

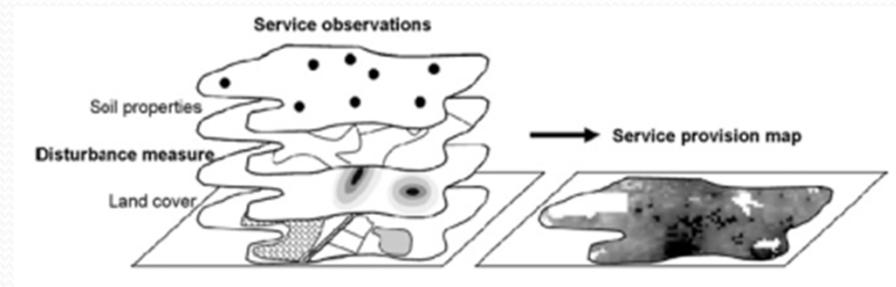
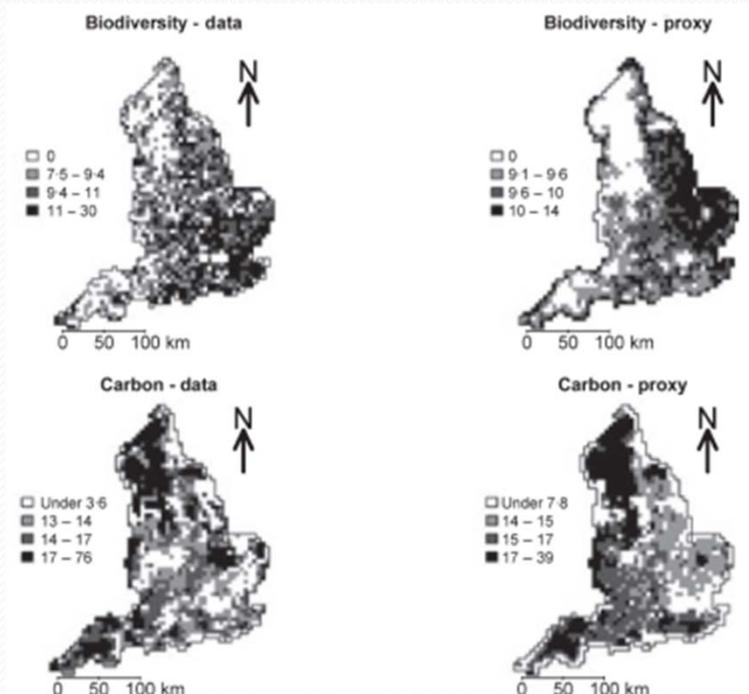
# Les apports de l'écologie aux évaluations transdisciplinaires des services écosystémiques

Sandra LAVOREL



3<sup>ème</sup> Colloque Biennal des Zones Atelier  
Paris, 14 octobre 2015

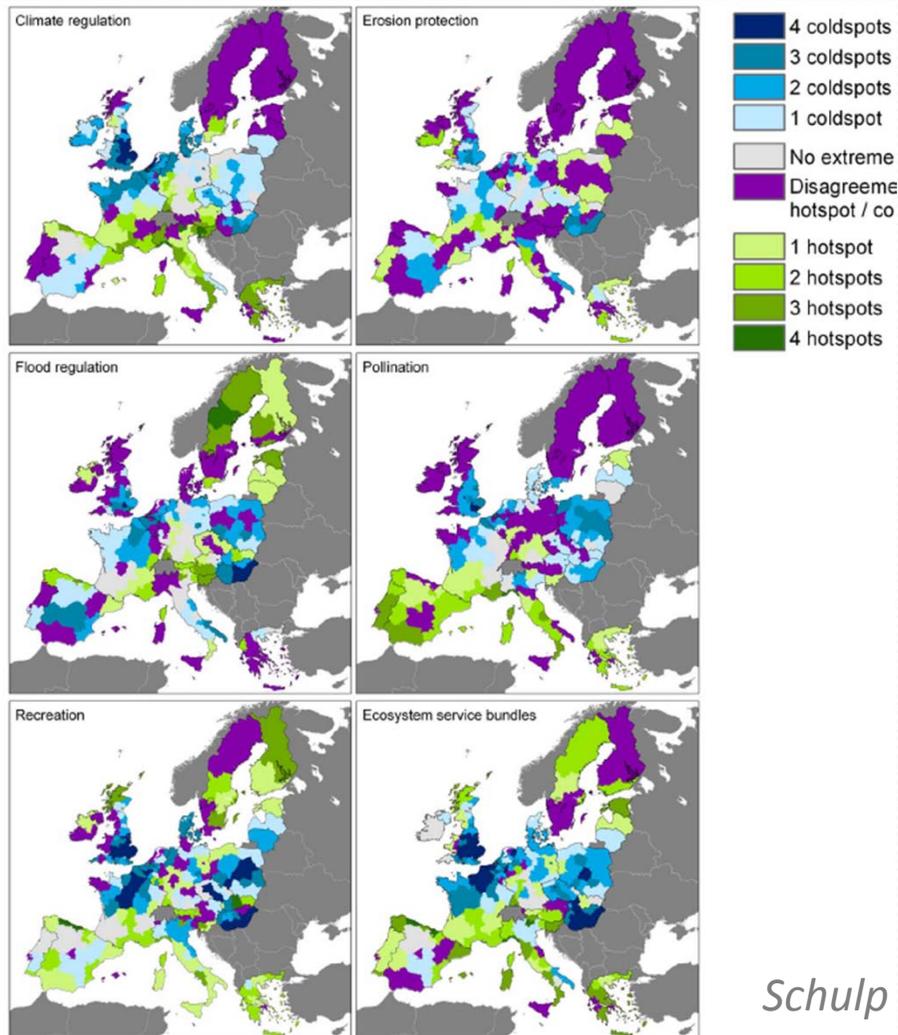
# Méthodes de cartographie des services écosystémiques



- Cartographie des services sur la base de cartes d'utilisation / couverture des terres
- Source majeure d'incertitude dans les estimations

- Relations empiriques avec des variables de l'environnement
- Limitation par les données disponibles

# Effets du niveau de représentation des processus biophysiques dans les modèles



- Recent production of multiple ES models and modelling methods.
- Poorly quantified and understood uncertainty resulting from model selection.
- **Process representation as one of the key sources of uncertainty.**

# Typologie des modèles de SE selon leur méthode d'incorporation des effets de la biodiversité

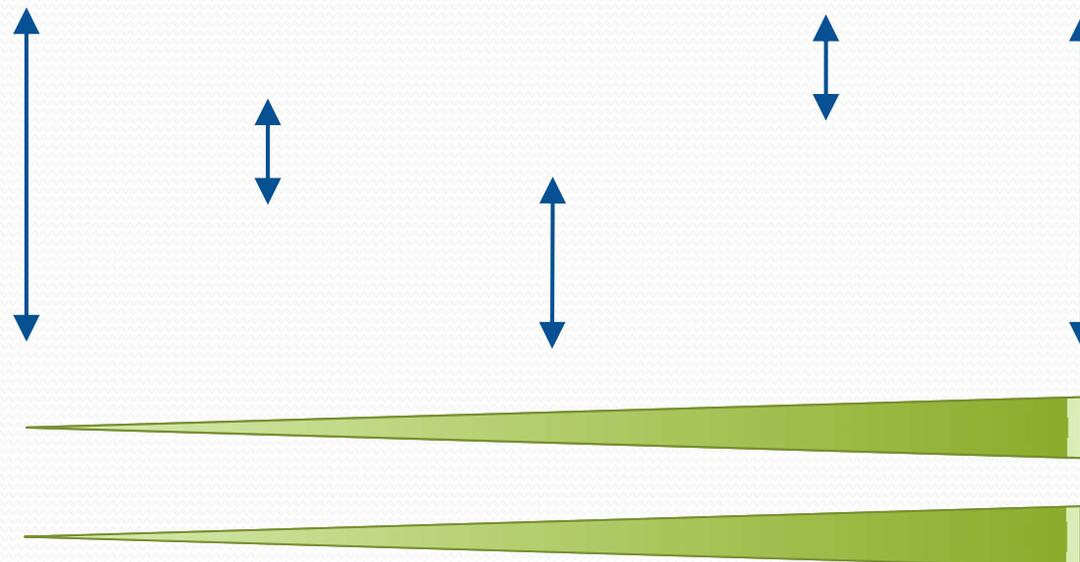
Type de modèle	Proxy-based	Phenomenol.	Macroecol.	Trait-based	Process-based
<b>Représentation biodiversité</b>	Absente (land cover / use) ou basique (types végétation)	Basique ou processus paysage	Distributions géographiques des espèces	Trait d'effets sur le fonctionnement des écosystèmes (distributions spatiales des traits)	Plant Functional Types (espèces individuelles, traits)

## ECHELLES

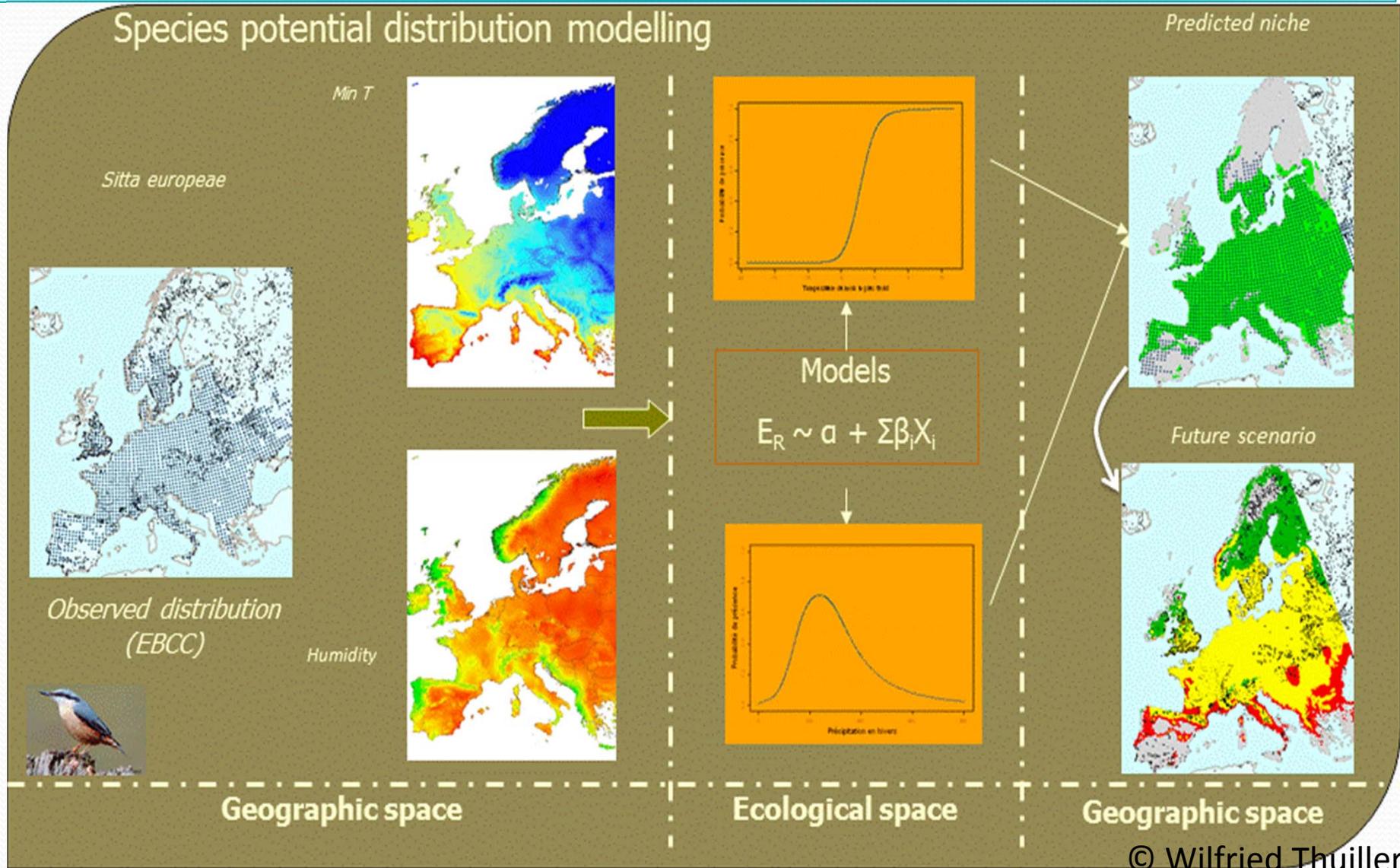
Locale  
 Paysage  
 Régionale  
 Continentale  
 Globale

## TECHNICITE

## DONNEES



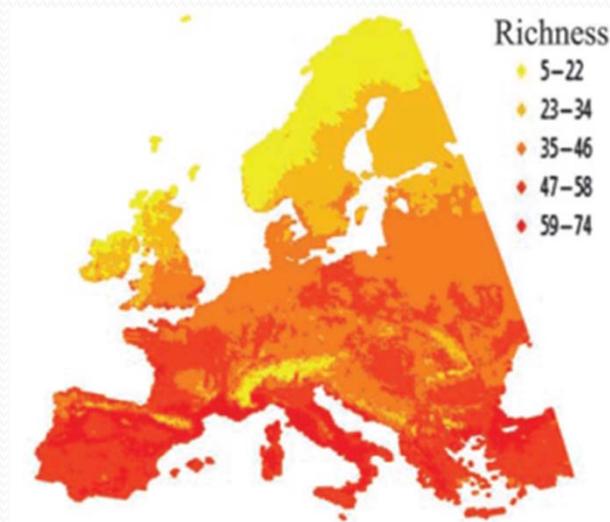
# Large geographic scales: The macroecological approach to ES modelling



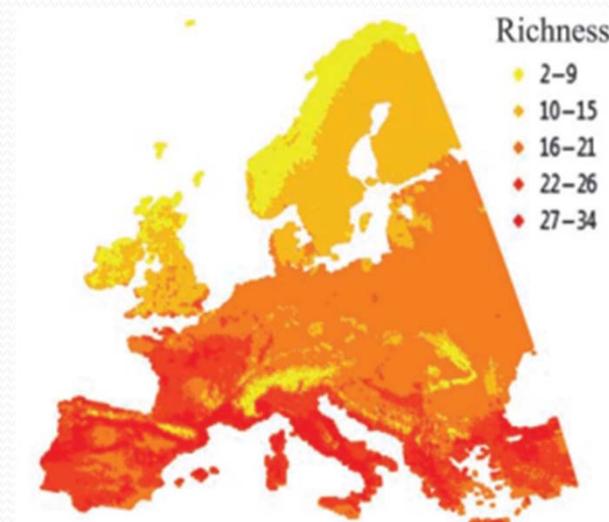
# Macro-ecological approach: example for pest predation by vertebrates in Europe

- Species distribution modelling for all vertebrate species known to be predators of (a) invertebrates, (b) rodents depending on climate and land cover classes

Biocontrol potential of invertebrates



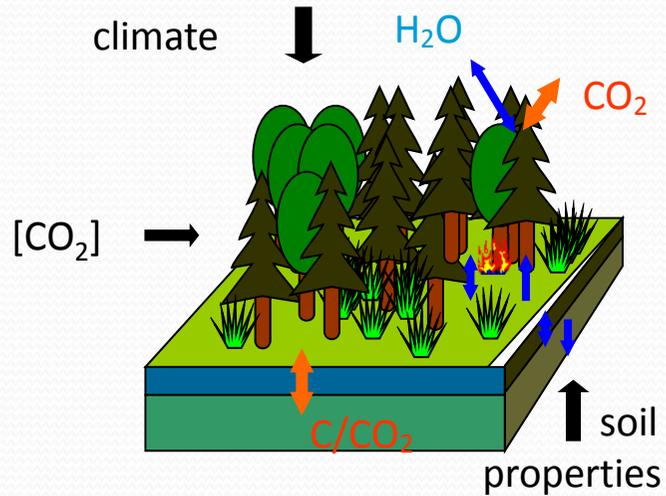
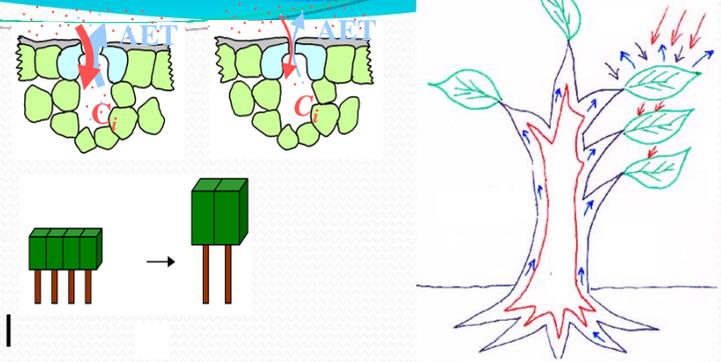
Biocontrol potential of rodents



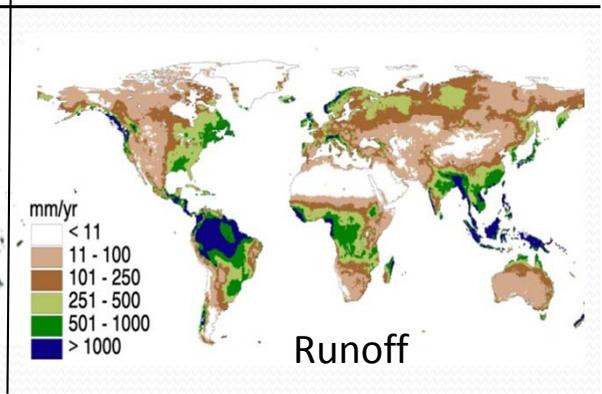
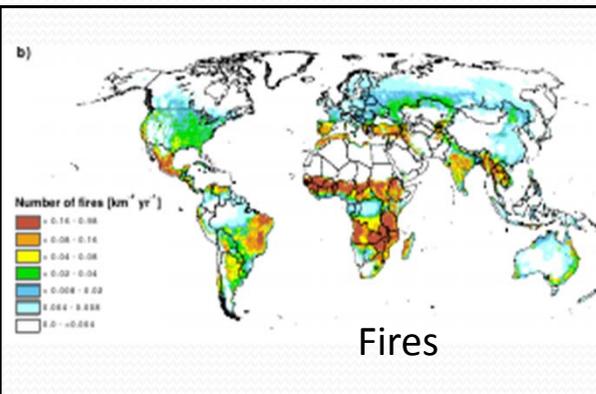
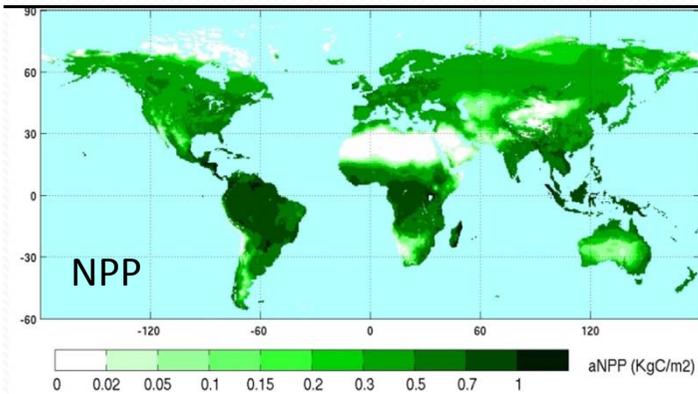
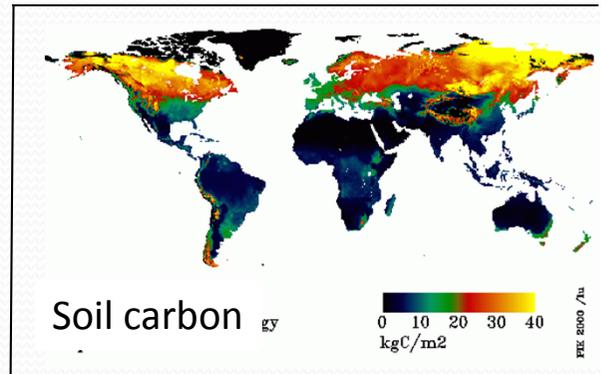
# Large-scale process-based ES modelling

Lund-Potsdam-Jena  
Dynamic Global  
Vegetation Model  
LPJ-DGVM

Mechanistic modelling of the functioning of potential natural terrestrial ecosystems: carbon & water cycles

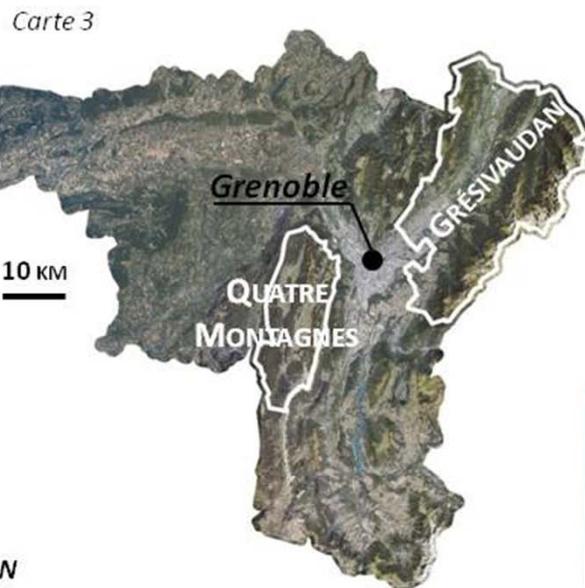
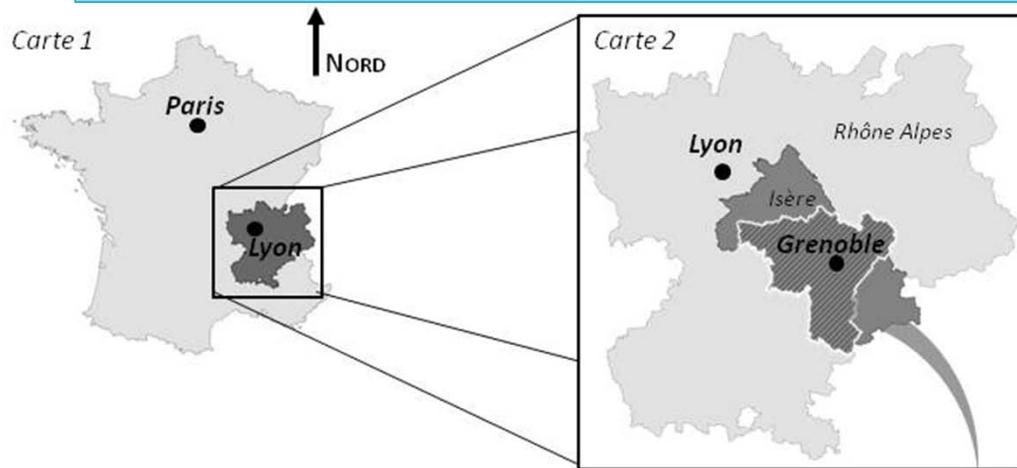


- Plant Functional Types distribution
- competition, mortality, establishment, perturbations
- photosynthesis, respiration, allocation
- evaporation, transpiration, runoff



Sitch et al. 2003, Gerten et al. 2004, Thonicke et al. 2011, Schaphoff et al. 2013, ...

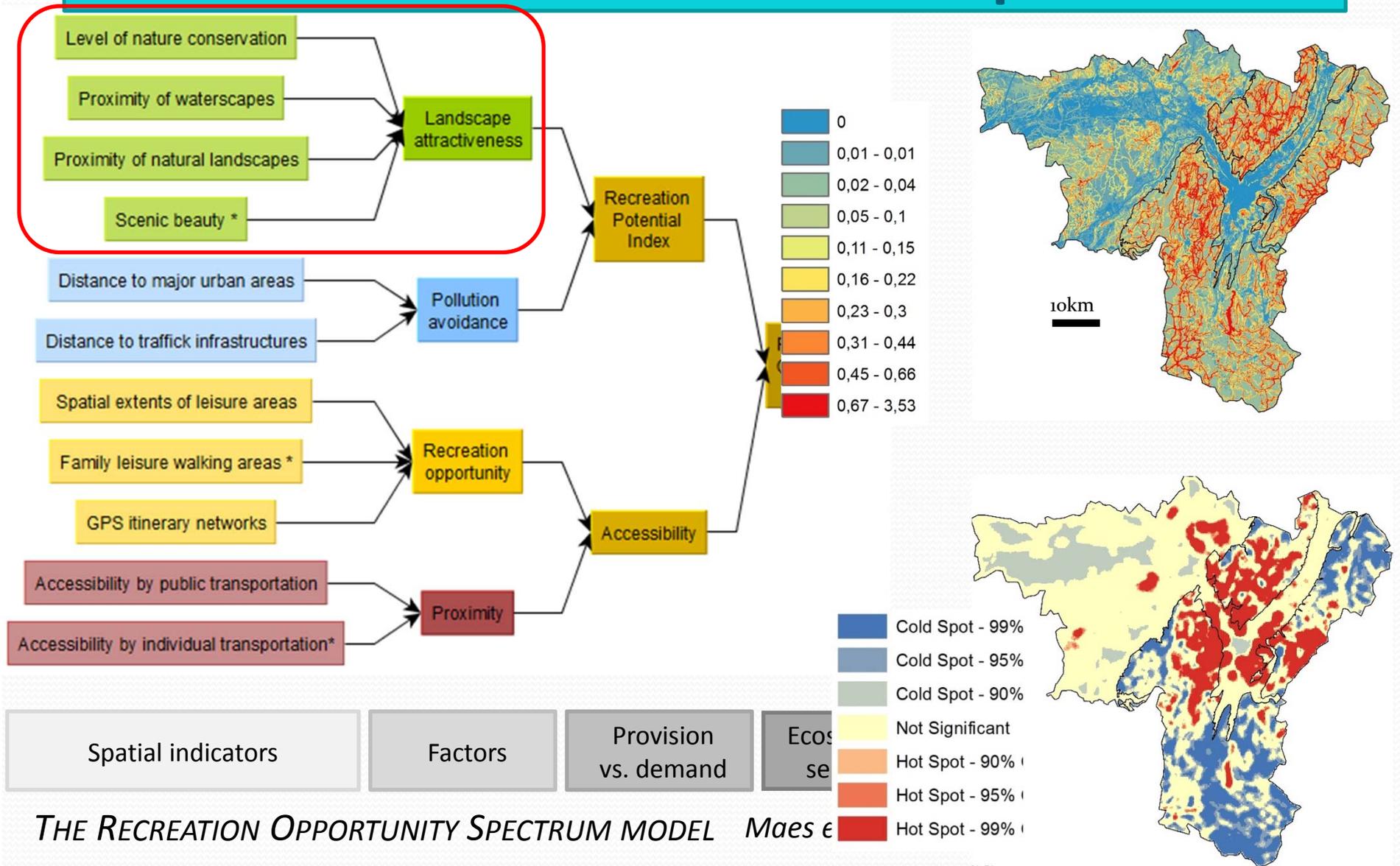
# Modélisation à l'échelle régionale



Sources : IGN

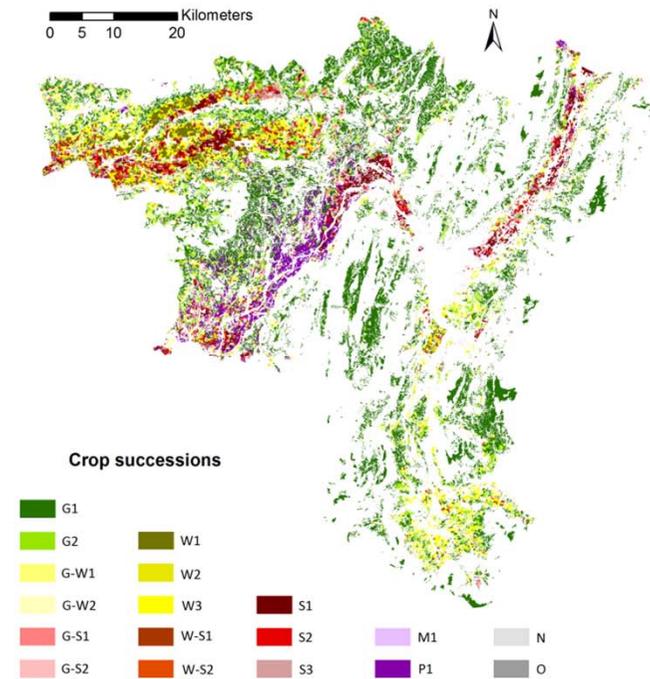
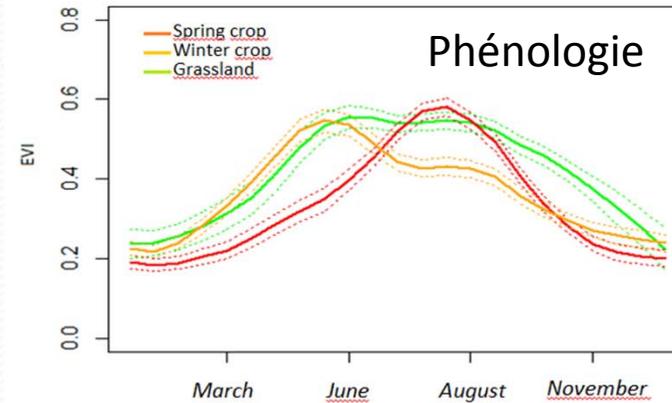
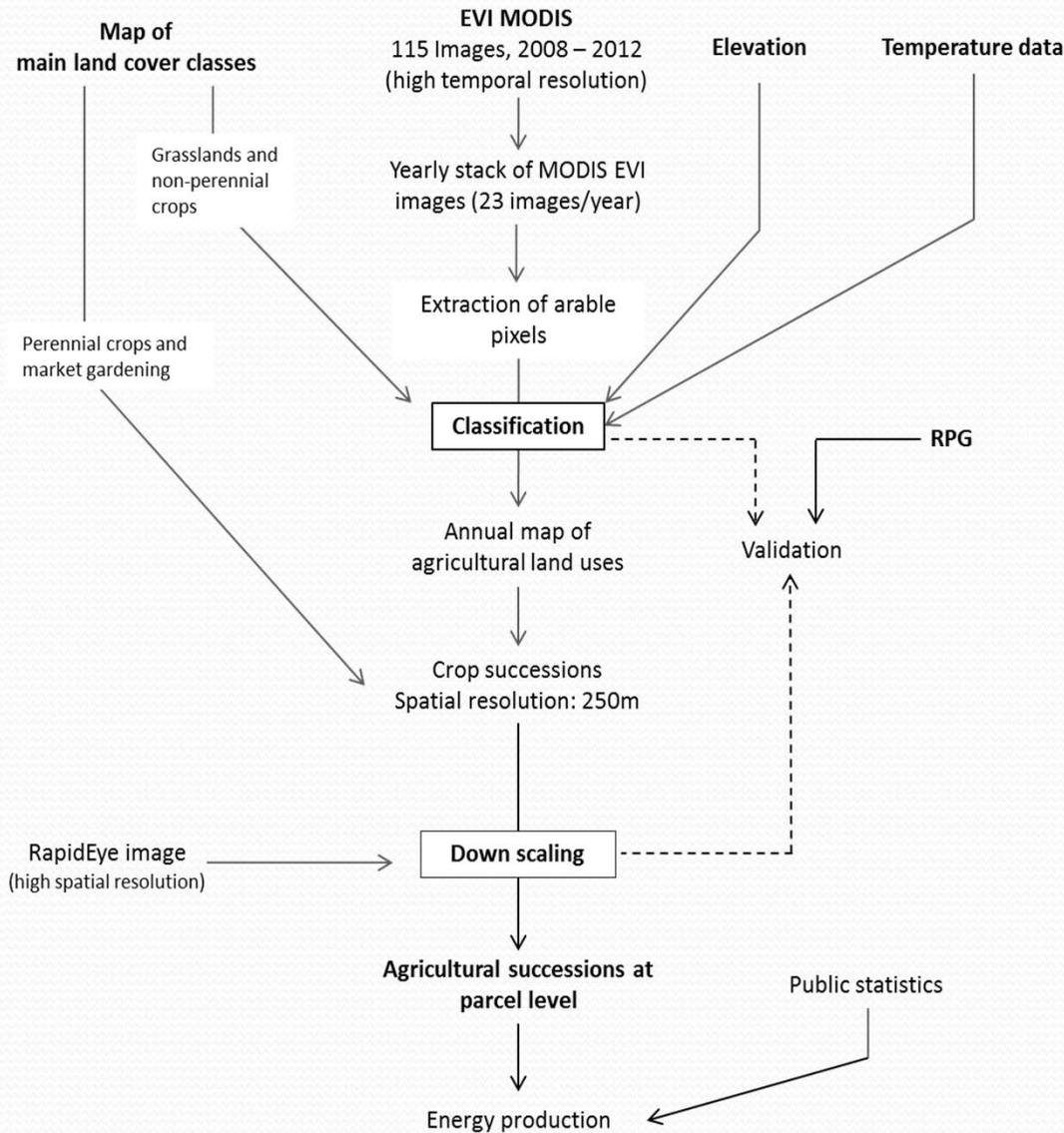
<http://www.projet-esnet.org/>

# Modèle phénoménologique – service culturel activités récréatives de plein air



THE RECREATION OPPORTUNITY SPECTRUM MODEL Maes e

# Modèles basés sur des proxys: incorporer la variabilité spatiale et temporelle

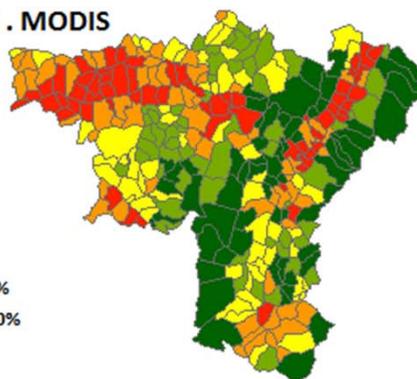




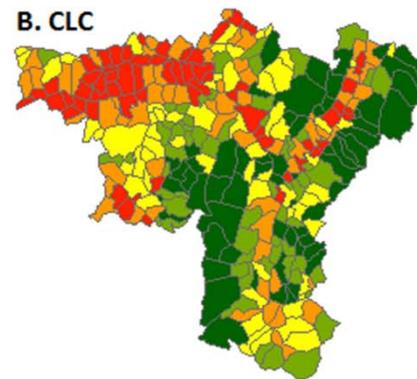
Classification des communes en fonction de leur rendement moyen



A. MODIS

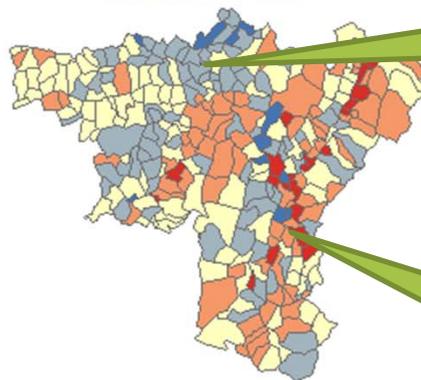


B. CLC



D. MODIS - CLC

Différences MODIS CLC



Sur-estimation des rendements moyens par CLC en grandes cultures: omission des prairies temporaires

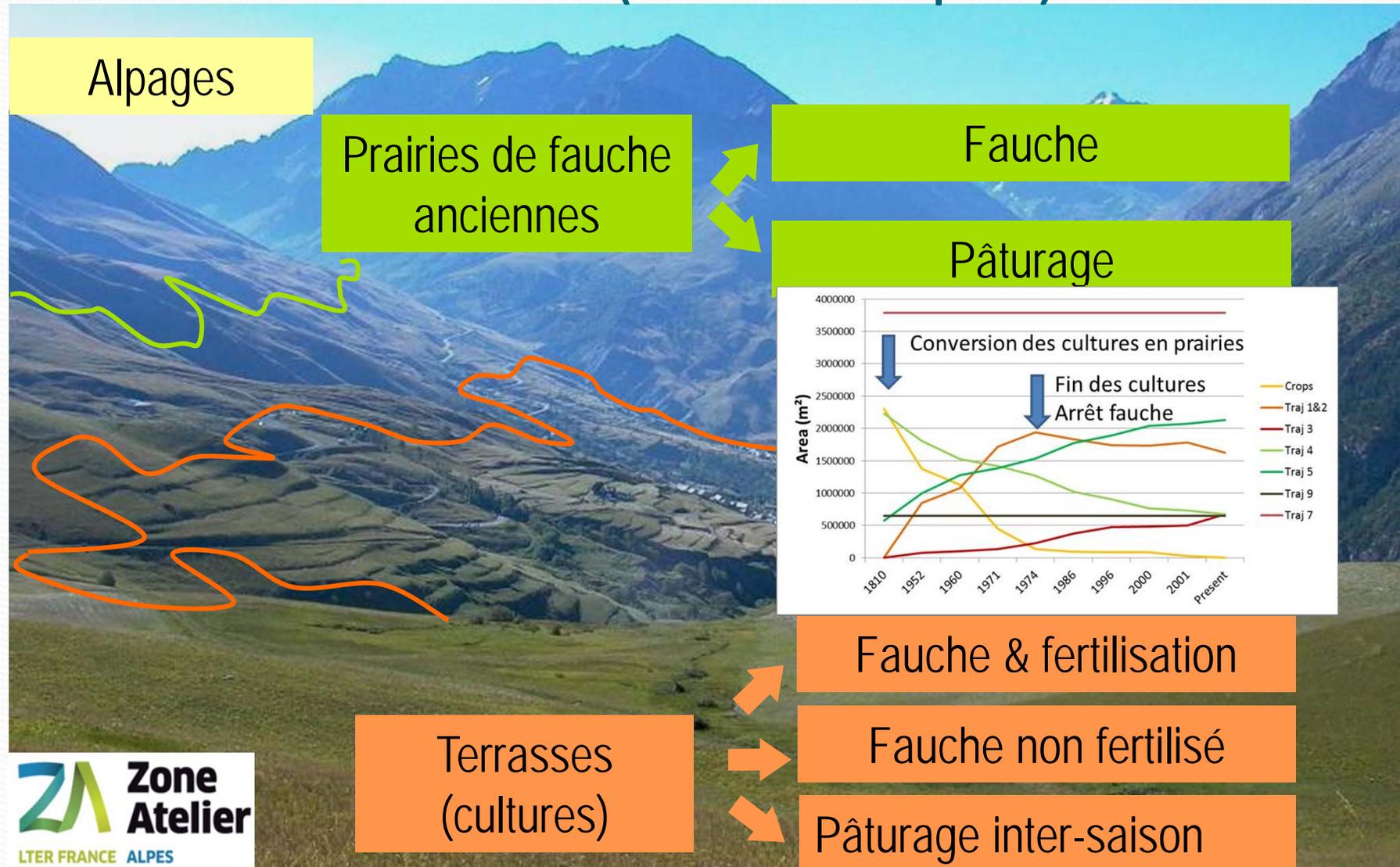
Sous-estimation dans les coteaux / piémonts en polyculture élevage

Rémy Lasseur et al. en préparation

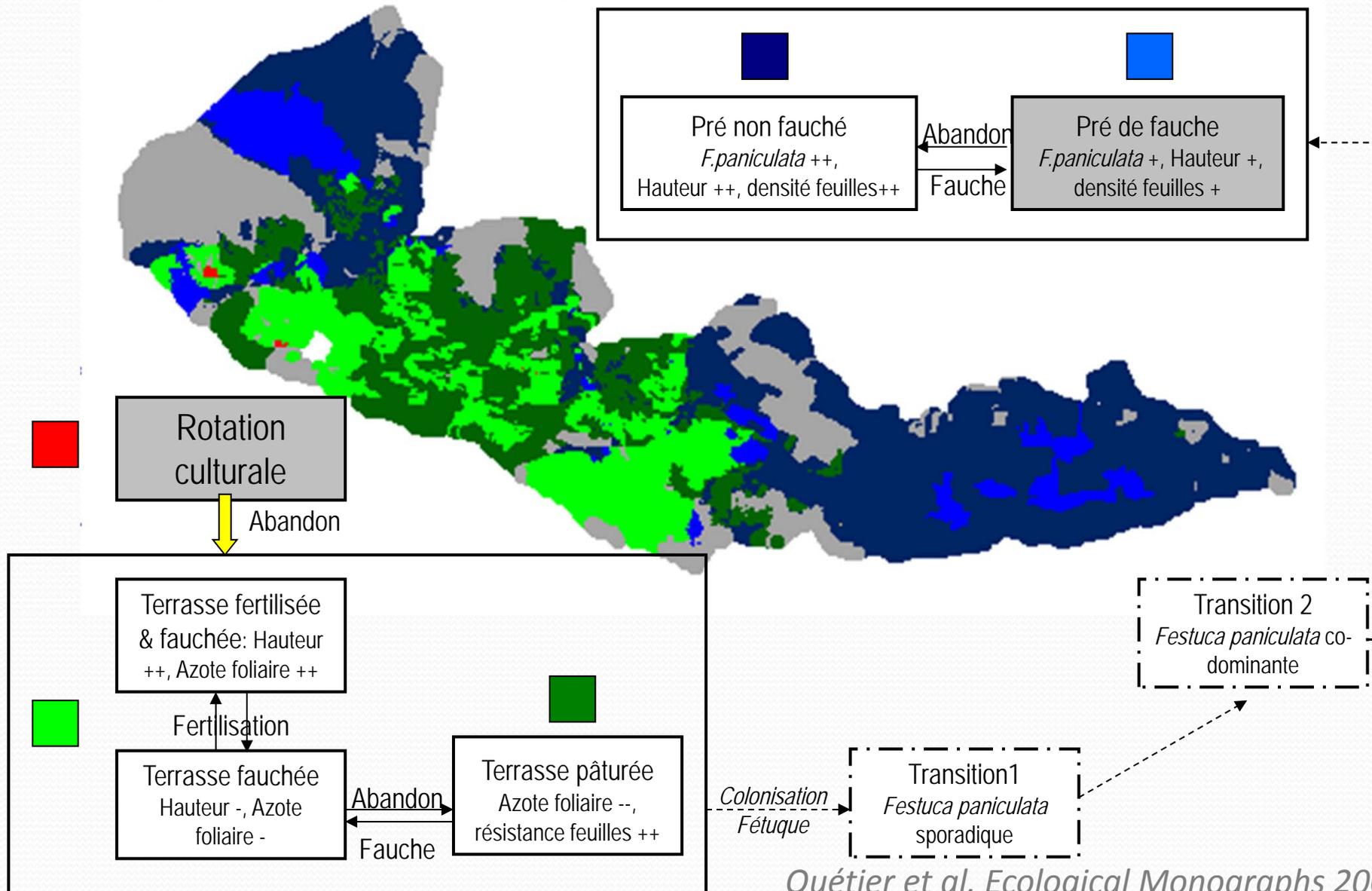
# Modèles basés sur les proxys: incorporer la dynamique par les modèles d'états et transitions

- **Modèles d'états et transitions:** modèles conceptuels et opérationnels
  - Apparus dans les recherches pour la gestion des parcours (régions semi-arides) à la fin des années 1980 (Westoby et al. 1989 *Journal of Range Management*)
- **Principe:** rendre compte de la nature dynamique des écosystèmes et de leurs réponses à la combinaison d'événements naturels (ex. variabilité climatique, incendies) et de la gestion.
- **Composantes des modèles d'états et transitions**
  - Différents états d'un écosystème; par ex. états de conservation ou trajectoires de restauration.
  - Processus ou actions, et éventuellement leurs pas de temps, permettant soit de rester dans un état donné, soit de passer à un état alternatif.
  - Les transitions peuvent être réversibles ou non – soit par évolution naturelle, soit selon une intervention de gestion.

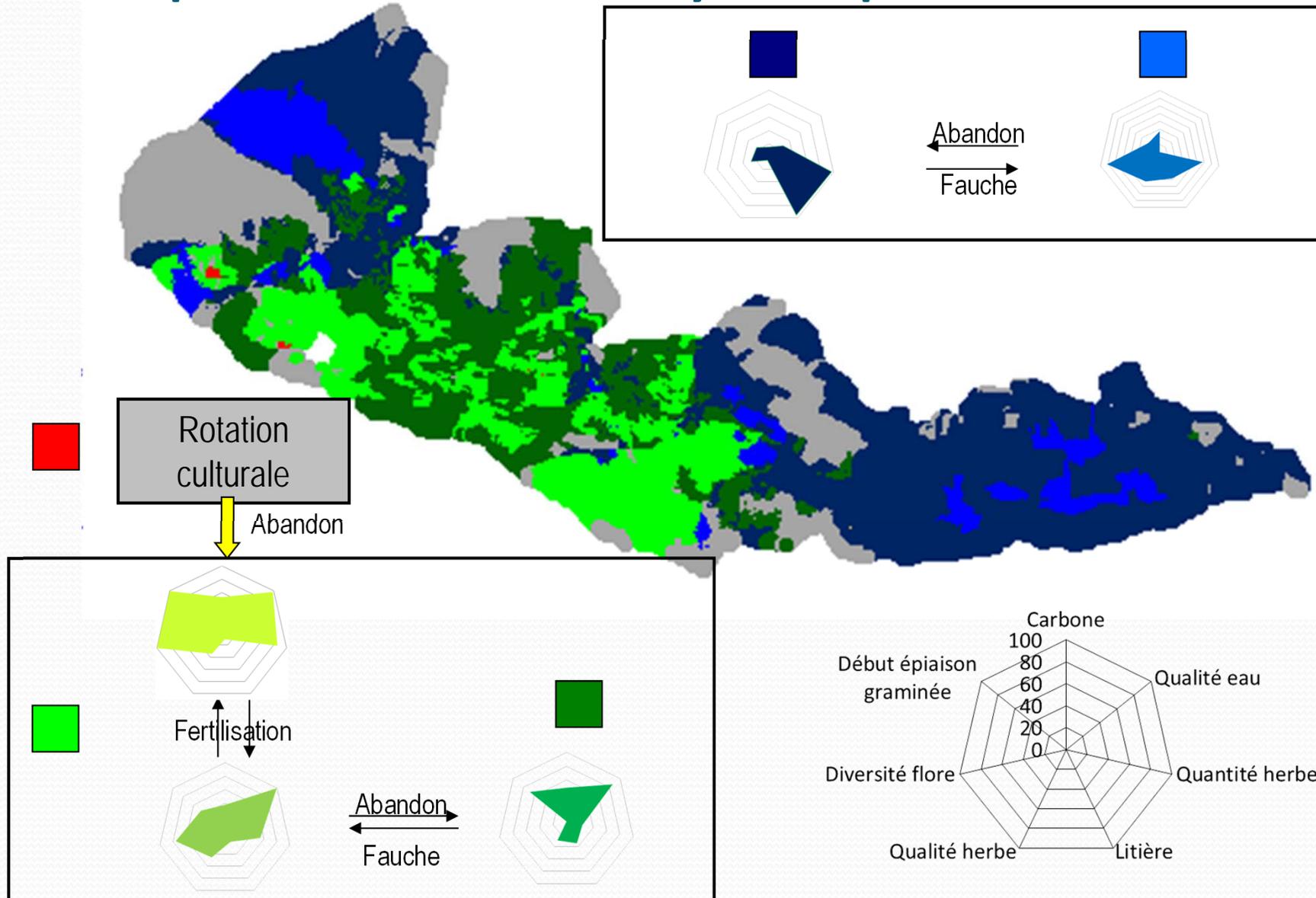
# Exemple: Dynamique historique des usages au Col du Lautaret (Hautes-Alpes)



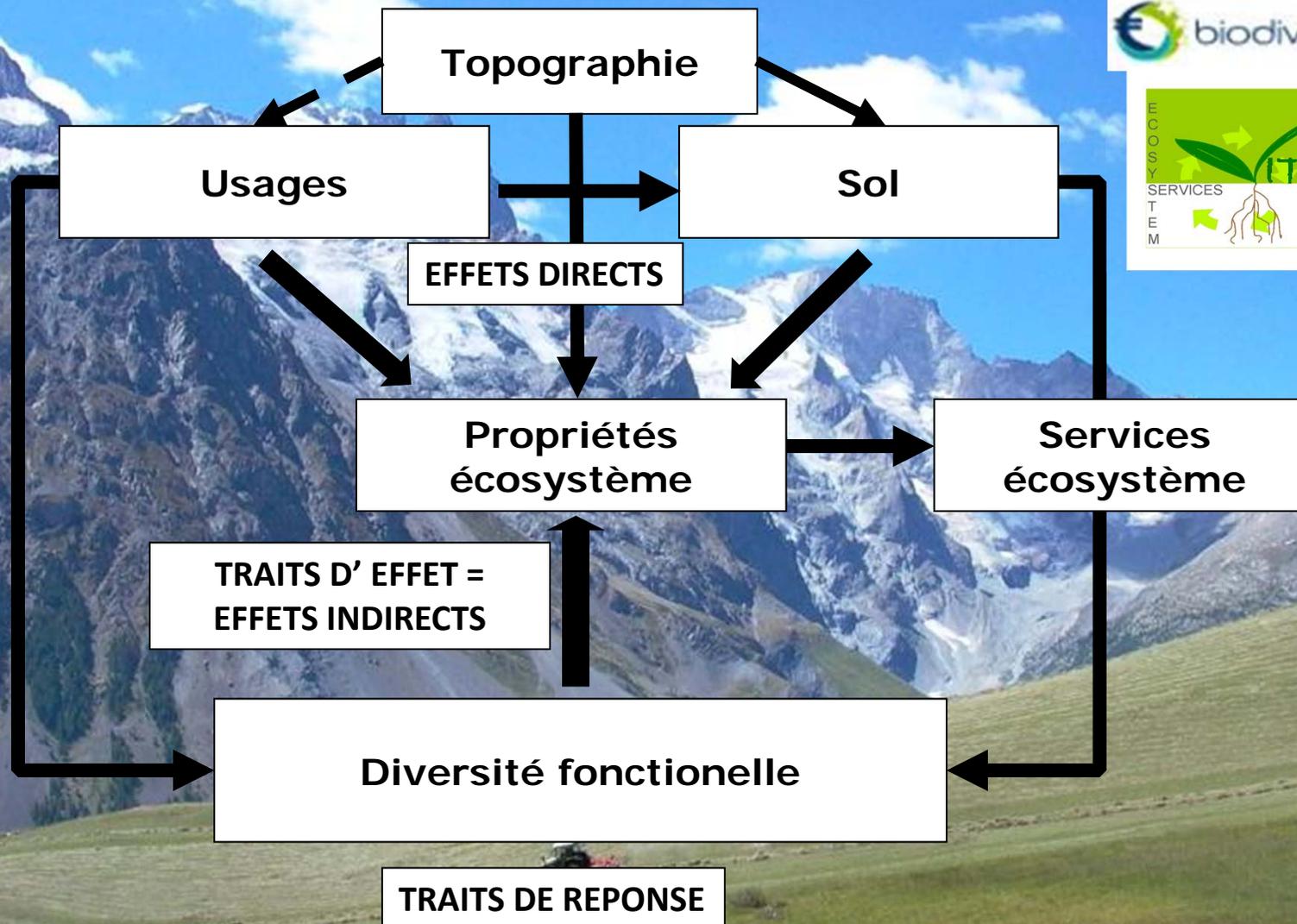
# Modèle fonctionnel d'états et transitions: prairies subalpines du Col du Lautaret



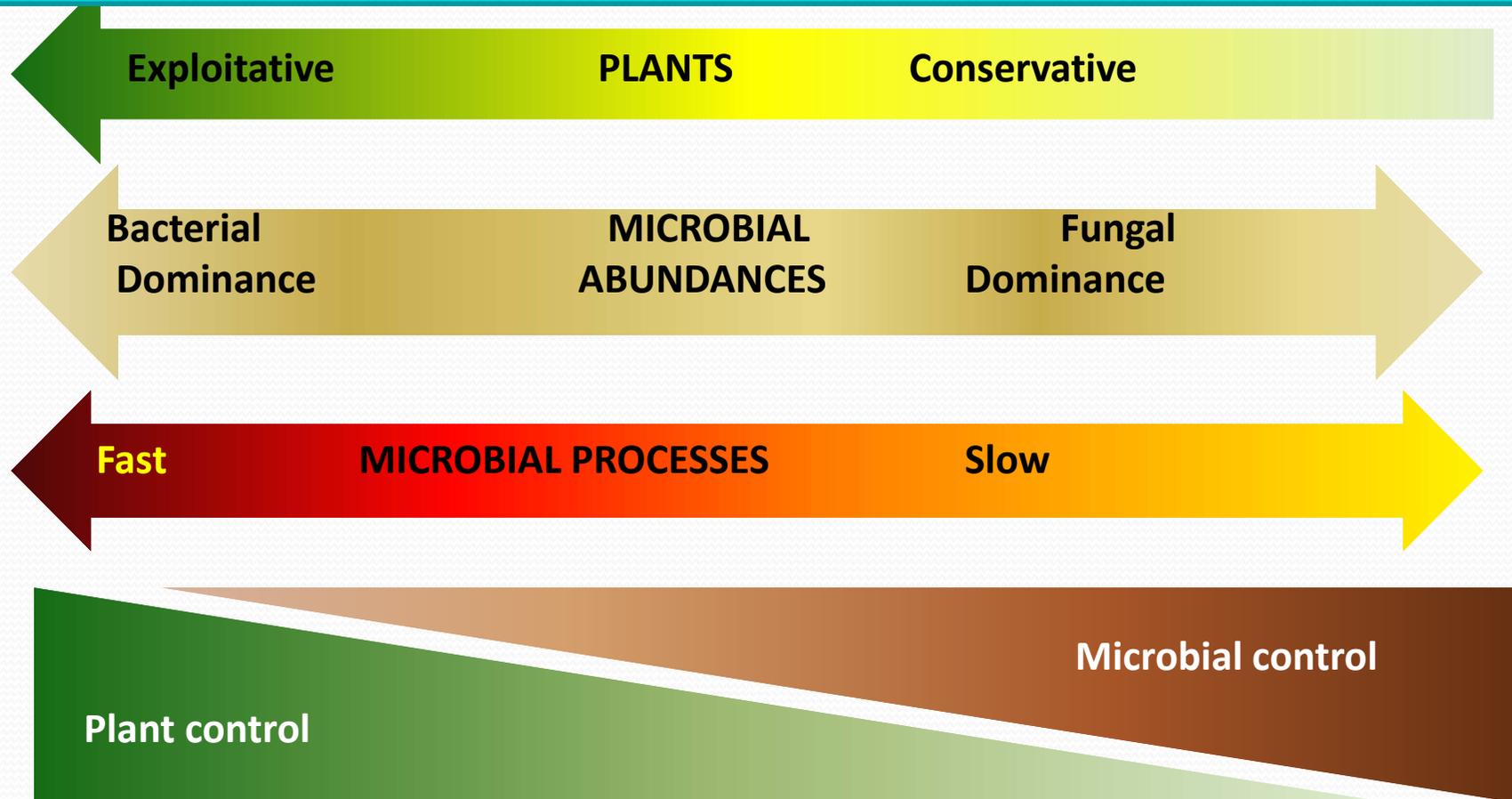
# Prairies du Col du Lautaret: Etats et transitions des bouquets de services écosystémiques



# Modèles basés sur les traits fonctionnels végétaux pour quantifier les services écosystémiques



# Cascade d'effets des traits fonctionnels des plantes et des microorganismes des sols, vers le recyclage du carbone et de l'azote et les services écosystémiques



Biomass  
Production

Carbon  
sequestration

Nutrient  
retention

# Schéma de modélisation des services écosystémiques

Usages des sols

Mesures des organismes

Modèles du fonctionnement des écosystèmes

Bénéfices pour les acteurs



Plantes



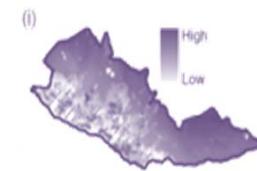
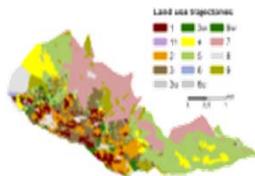
Microorganismes



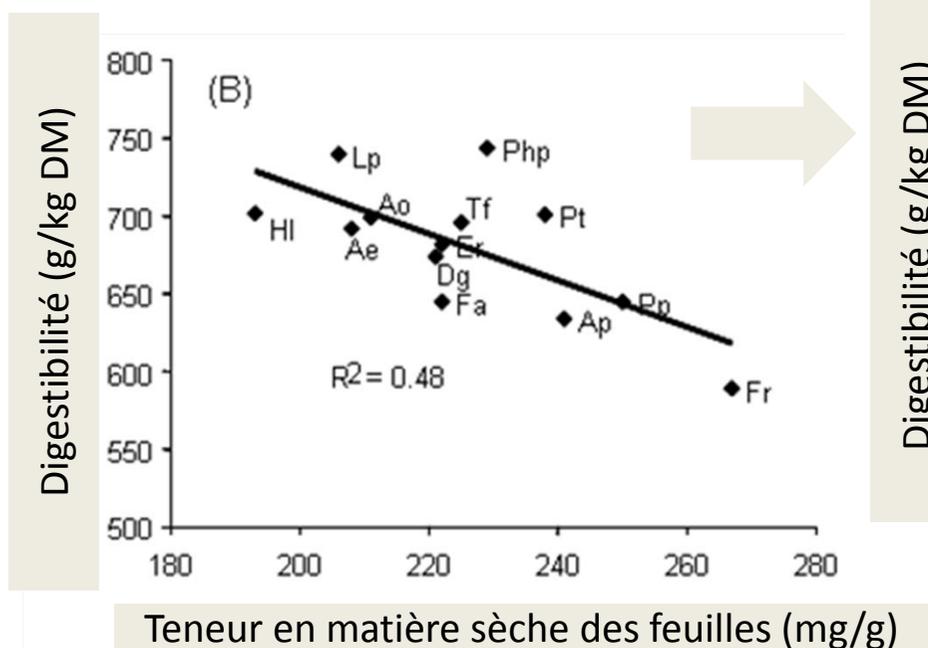
*Ex. hauteur des couverts*

*Ex. production de fourrage*

*Ex. valeur productive des prairies*

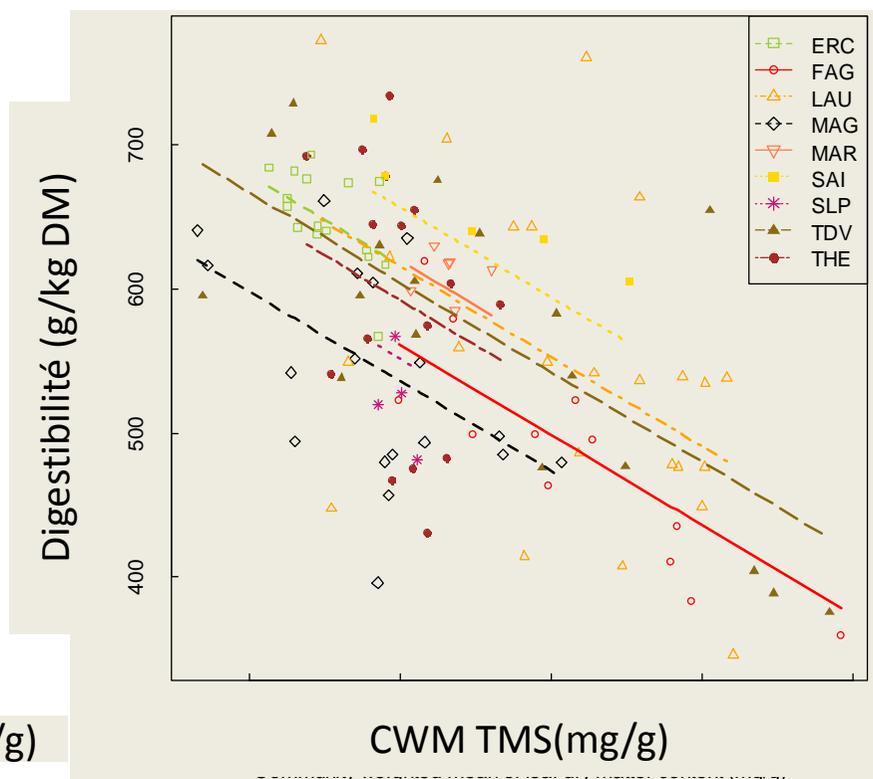


# Modélisation de la qualité des fourrages des prairies permanentes à l'échelle nationale



Digestibilité de 13 espèces prairiales expliquée par la densité de leurs tissus foliaires (TMS)

*Pontes et al. Functional Ecology 2007*

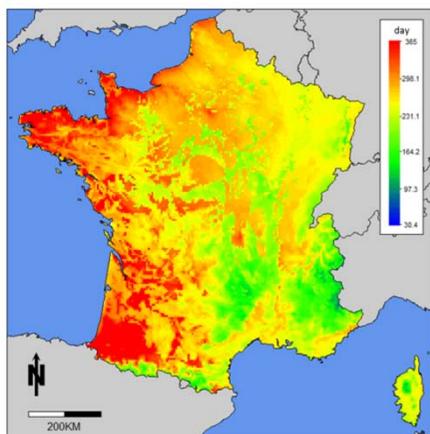


Une relation vérifiée à l'échelle de la communauté pour 9 sites de prairies avec une variété de climats et de sols

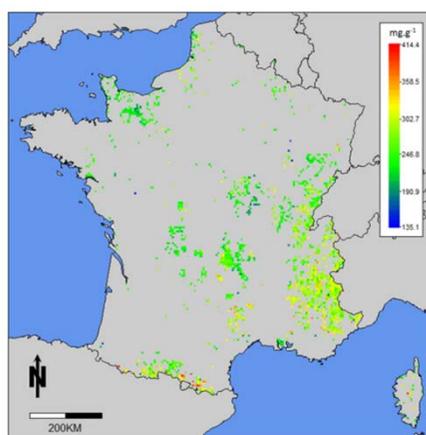
*Gardarin et al. Functional Ecology 2014*

# Modélisation de la qualité des fourrages des prairies permanentes à l'échelle nationale

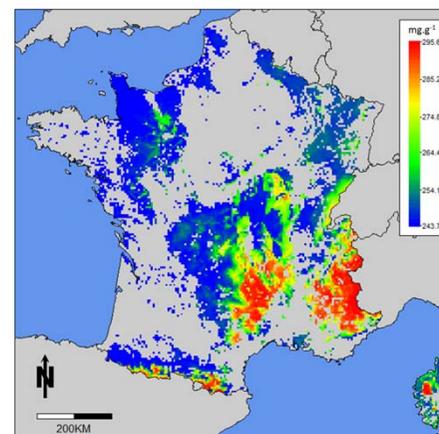
Durée de la saison de végétation (T, humidité sol)



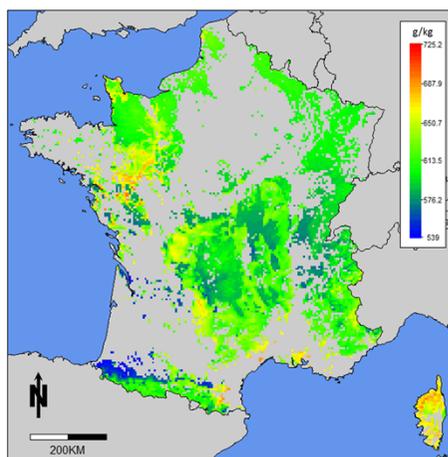
Calcul CWM Teneur en Matière Sèche des feuilles



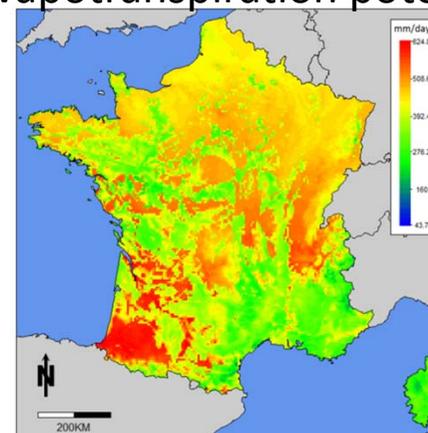
Modélisation CWM Teneur en Matière Sèche des feuilles



Modélisation de la digestibilité des fourrages



Evapotranspiration potentielle



# Choix d'une approche de modélisation

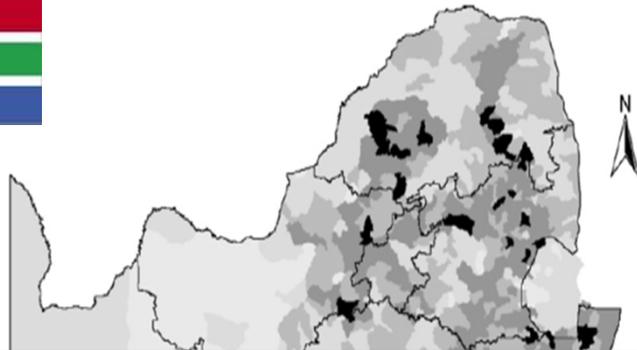
- **Enjeu:** Représenter les effets de la biodiversité, au-delà d'une simple équation à la couverture des sols ou à la cartographie des habitats.
- **Utiliser au mieux les connaissances en écologie (fonctionnelle)!**
- **Critères:**
  - Echelle:
    - Les échelles régionales sont compatibles avec une large gamme de modèles.
  - Ressources disponibles:
    - Compétences / technicité / temps
    - Données
      - Avancées importantes et rapides au niveaux européen et français !
- **Approche par étapes itératives**, des modèles les plus simples aux modèles plus fins des processus (MAES 2014; Grêt-Regamey & Weibel, Ecosystem Services 2014). **Hybridation de méthodes de modélisation.**

*Construire une compréhension  
pour la gestion des écosystèmes  
et des territoires :  
Arbitrages et synergies entre  
services écosystémiques*

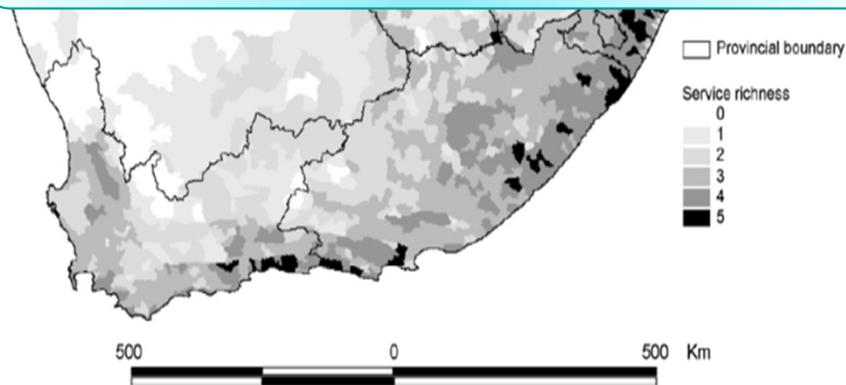
# Analyse des bouquets de services écosystémiques

- Objectifs pour la décision, la planification et la gestion:
  - Identifier les groupes de services écosystémiques associés de manière répétable dans l'espace (et dans le temps).
  - Identifier leurs liens aux paramètres de l'environnement: couverture des sols, variables climatiques, sols, gestion...
  - Caractériser des types de paysages par leurs bouquets de services.

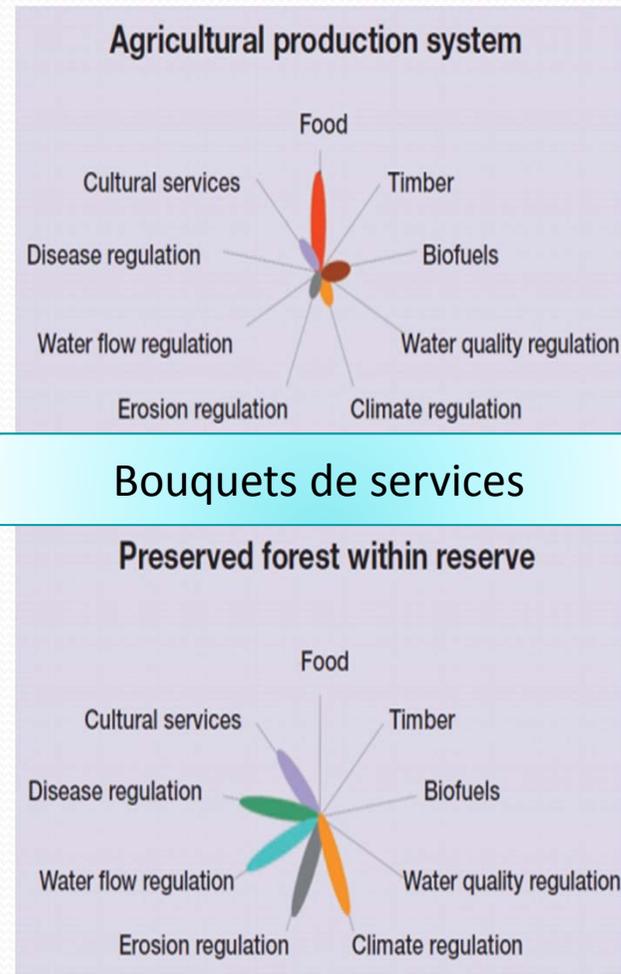
# Synergies et arbitrages entre services



Identification de zones prioritaires de fourniture de services (« hot spots »)



*Egoh et al. Agric. Ecosyst. Emt. 2008*



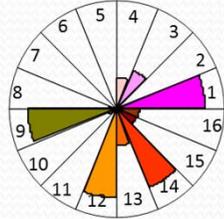
Bouquets de services

*Bennett & Balvanera Front. Ecol. Emt. 2007*

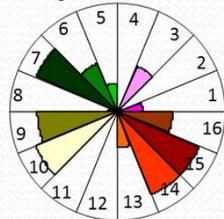
# Profils de services écosystémiques au sein des

## Alpes françaises

Piémonts et vallées dominés par l'agriculture



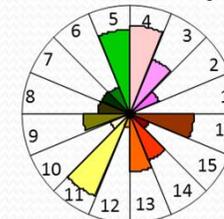
Espaces naturels et forêts des Alpes du Sud



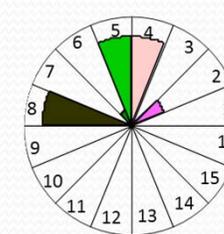
Forêts multifonctionnelles, prairies et espaces ouverts



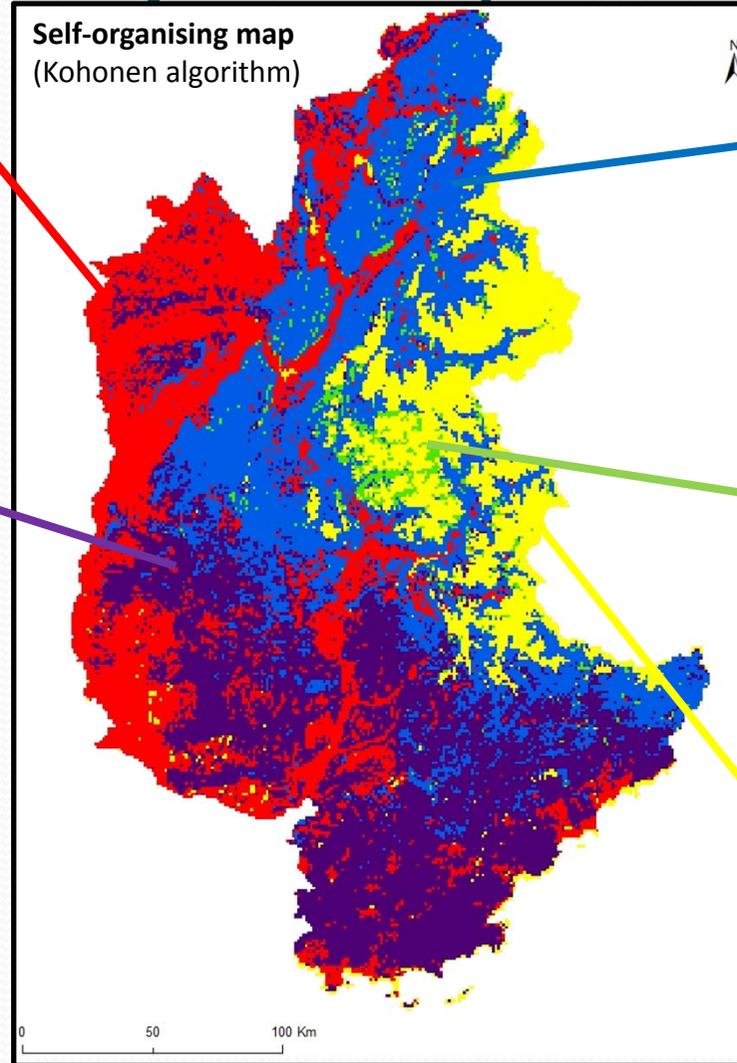
Zones critiques pour la protection des pentes



Sommets de haute altitude



Self-organising map  
(Kohonen algorithm)



### Provisioning services

crop - 1 wood - 3  
fodd - 2 hydro - 4

### Cultural services

recre - 5 hunt - 7 protv - 9  
tour - 6 protp - 8

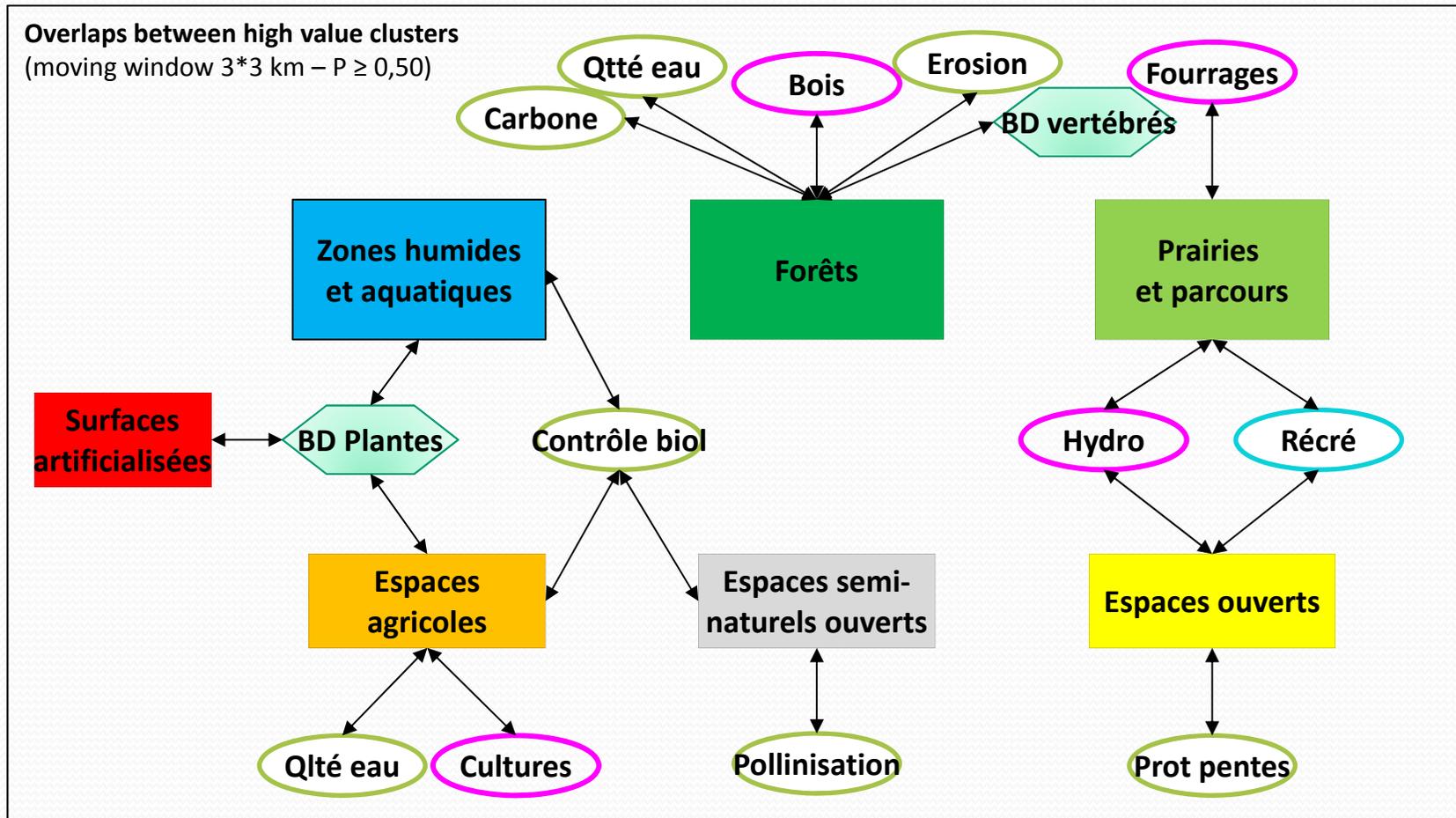
### Regulating services

eros - 10 wql - 12 cbiol - 14  
rock - 11 wqt - 13 poll - 15  
csto - 16

- Bouquets de services écosystémiques reflétant les éco-regions
- Reflètent les **contraintes écologiques** et la gestion des espaces

*Crouzat et al. J. Appl. Ecol. 2015*

# Relations entre SE, biodiversité et couverture des sols à l'échelle locale

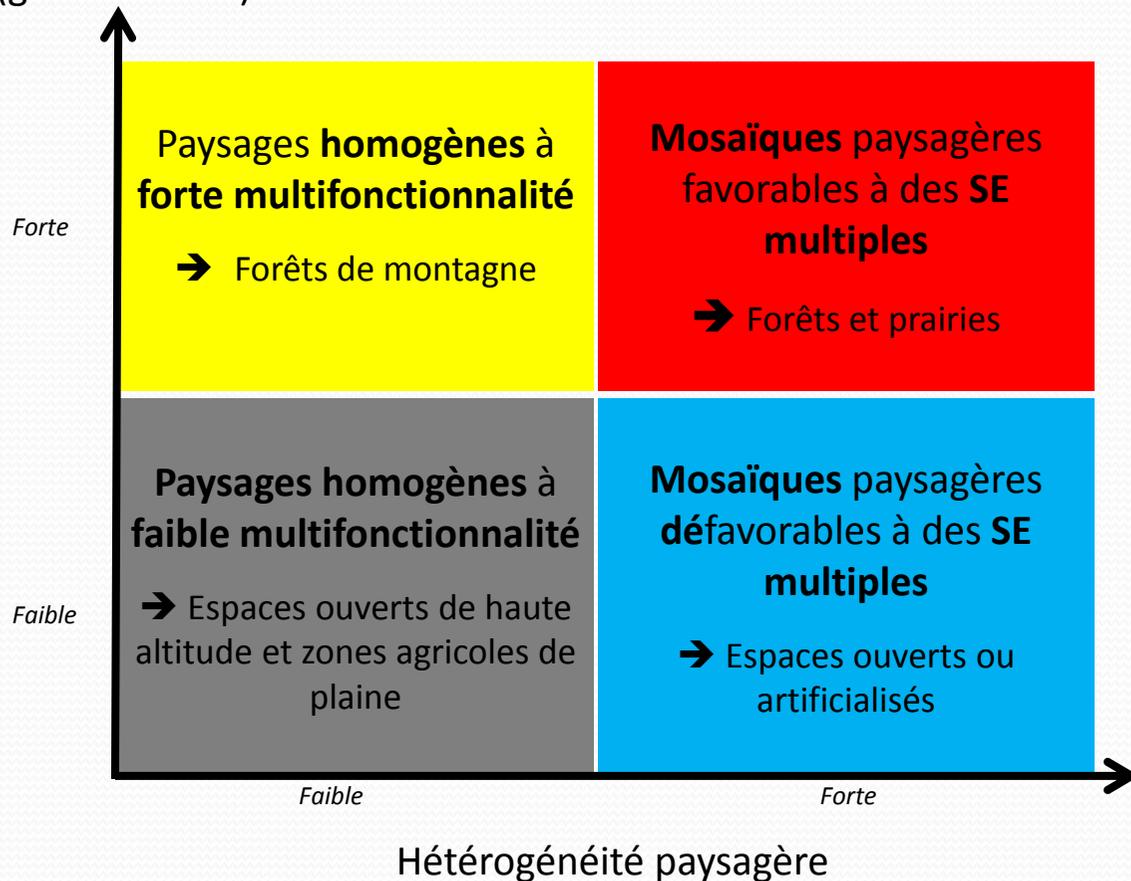


*Crouzat et al. J. Appl. Ecol. 2015*

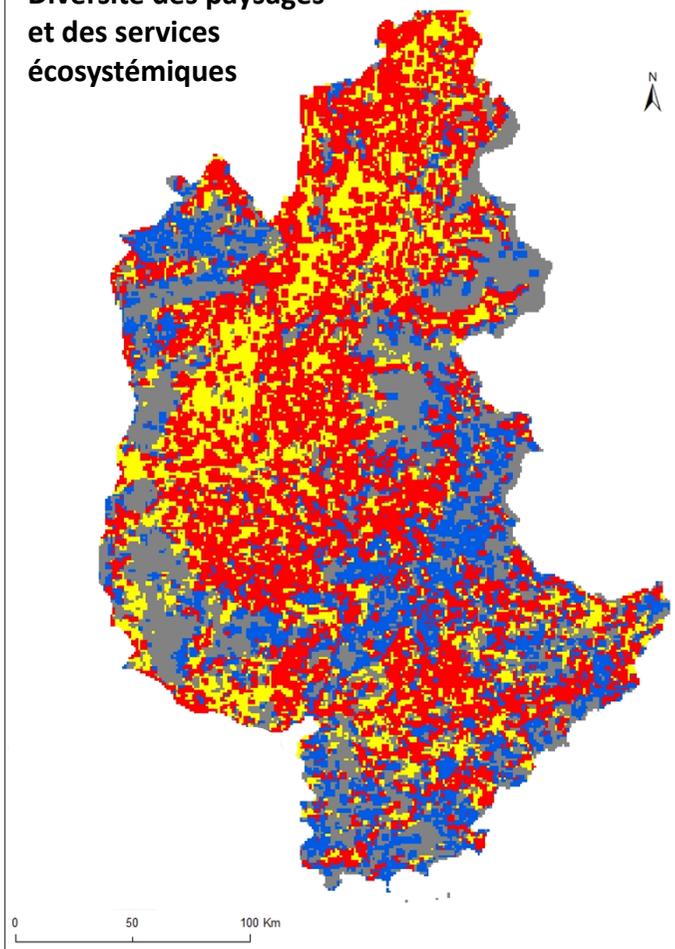
- ➔ Profils de services écosystémiques et de biodiversité par types de couverture des sols
- ➔ Construction a posteriori de tables de référence

# L'hétérogénéité paysagère est-elle garante de diversité de services?

Diversité des SE  
(gamma index)



Diversité des paysages et des services écosystémiques



Crouzat et al. J. Appl. Ecol. 2015

→ Multifonctionnalité ~~↔~~ Mosaïque paysagère

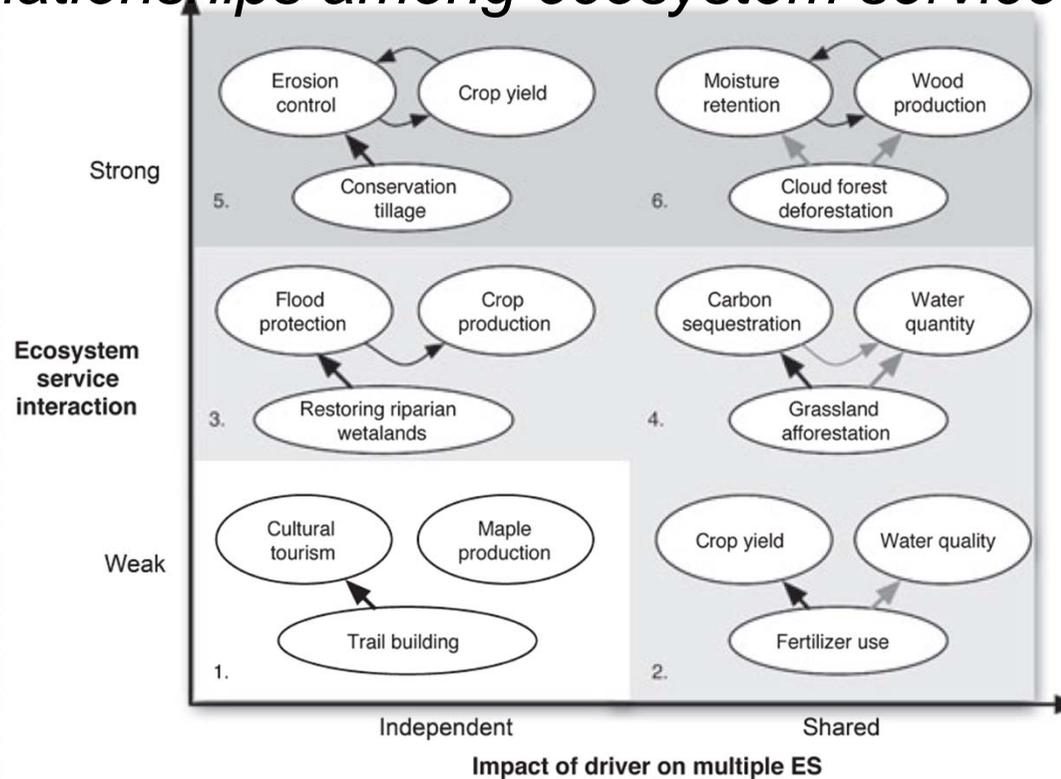
# Une question au cœur de la gestion et des politiques: synergies et arbitrages entre services dans les paysages

- Au-delà des approches géographiques, des questions fondamentales pour les chercheurs en écologie:
  - Quelles sont les bases écologiques de la diversité des services écosystémiques (« hot spots »)?
  - Comment les compromis écologiques contraignent-ils la fourniture de services écosystémiques ?

## REVIEW AND SYNTHESIS

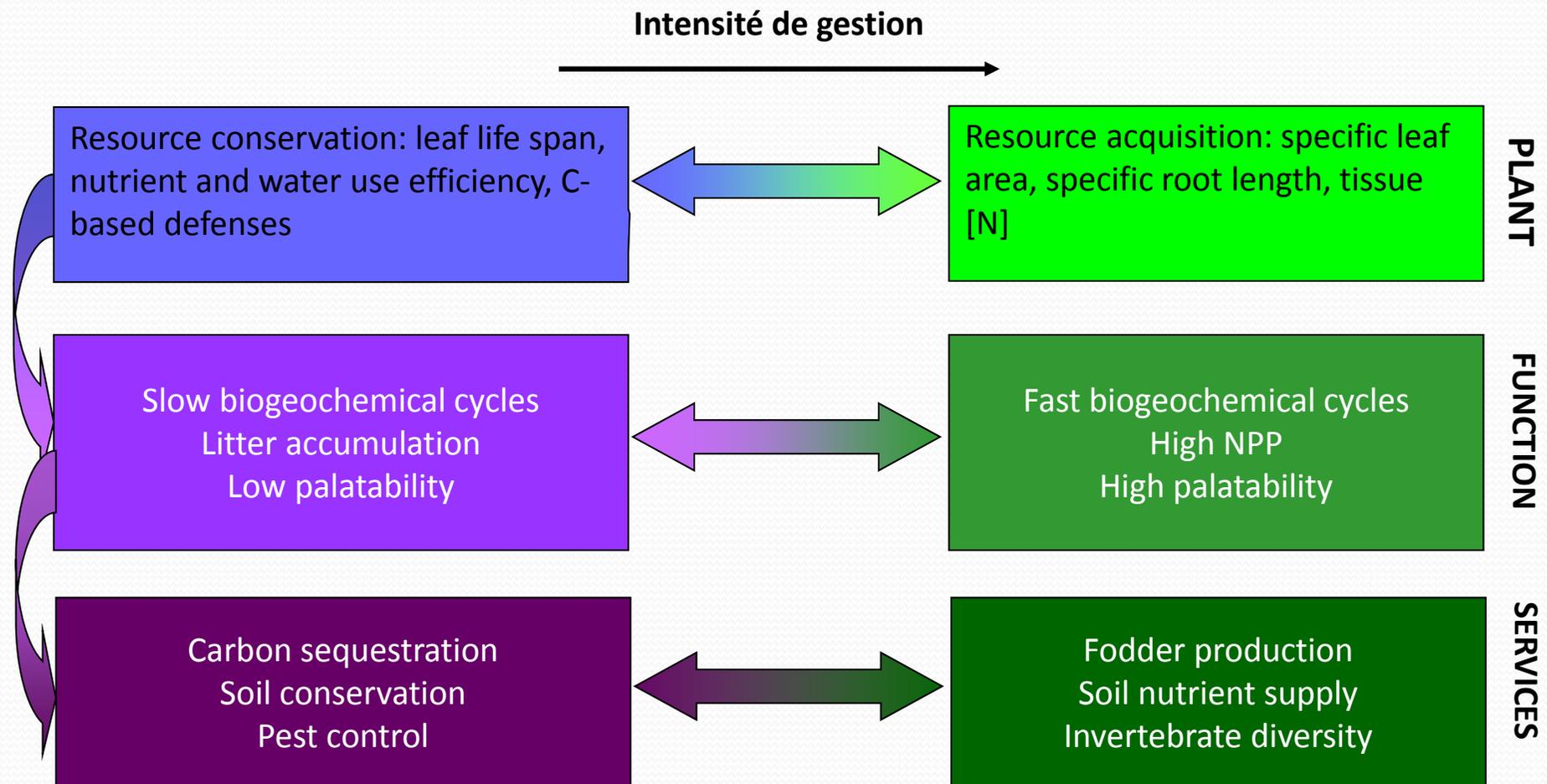
### Understanding relationships among multiple ecosystem services

*“... development of a theoretical understanding behind the relationships among ecosystem services.”*



*Bennett et al. Ecol. Let. 2009*

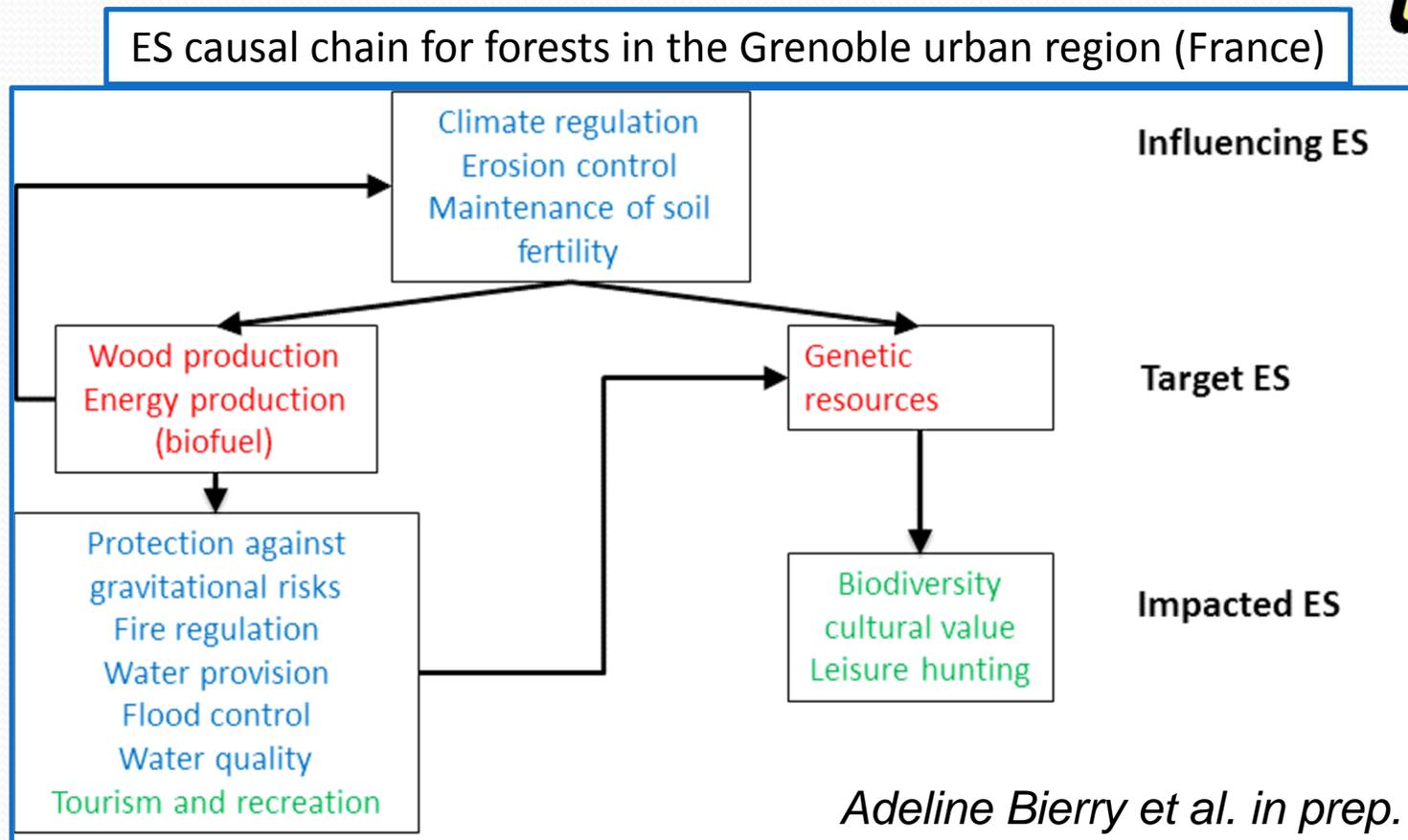
# Défi: Utiliser les connaissances fondamentales pour comprendre les synergies et compromis entre SE



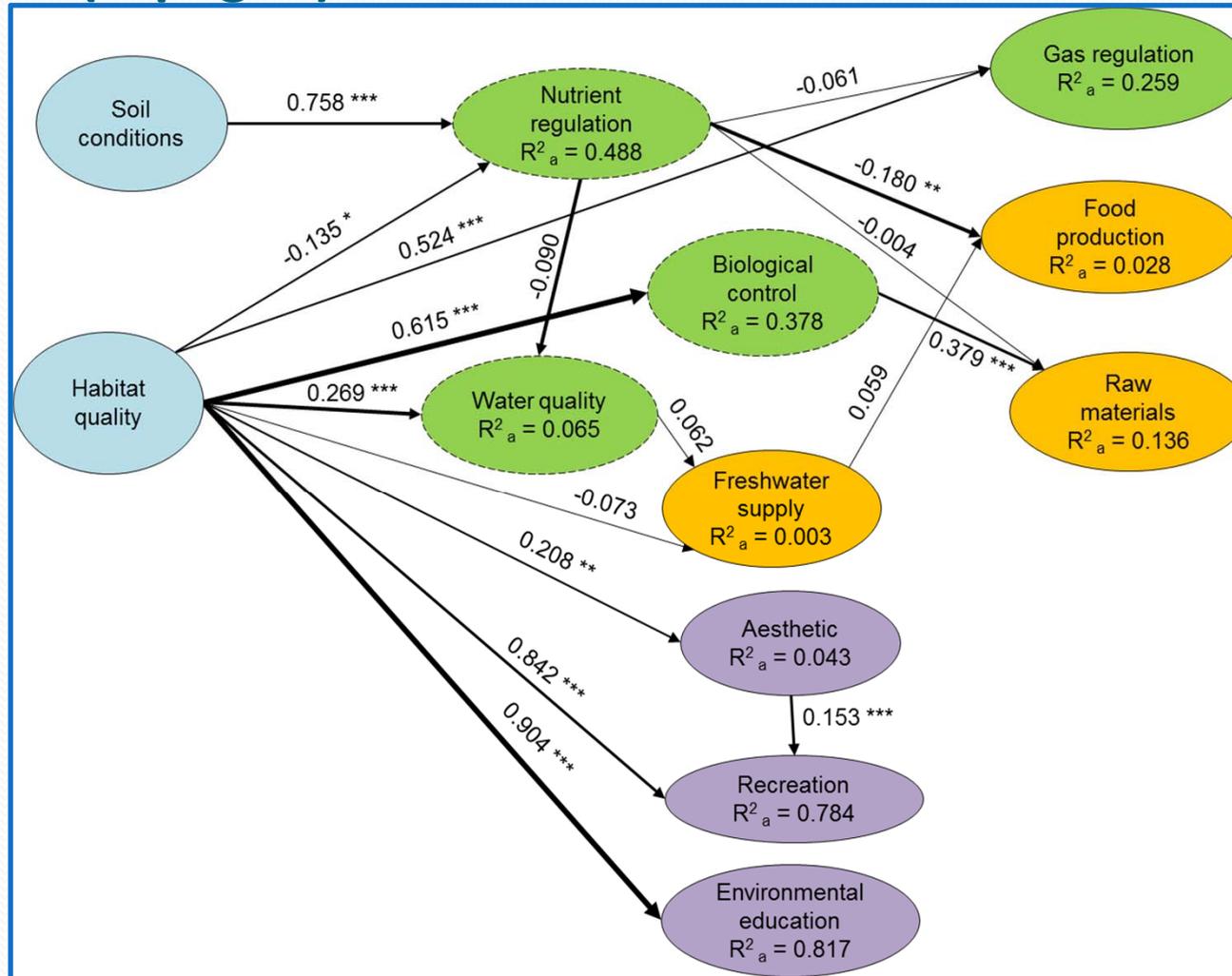
*Lavorel & Grigulis J. Ecol. 2012*

# Prochaines étapes: Analyses de réseaux de services écosystémiques

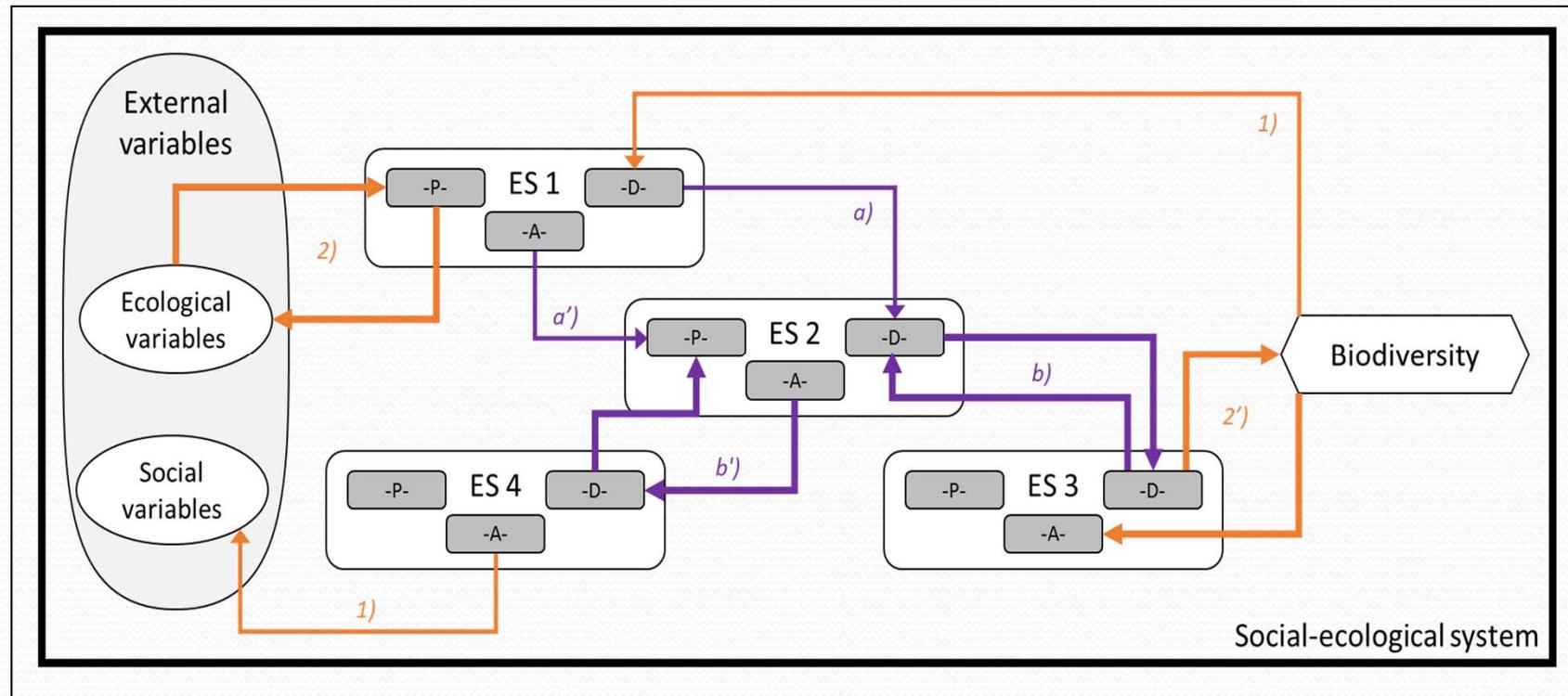
- Objective: To identify the causal chain between ES



# Application: Services écosystémiques rendus par un bassin versant (Espagne)



# Cadre conceptuel pour l'analyse des réseaux d'interaction



# Frontières de recherche pour l'évaluation biophysique des services écosystémiques

- Continuer de développer des modèles permettant de représenter les bénéfices de la biodiversité pour les SE.
  - Représentation explicite de la dynamique des écosystèmes.
  - Modèles transférables pour les évaluations à différentes échelles.
- Décrire et comprendre les bouquets de services écosystémiques pour guider la décision et la gestion:
  - Recherche des mécanismes sous-tendant les patrons observés de biodiversité et de SE.
  - Boîtes à outils transférables.
  - Mettre en relation les dimensions biophysiques et sociales des bouquets de SE.

# Leçons des analyses des arbitrages et synergies entre services écosystémiques

- Un terreau fertile pour les avancées fondamentales en écologie, et pour le transfert depuis l'écologie fondamentale vers la pratique
- Un objet académique support de dialogue avec les acteurs des territoires?
  - Planification territoriale, gestion multifonctionnelle (agriculture, forêt)
- Point aveugle: compromis / synergies entre groupes d'acteurs, jeux de pouvoir...
  - Collaborations interdisciplinaires pour:
    - Faciliter les interactions et les débats entre intérêts politiques et économiques divergents.
    - Créer des perspectives nouvelles qui influencent comment les problèmes de gestion environnementale sont cadrés et quelles solutions sont proposées.

Merci pour votre attention !

