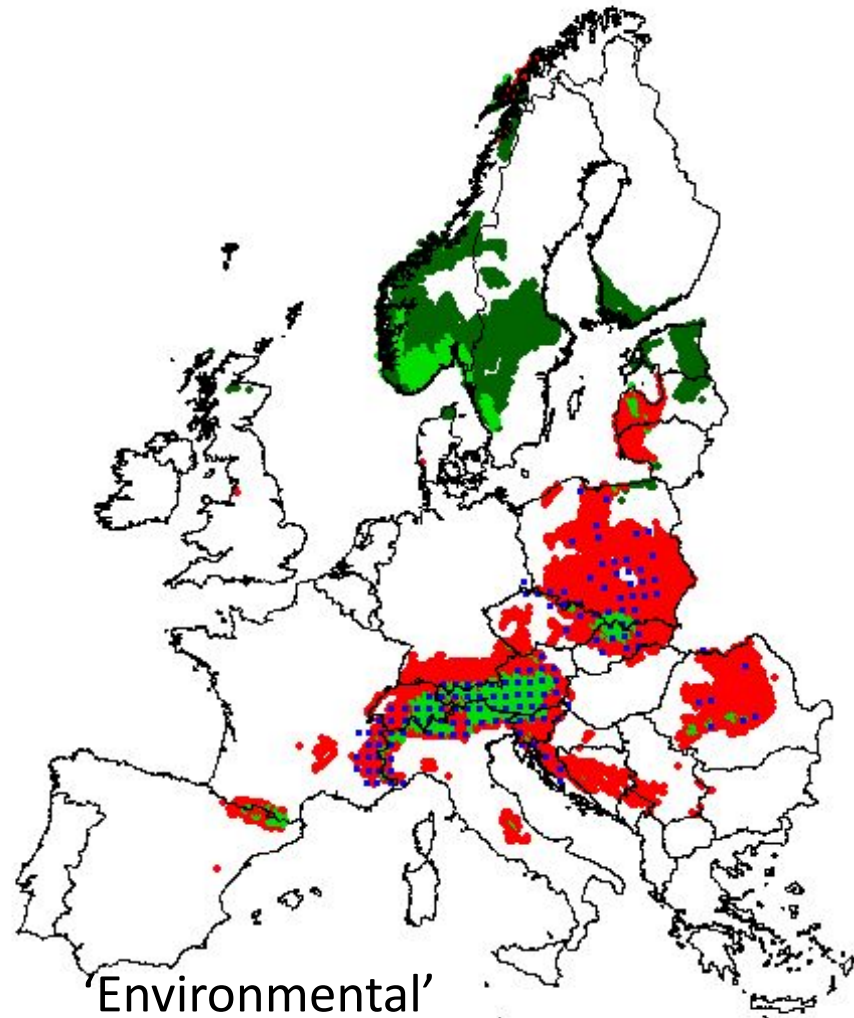
Percentage change in the bioclimatic area of nine butterfly species projected for 2030 – Beaumont et al. GCB 2007

Downscaling models of species distributions

Larix decidua



'Economic'
scenario 2080



'Environmental'
scenario 2080



Advanced
Terrestrial
Ecosystem
Analysis and
Modelling

ATEAM

Downscaling ecological niche-based models: *Larix decidua* in the French Alps

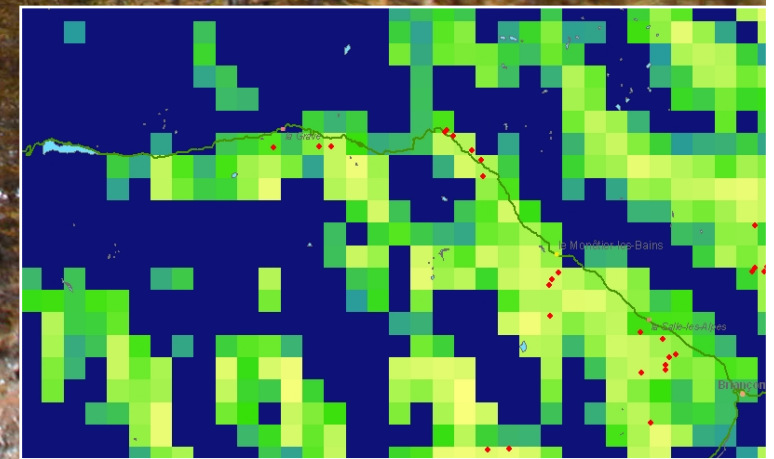
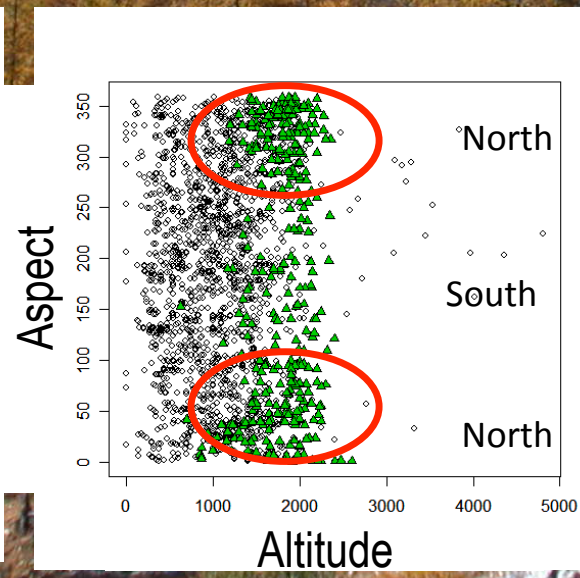
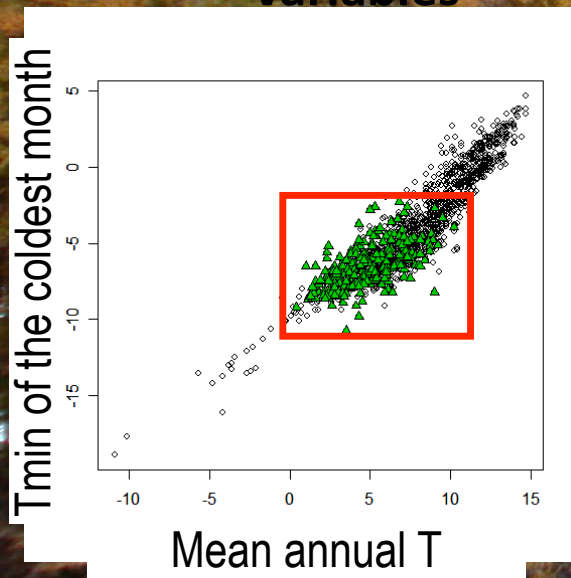
→ Environment variables :

Bioclimatic (1km*1 km): Mean temperature, Temperature seasonality, Min temperature of the coldest month, Annual precipitation, Precipitation of driest /wettest month

Topographic (1km*1 km): Elevation, aspect, slope

→ Niche description: what are the suitable bioclimatic conditions for larch?

→ Consensus from CTA, GLM, GAM on selected ecologically meaningful variables



Tree dynamics at landscape scale

➤ 3 types of response according to uncertainty on key parameters :

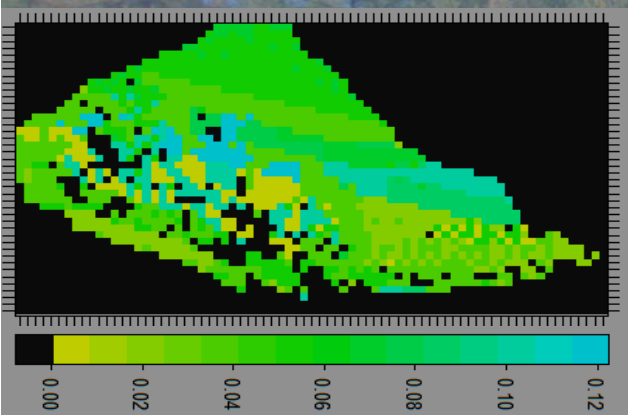
- A complete colonization →
(100 trees per ha)

- Long distance dispersal
- Large niche breadth for productivity
- Shade tolerant Juveniles

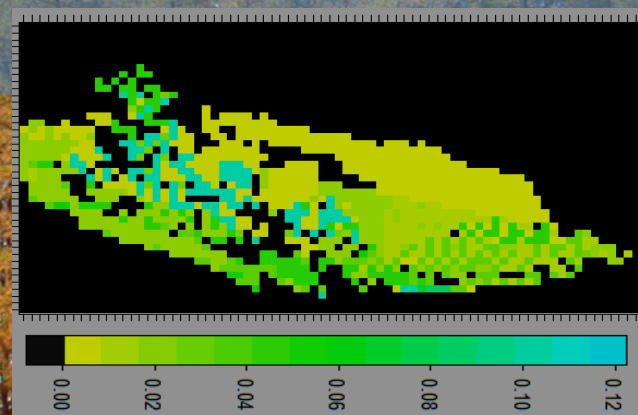
- A colonization by patches → Shade tolerant juveniles →

- Patchy colonization on highly productive soil
- Large niche breadth limited by dispersal

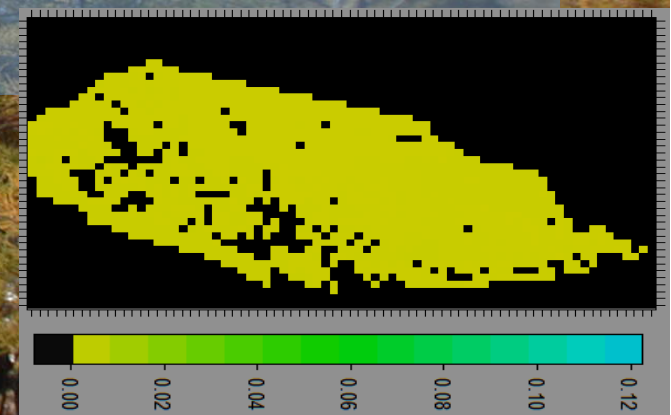
- No colonization (a few scattered trees) → other parameter combinations



Colonized



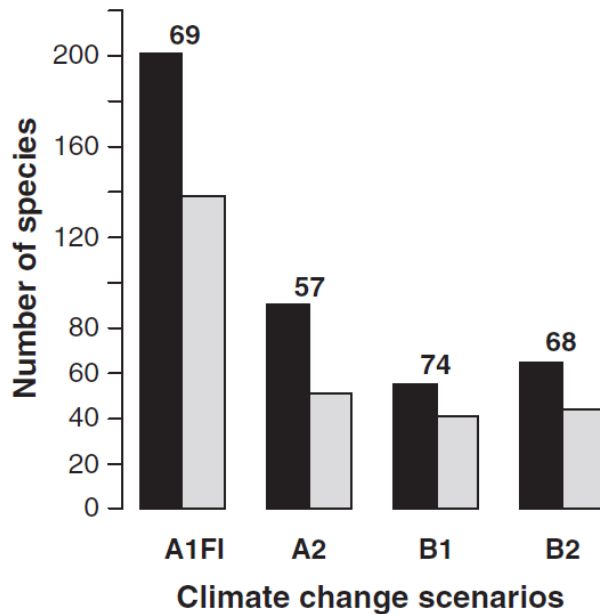
Patches



Few trees

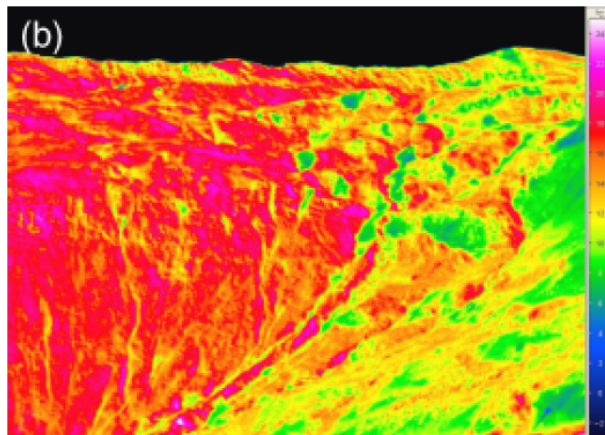
➤ Landscape modelling highlights key sensitive processes

Uncertainties associated with climate data resolution



Number of cases where a 10x10° cell becomes unsuitable for a species (black) compared with the number of cases where suitable habitat persists for these species in a 10x10° cell when modeled at the local (25x25 m cells) scale (gray) – Randin et al. GCB 2009

➤ **Serious over-prediction of extinction by coarse resolution models**



False colour image of surface temperature on a NNW exposed slope at the Furka Pass in the Swiss Alps on the August 29, 2008 under full direct solar radiation (12–18 h) – Scherrer & Körner GCB 2010

➤ **Role of mesotopographic heterogeneity for species persistence?**

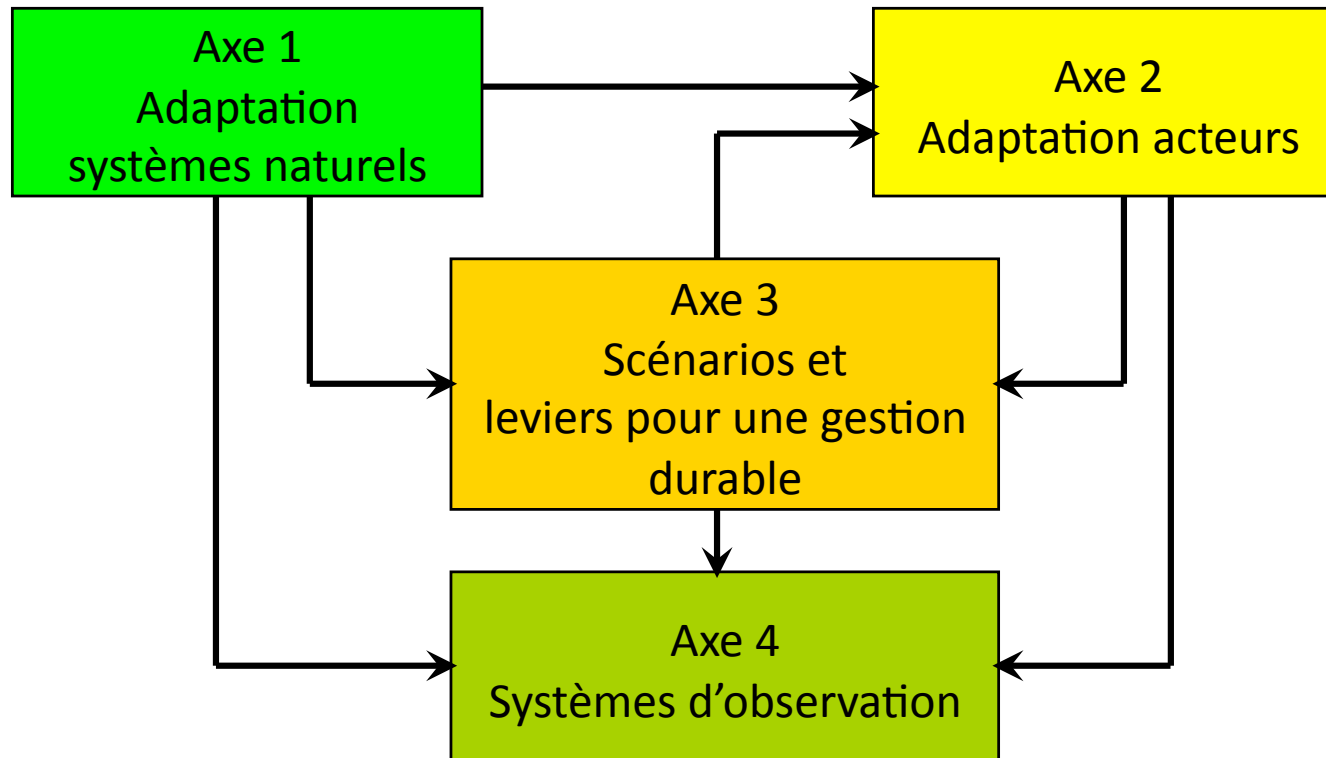
Adaptation des territoires alpins à la recrudescence des sécheresses dans un contexte de changement global

Coordination: Sandra LAVOREL (LECA) et Benoît Courbaud (Cemagref)

Partenaires:

Laboratoire d'Ecologie Alpine, UMR CNRS-UJF-US 5553, Grenoble
Cemagref de Grenoble, UR Ecosystèmes Montagnards et
Développement des Territoires de Montagne
Parc National des Ecrins, Gap

Projet SECALP



- Méthodologies:
 - Analyses de séries de données long-terme et expérimentation sur les écosystèmes
 - Entretiens et construction participative de scénarios avec les gestionnaires et les acteurs locaux
 - Analyse critique des stratégies d'observation existantes; exploration des méthodes potentielles et acceptabilité pour les acteurs de terrain

Mécanismes écologiques d'adaptation de la forêt à la sécheresse :

Effets du climat sur la démographie de différentes espèces

Régénération:

La sécheresse modifie-t-elle le recrutement relatif des différentes espèces et leur capacité à résister à la compétition herbacée?
-> expérimentation le long d'un gradient environnemental

Mortalité:

La recrudescence de sécheresses va-t-elle entraîner la disparition de certaines espèces forestières ? A quel rythme ? Sur quelles stations ?
-> **Evaluations des probabilités de mortalité à partir de relevés de terrain et de reconstitutions historiques**



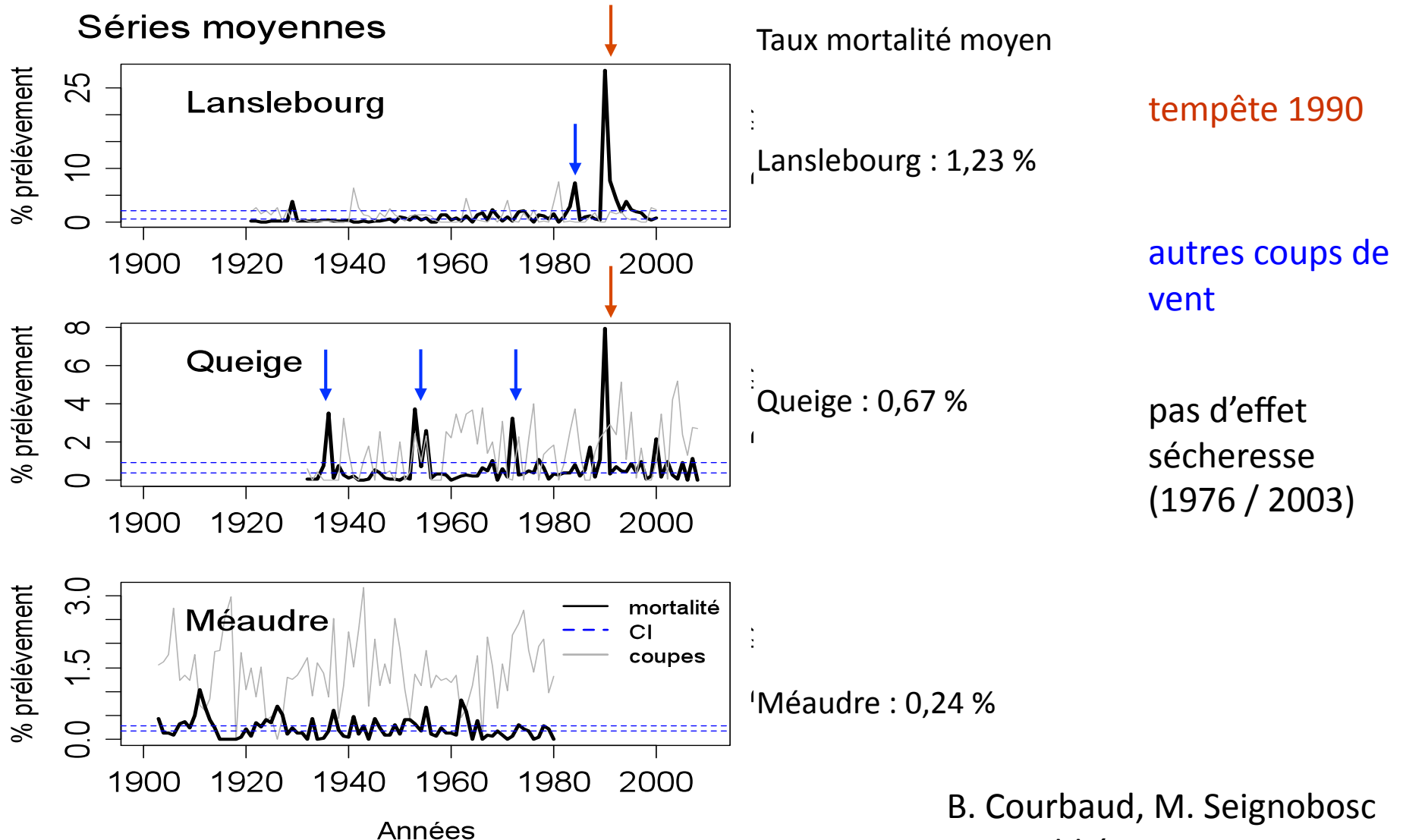
Suivi expérimental de la germination et la survie des principales essences forestières



Epicéas morts à la suite de la sécheresse de 2003 (Hauts Plateaux du Vercors)

Effets du climat sur la mortalité en forêt

Séries temporelles de mortalité



B. Courbaud, M. Seignobosc
non publié

Mécanismes de réponse à la sécheresse des écosystèmes herbacés

Dispositif de simulation du changement climatique et de la canicule au Lautaret



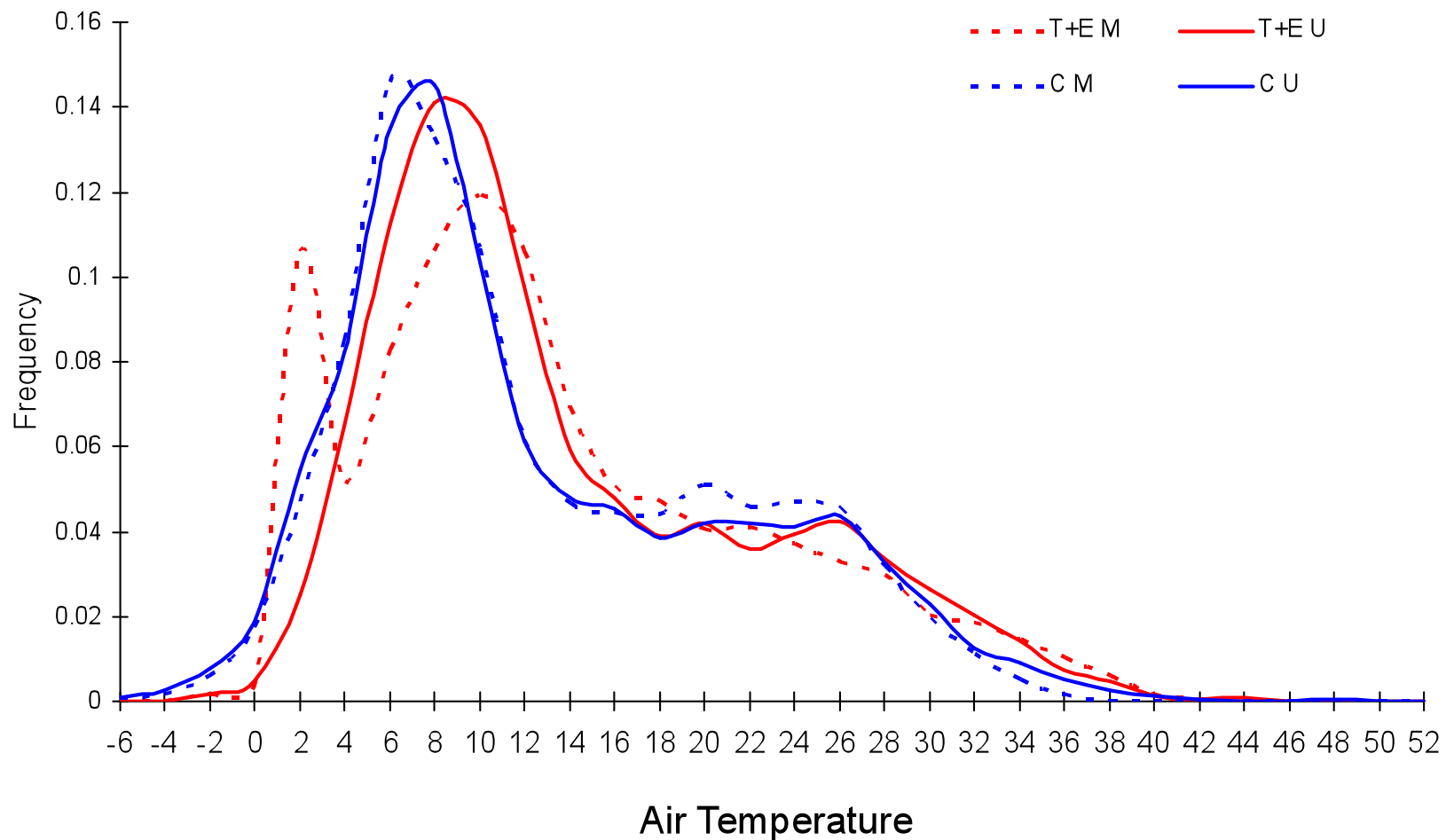
Suivi des performances des plantes et des couverts (production de biomasse)
Suivi de la réponse de la diversité microbienne, des flux d'azote et décomposition des litières

- Réchauffement moyen (+1°C)
 - ~ capture du rayonnement IR nocturne par des stores
- Contrôle des précipitations
 - ~ interception de la pluie par les stores
 - ~ arrosage bi-hebdomadaire
 - ~ limitation du ruissellement par tranchées en amont des parcelles
- **Événement extrême ~2003**: juil-août 2009
 - ~ lampes IR : réchauffement de la canopée (+6°C, 3 semaines)
 - + absence de précip. pendant 1 mois

Scénario 2050

Résultats: effet des traitements

Répartition des Températures de l'air de Juin à Oct.

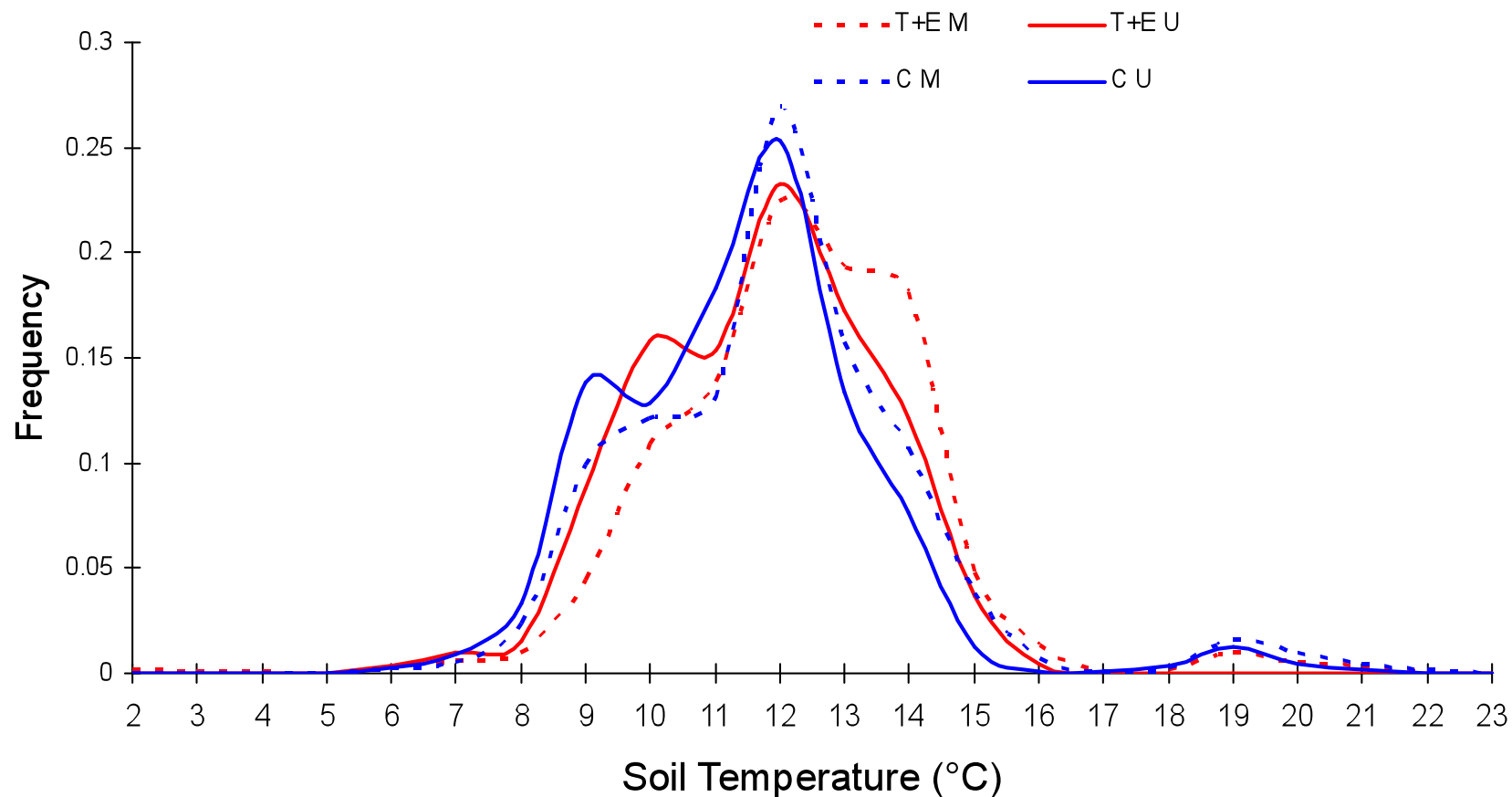


Global Warming => +1°C au pic de fréquence

Fauche => Amplifie l'effet du global warming

Résultats: effet des traitements

Répartition des Températures du sol de Juin à Oct.

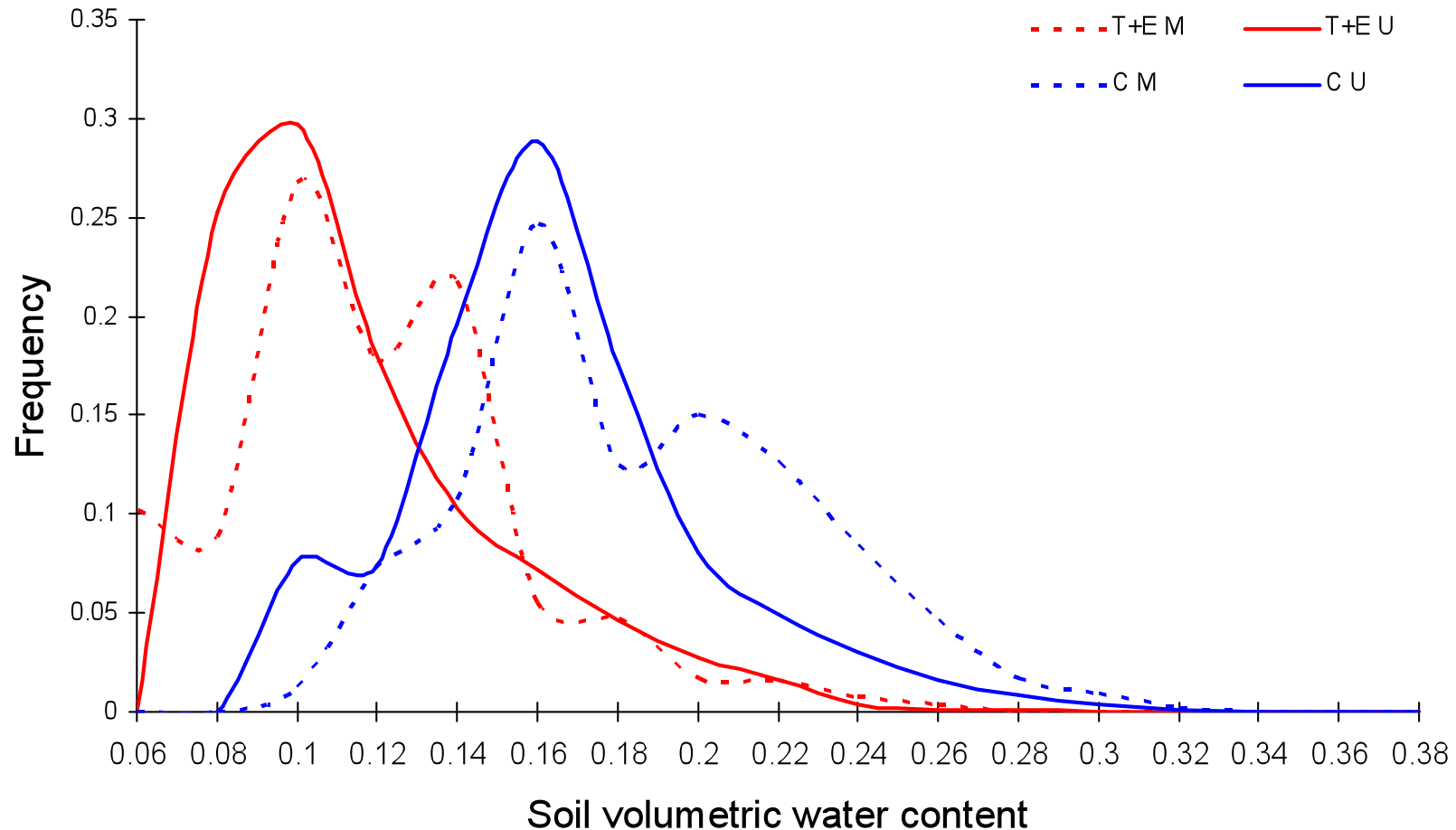


Global Warming => +1°C aux quartiles; écrasement de la courbe

Fauche => + 0.5°C additif

Résultats: effet des traitements

Répartition de l'Humidité du sol de Juin à Oct.

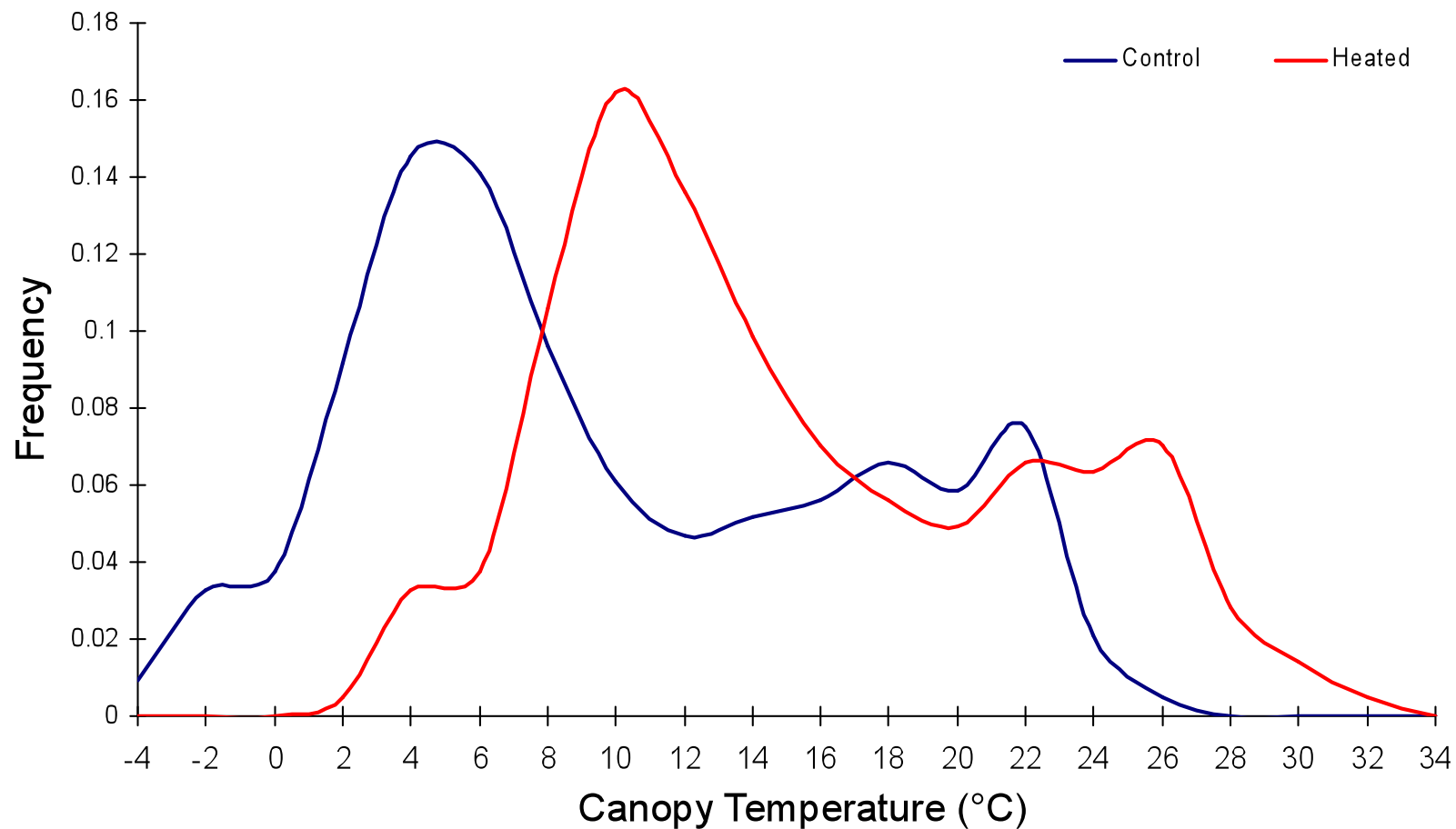


Global Warming => Assèchement /2

Fauche => limitation de l'assèchement (moins de transpiration?)

Résultats: effet des traitements

Répartition des Températures de la canopée durant la canicule.



Heatwave => +5.3°C de moyenne sur la durée du réchauffement

Lautaret-specific: les mesures végétales

Vaccinium myrtillus



Target species



Festuca paniculata

Anthoxanthum odoratum



Luzula nutans



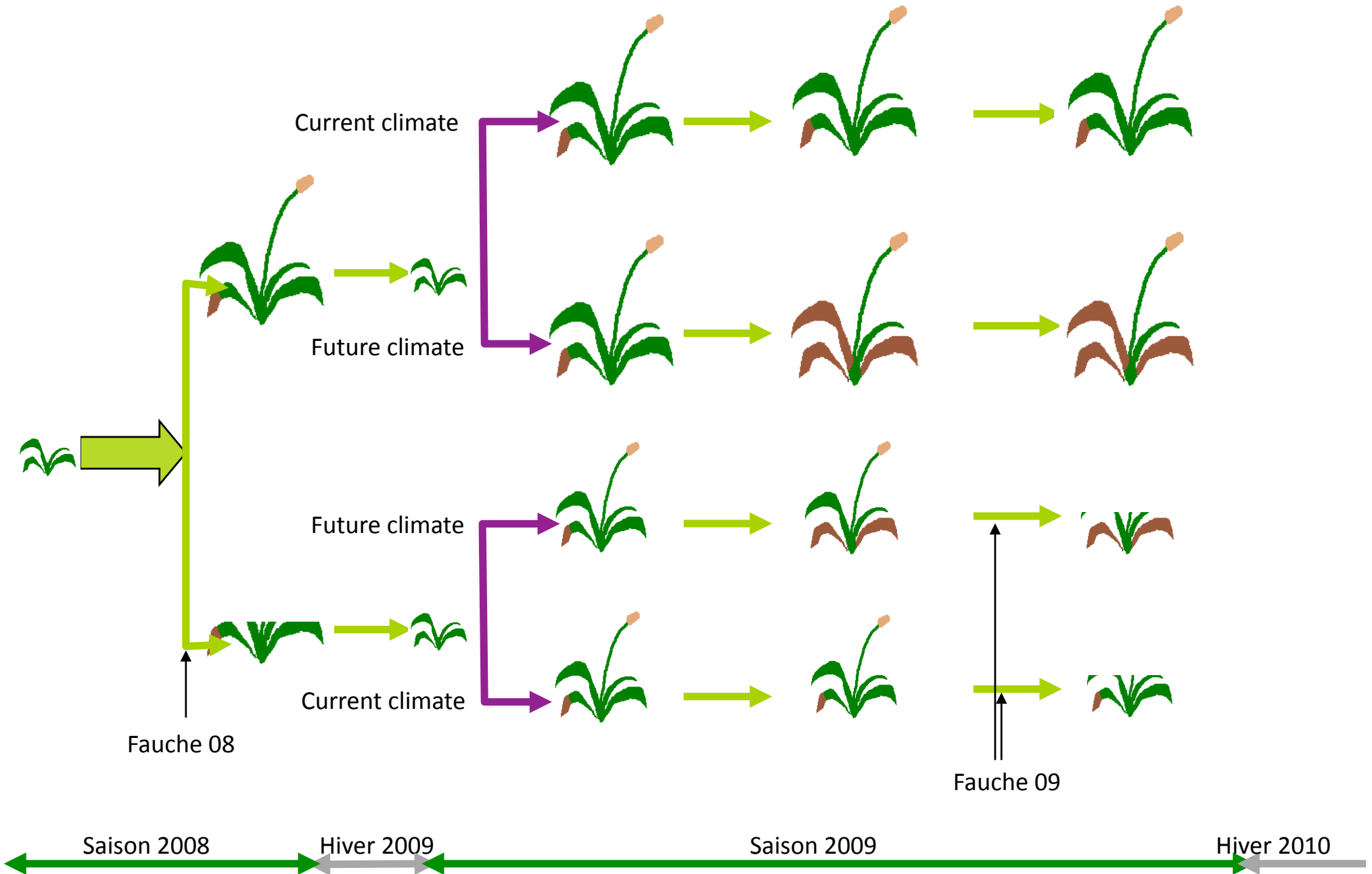
Geum montanum



Centaurea uniflora



Effets de la simulation de canicule (2003)



Résultats – Impacts sur la végétation

Croissance de 6 espèces de stratégies contrastées

	2009	2010
<i>F. paniculata</i>	Fauche ↘ Parcelles fauchées	Interaction climat - fauche ↘ Parcelles fauchées, climat actuel
<i>A. odoratum</i>	∅	Interaction climat - fauche ↘ Parcelles fauchées, climat futur
<i>L. nutans</i>	Fauche ↘ Parcelles fauchées	Climat ↘ Climat futur
<i>C. uniflora</i>	∅	∅
<i>G. montanum</i>	Climat ↘ Climat futur	Climat (tendance, fin saison) ↘ Climat futur
<i>V. myrtillus</i>	Fauche ↘ Parcelles fauchées	∅

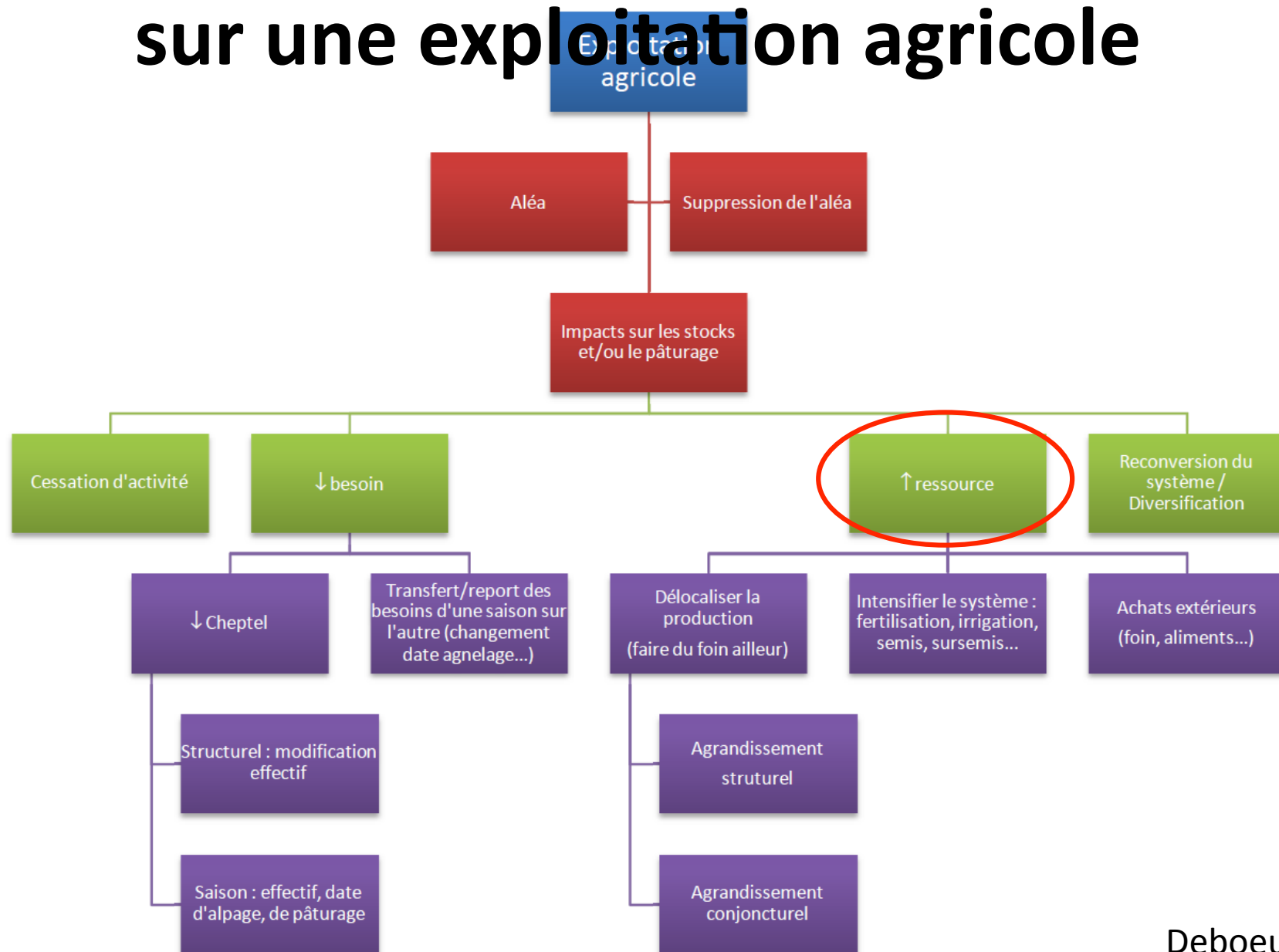
Effet cumulatif sur 2 ans + effets retard canicule

Long terme??

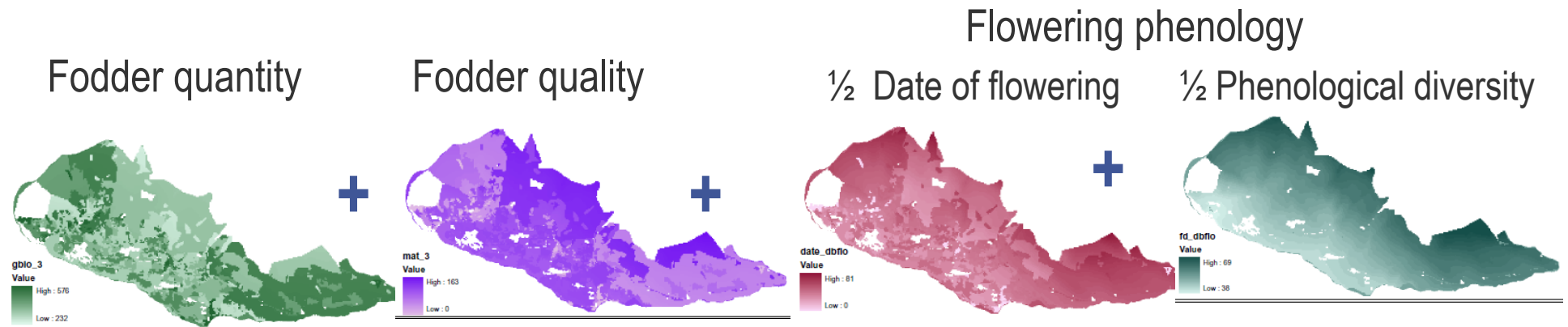
Approche expérimentale – premières leçons

- Difficulté à utiliser des scénarios régionalisés pour piloter une approche expérimentale
 - Utilisation de l'événement 2003 + scénario moyen
- Peu d'effets sur la végétation d'une canicule + CC de fond
 - Résistance des espèces à la variabilité climatique
 - Interactions avec les effets de la gestion agricole
 - Effets à long terme?
 - Effets de la répétition de sécheresses? Séquences inter-annuelles

Mécanismes mis en jeu lors d'un aléa sur une exploitation agricole

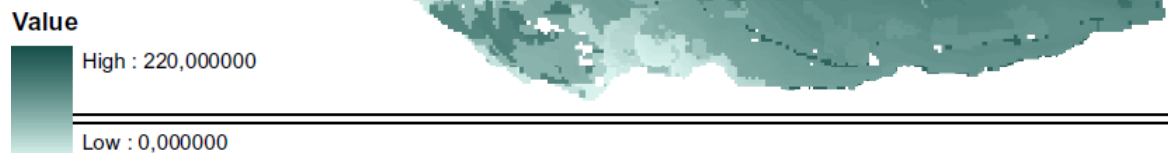


Objective: Projecting ecosystem services



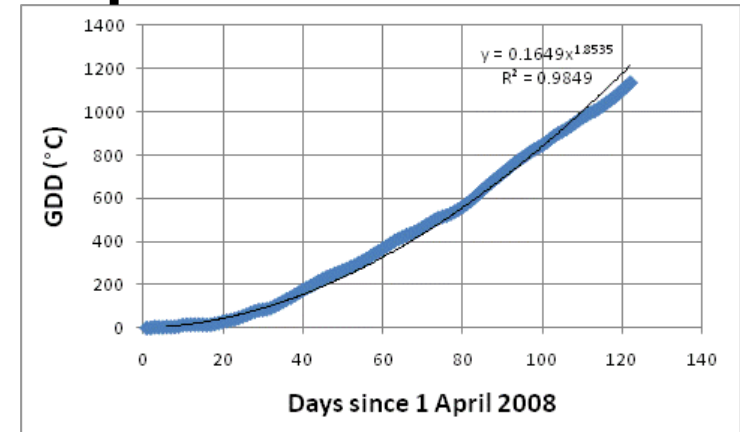
Overlay = sum of mapped values

Grassland agronomic value

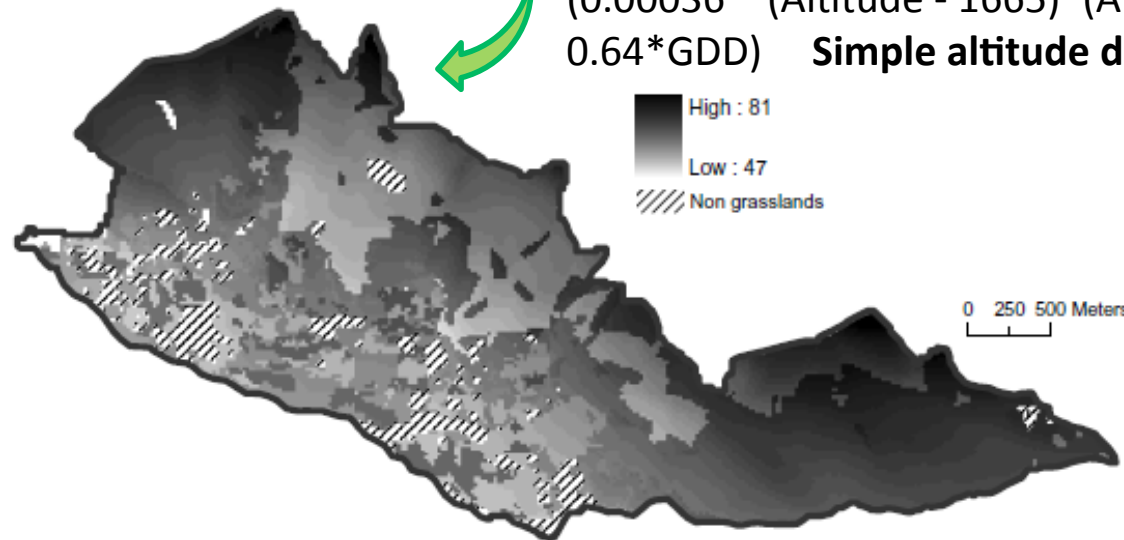


Modelling variations in phenology in an alpine landscape

CWM_dbflo	621.3 + mean dbflo / Traj	constant	621.3
		Traj 1	0
Growing Degree Days		Traj 2	-161
to flowering		Traj 3	-86.7
		Traj 4	-100.6
		Traj 5	-103.8
		Traj 7	-242.2
		Traj 9	-67.6



Date = $0.01875 * \text{Altitude} - 31.21875 + 3.125 * \text{sqrt}(0.00036 * (\text{Altitude} - 1665) * (\text{Altitude} - 1665) + 0.64 * \text{GDD})$ **Simple altitude decrease model**



- Date of flowering is influenced by land use and then altitude (increase)