

COLLÈGE
DE FRANCE

— 1530 —

L'écologie fonctionnelle : Comprendre la structure des écosystèmes pour anticiper les effets du changement global

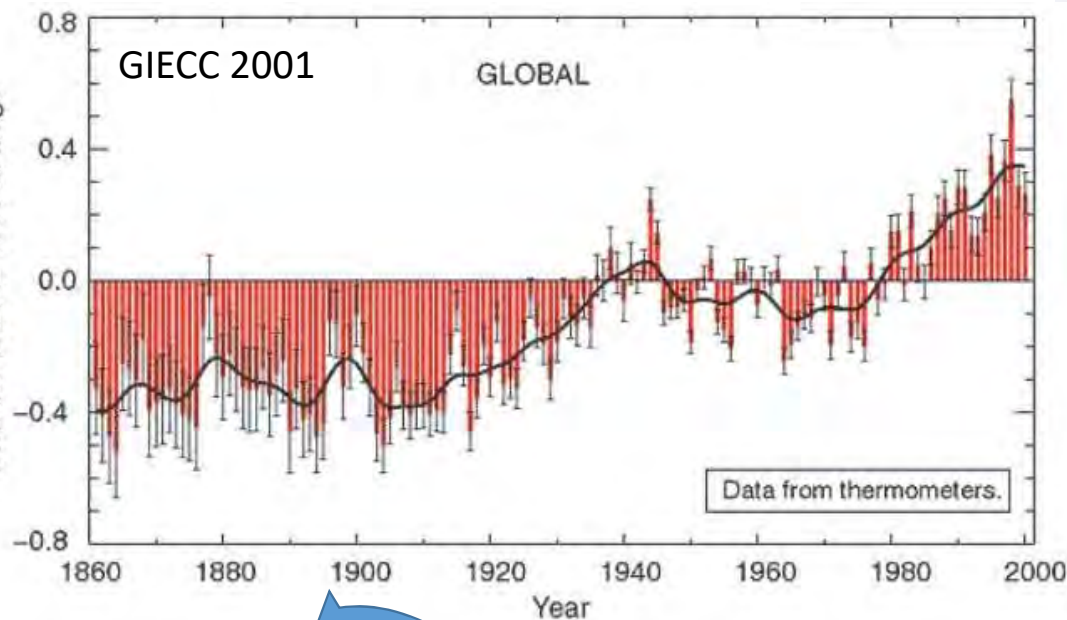
Sandra LAVOREL
Chaire annuelle
Biodiversité et écosystèmes



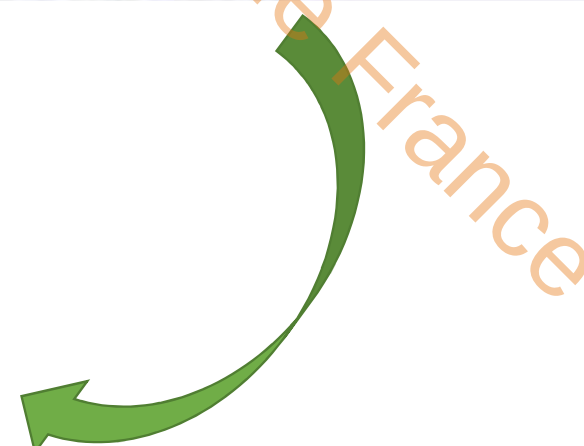
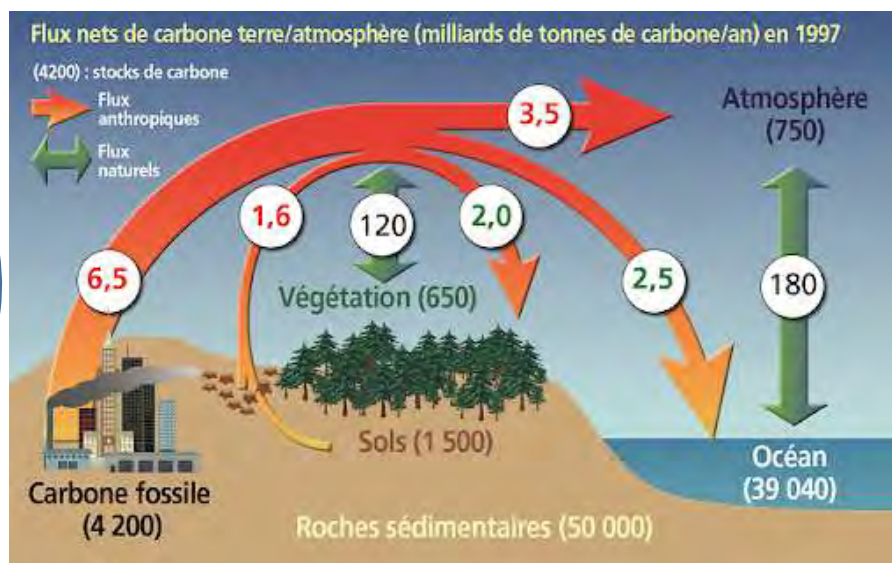
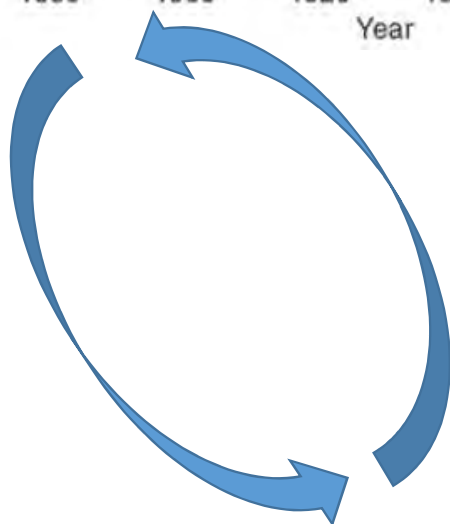
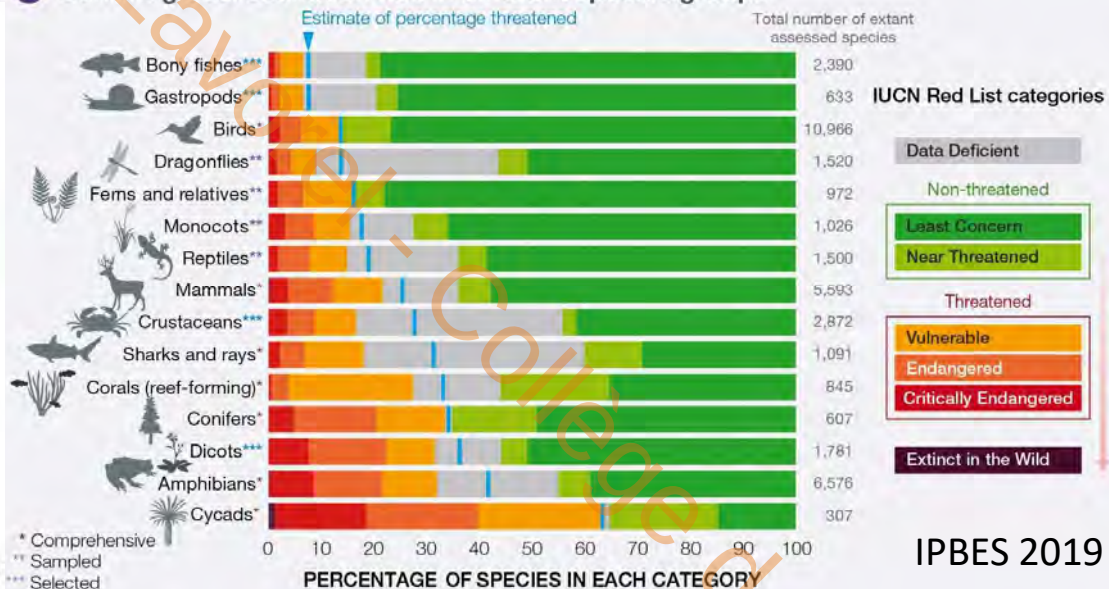
Fondation
Jean-François
de Clermont-Tonnerre



Departures in temperature (°C)
from the 1961 to 1990 average



A Current global extinction risk in different species groups



Ecosystème: ensemble d'organismes en interaction avec leur environnement physique et chimique, et entre eux



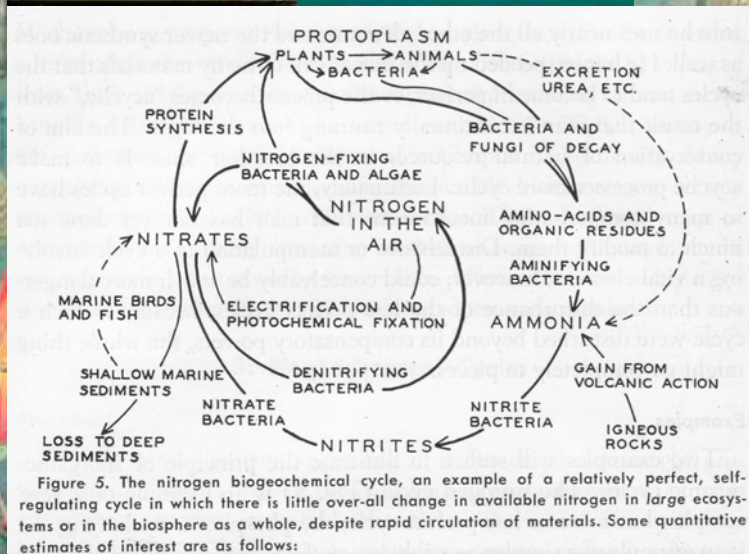
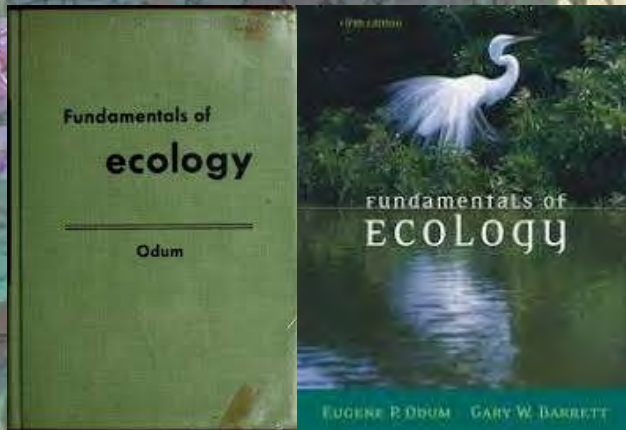
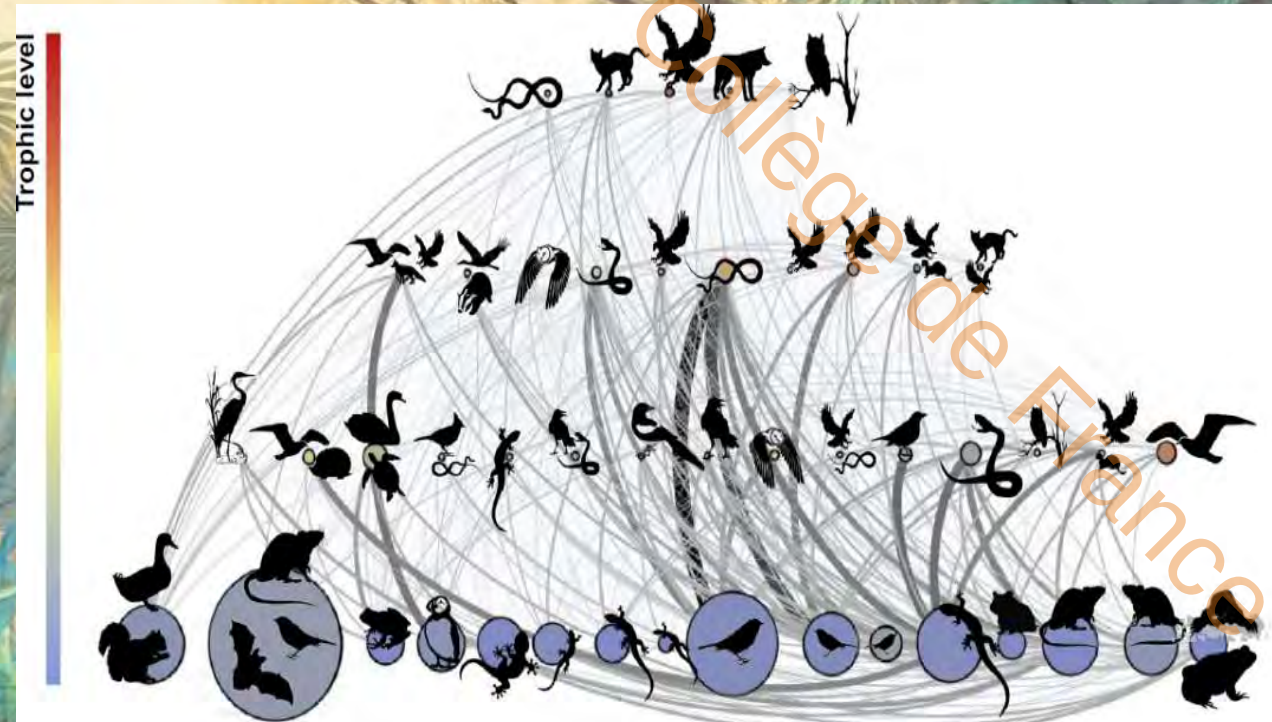


Figure 5. The nitrogen biogeochemical cycle, an example of a relatively perfect, self-regulating cycle in which there is little over-all change in available nitrogen in large ecosystems or in the biosphere as a whole, despite rapid circulation of materials. Some quantitative estimates of interest are as follows:

Représentation systémique du cycle de l'azote par Eugene Odum



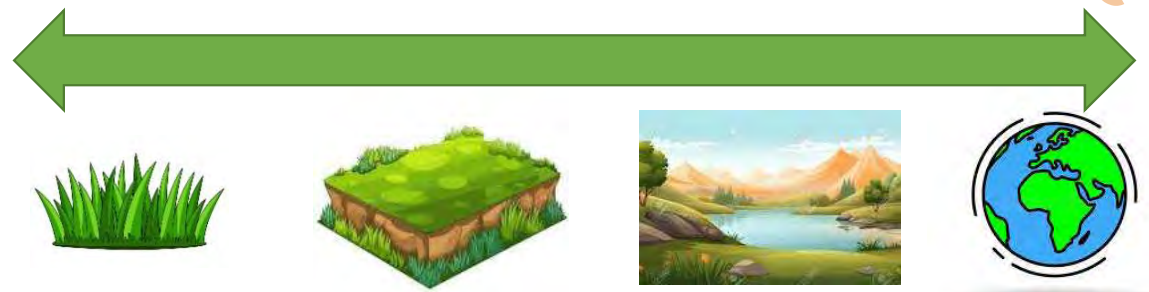
Réseau d'interactions des vertébrés tétrapodes européens

LMJ O'Connor et al. (2020) *Journal of Biogeography*

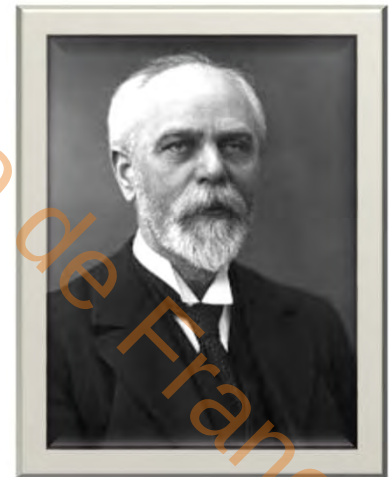
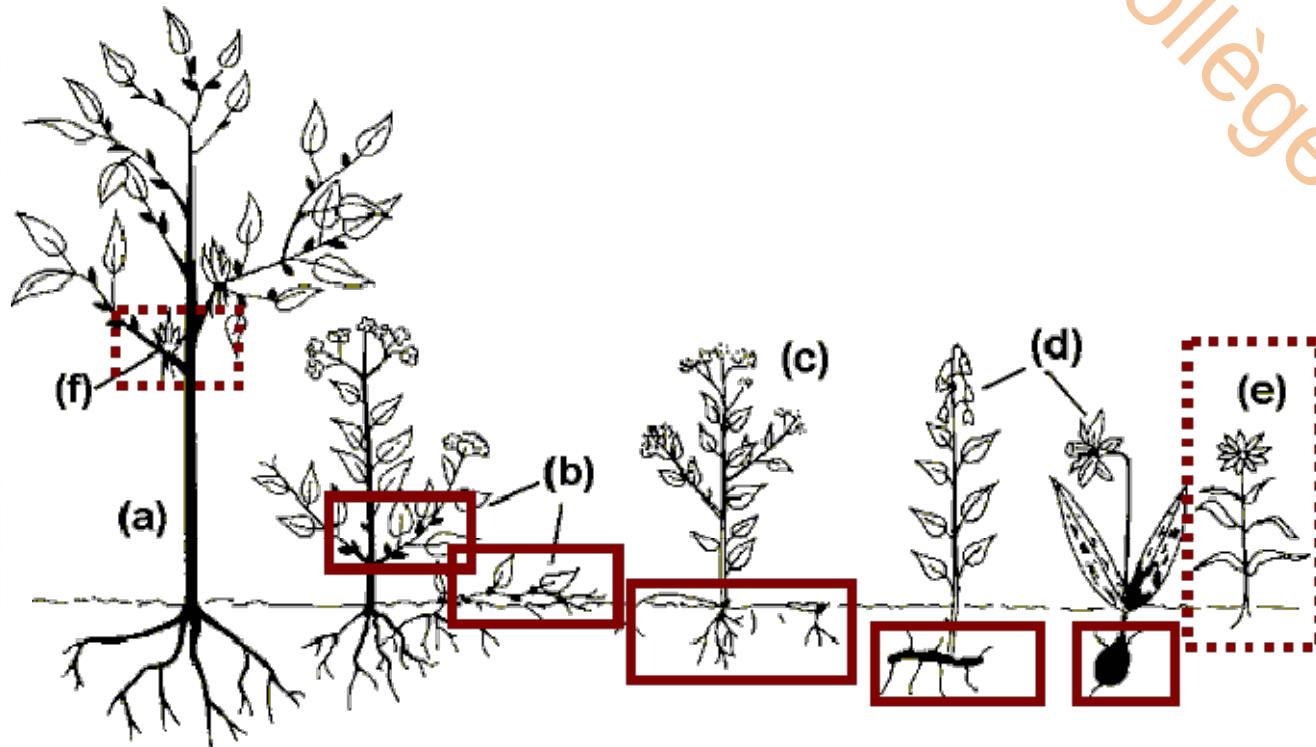
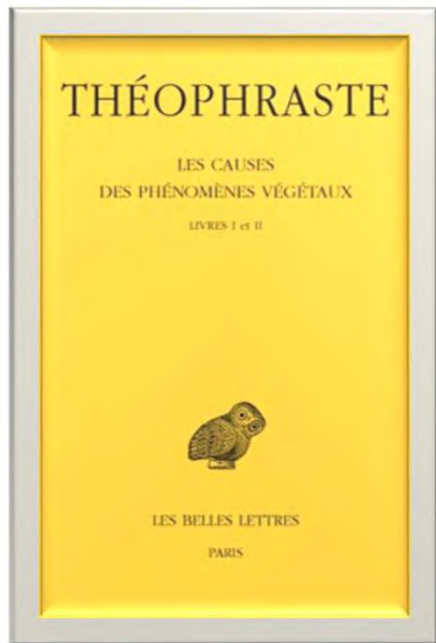
L'écologie fonctionnelle, une discipline récente



- **Règles générales** pour expliquer le relations entre:
 - Fonctions des systèmes biologiques et facteurs du milieu
 - Différentes fonctions
 - Structure et fonctions des organismes



Conceptions historiques des groupes fonctionnels végétaux

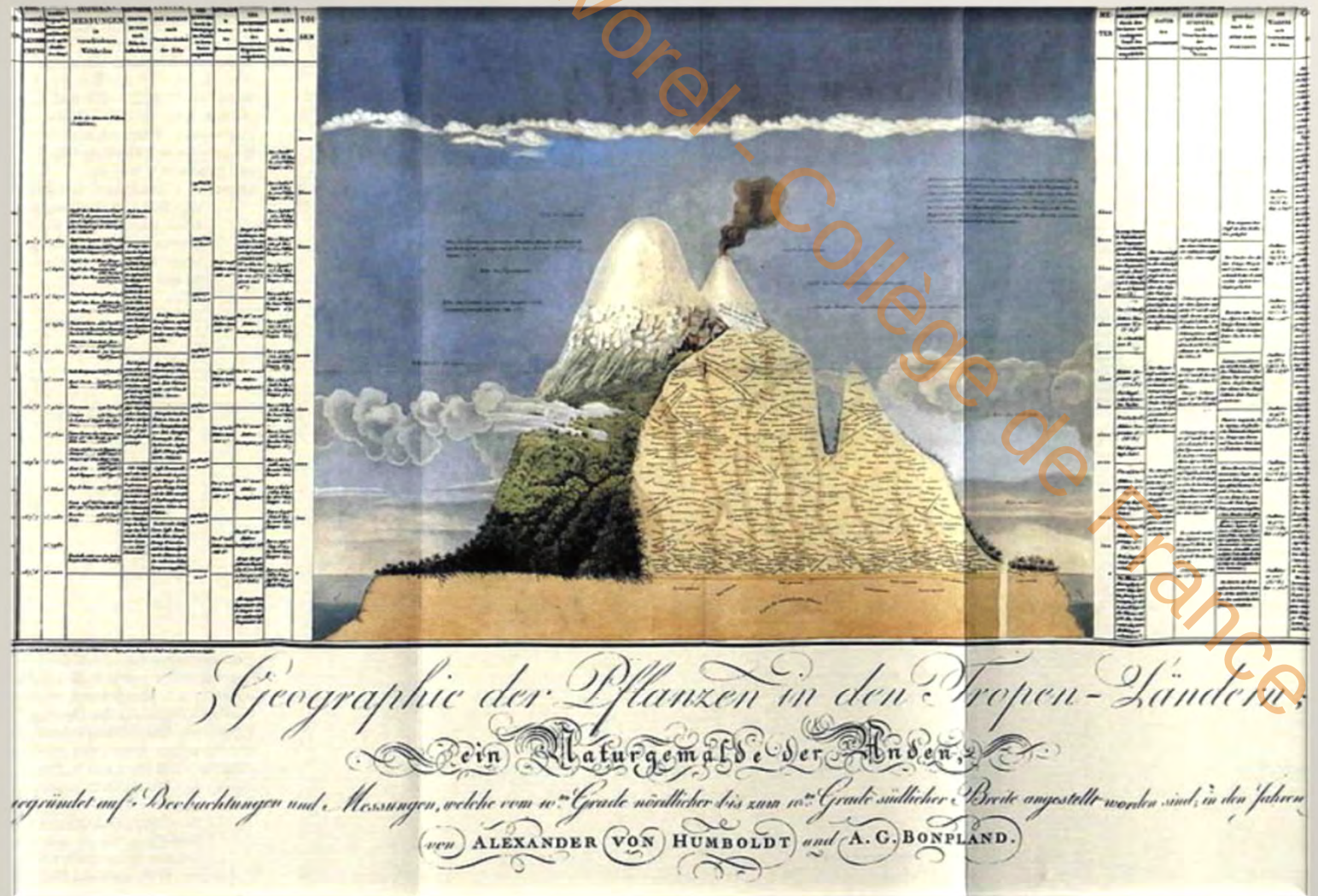


C. Raunkiaer (1904)

ESSAI
SUR LA
GÉOGRAPHIE DES PLANTES;
ACCOMPAGNÉ
D'UN TABLEAU PHYSIQUE
DES RÉGIONS ÉQUINOXIALES
PAR
ALEXANDRE DE HUMBOLDT ET A. BONPLAND.



A PARIS,
CHEZ LEBLANC, NEAUME ET COMPAGNIE, Libraires.
1797 — 1805.



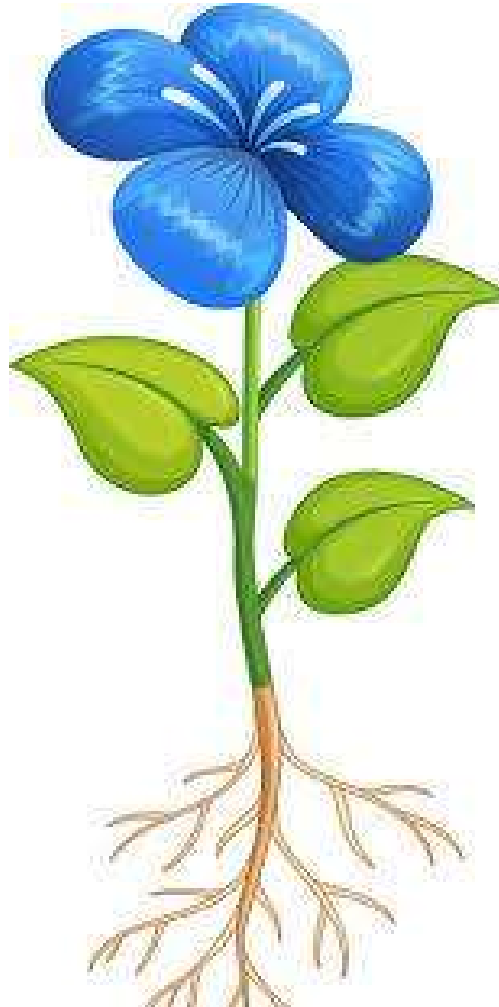
Fonction

Fécondité
Dispersion
Recrutement

Interception lumineuse
Capacité compétitrice

Photosynthèse
Décomposabilité

Absorption (nutriments, eau)
Flux de carbone



Trait fonctionnel

Masse des graines

Hauteur végétative

Traits des feuilles
Masse surfacique
Teneur en matière sèche
Teneurs en nutriments

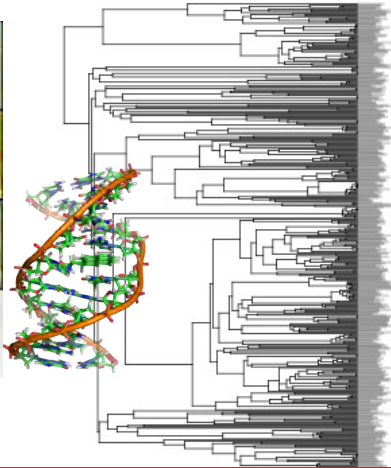
Traits des racines
Densité, diamètre
Longueur spécifique

Différentes dimensions quantitatives de la biodiversité

Diversité génétique



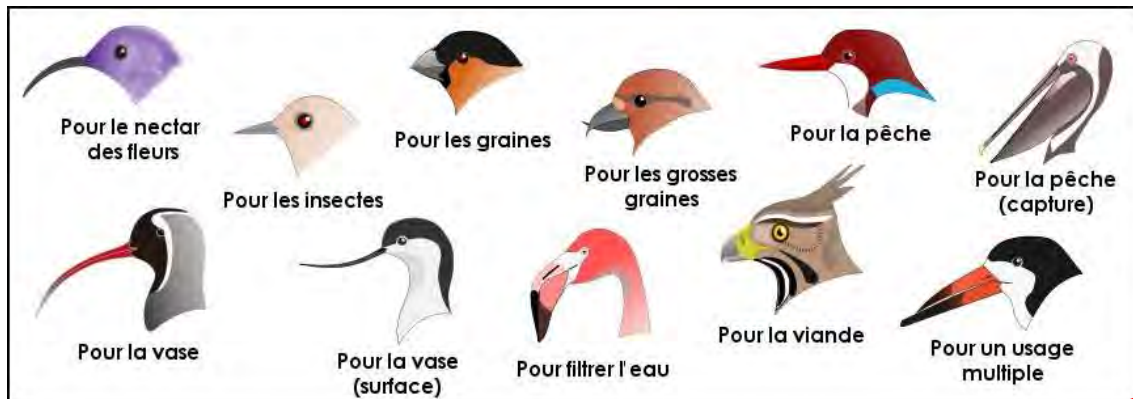
Diversité phylogénétique



Diversité taxinomique



Diversité fonctionnelle



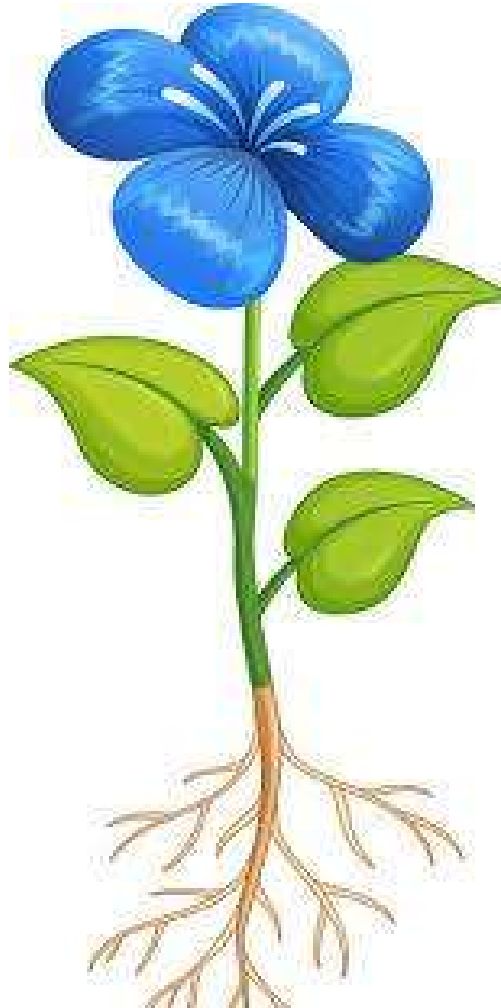
Fonction

Fécondité
Dispersion
Recrutement

Interception lumineuse
Capacité compétitrice

Photosynthèse
Décomposabilité

Absorption (nutriments, eau)
Flux de carbone



Trait fonctionnel

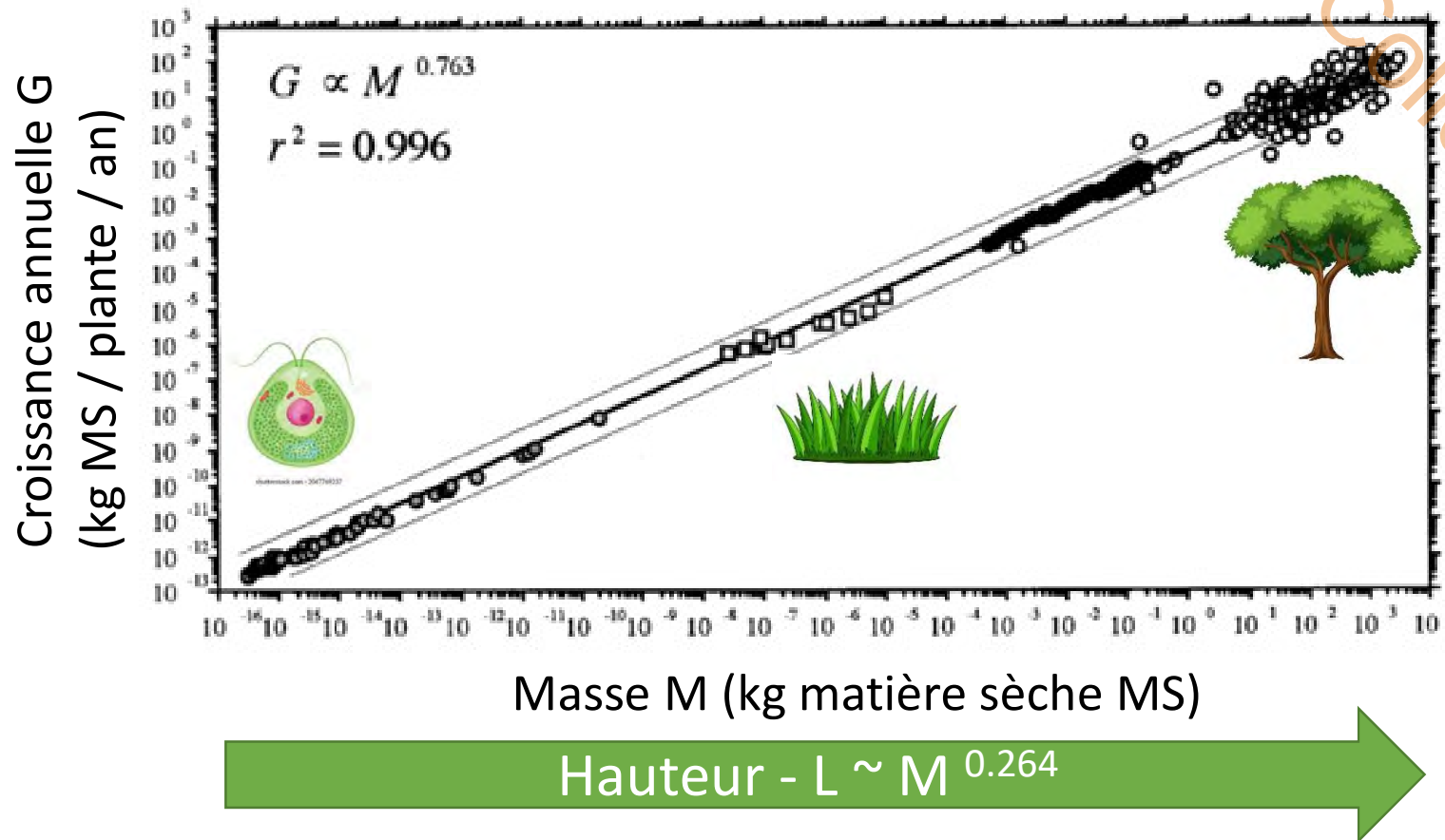
Masse des graines

Hauteur végétative

Traits des feuilles
Masse surfacique
Teneur en matière sèche
Teneurs en nutriments

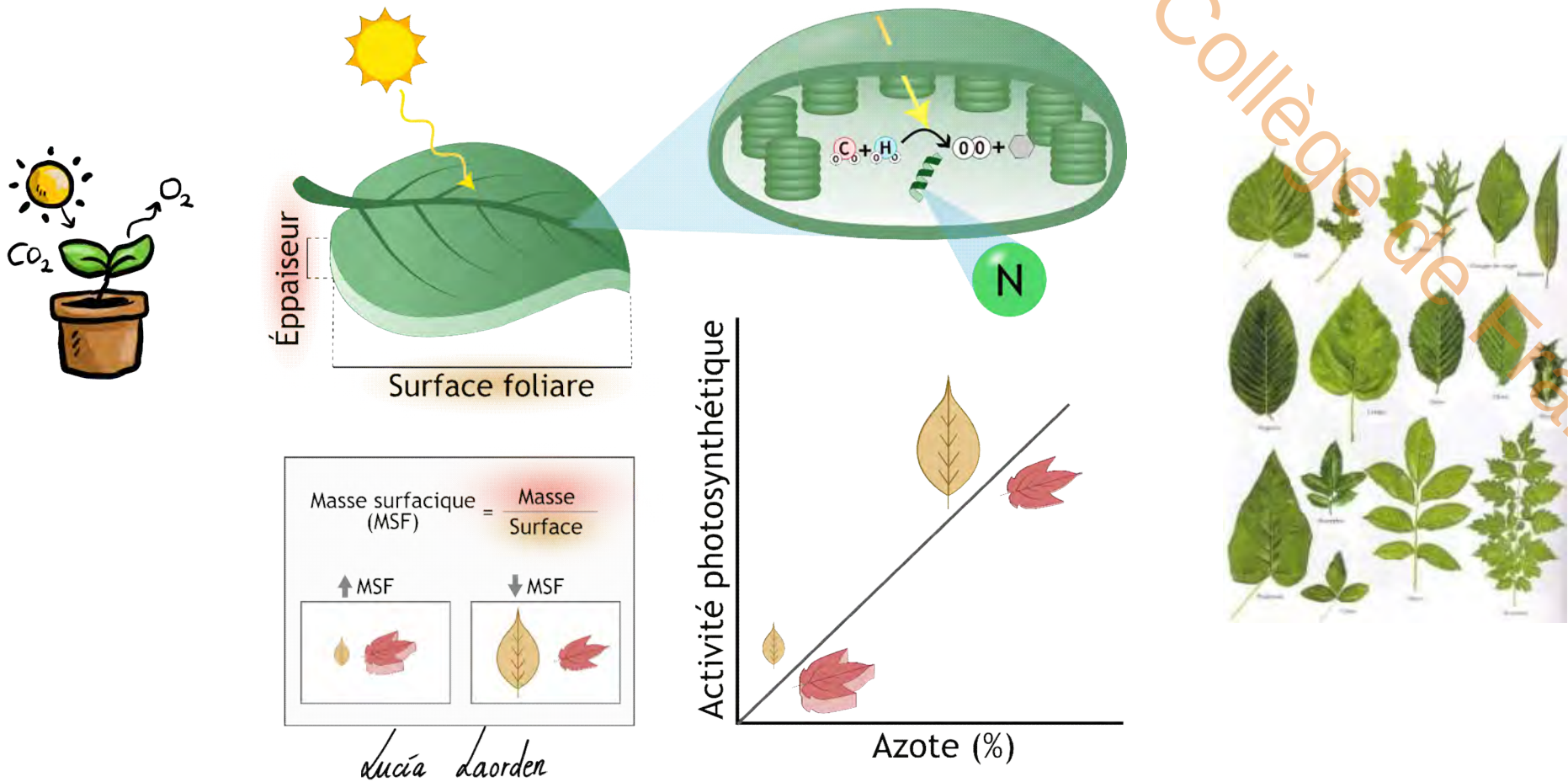
Traits des racines
Densité, diamètre
Longueur spécifique

Traits fonctionnels végétaux essentiels: Taille - hauteur végétative

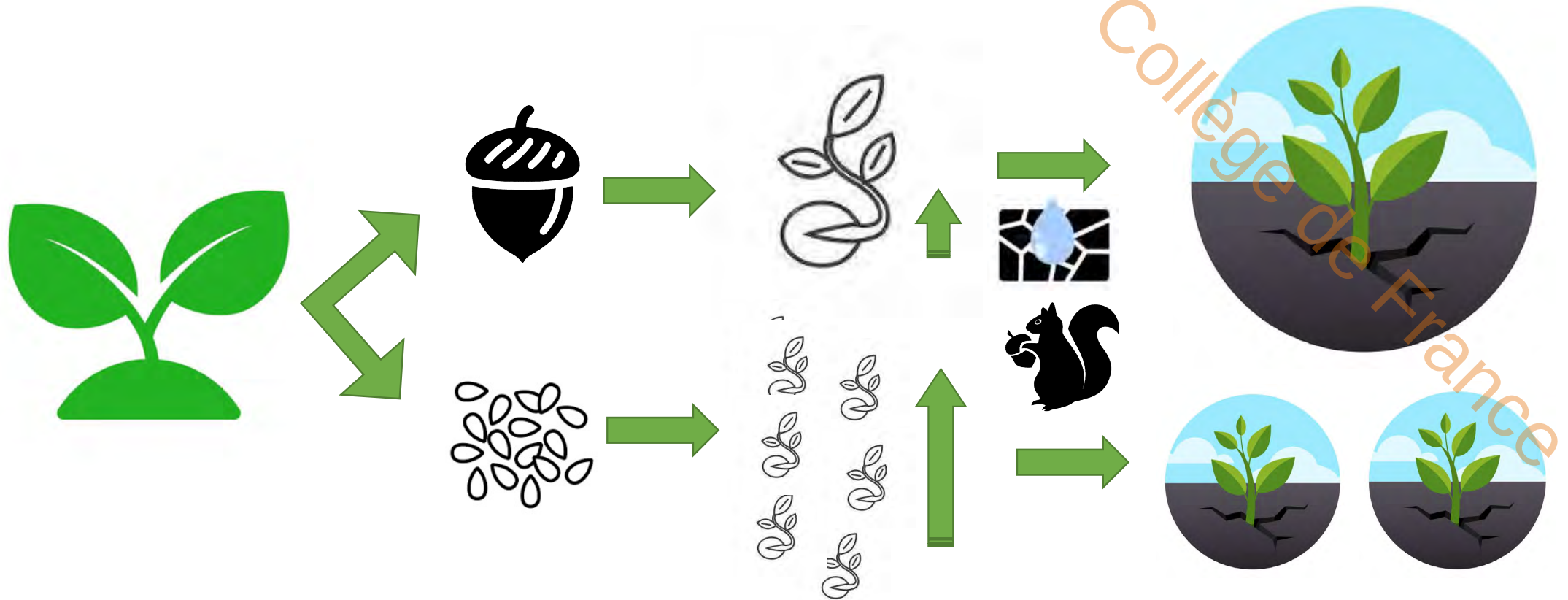


Niklas & Enquist PNAS 2001

Traits fonctionnels végétaux essentiels : Economie des ressources par les feuilles



Traits fonctionnels végétaux essentiels : Masse des graines



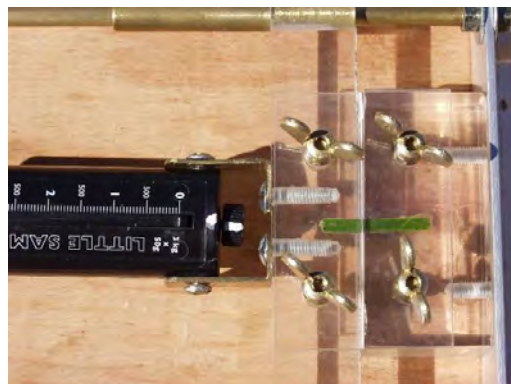
TRY

Plant Trait Database

www.try-db.org

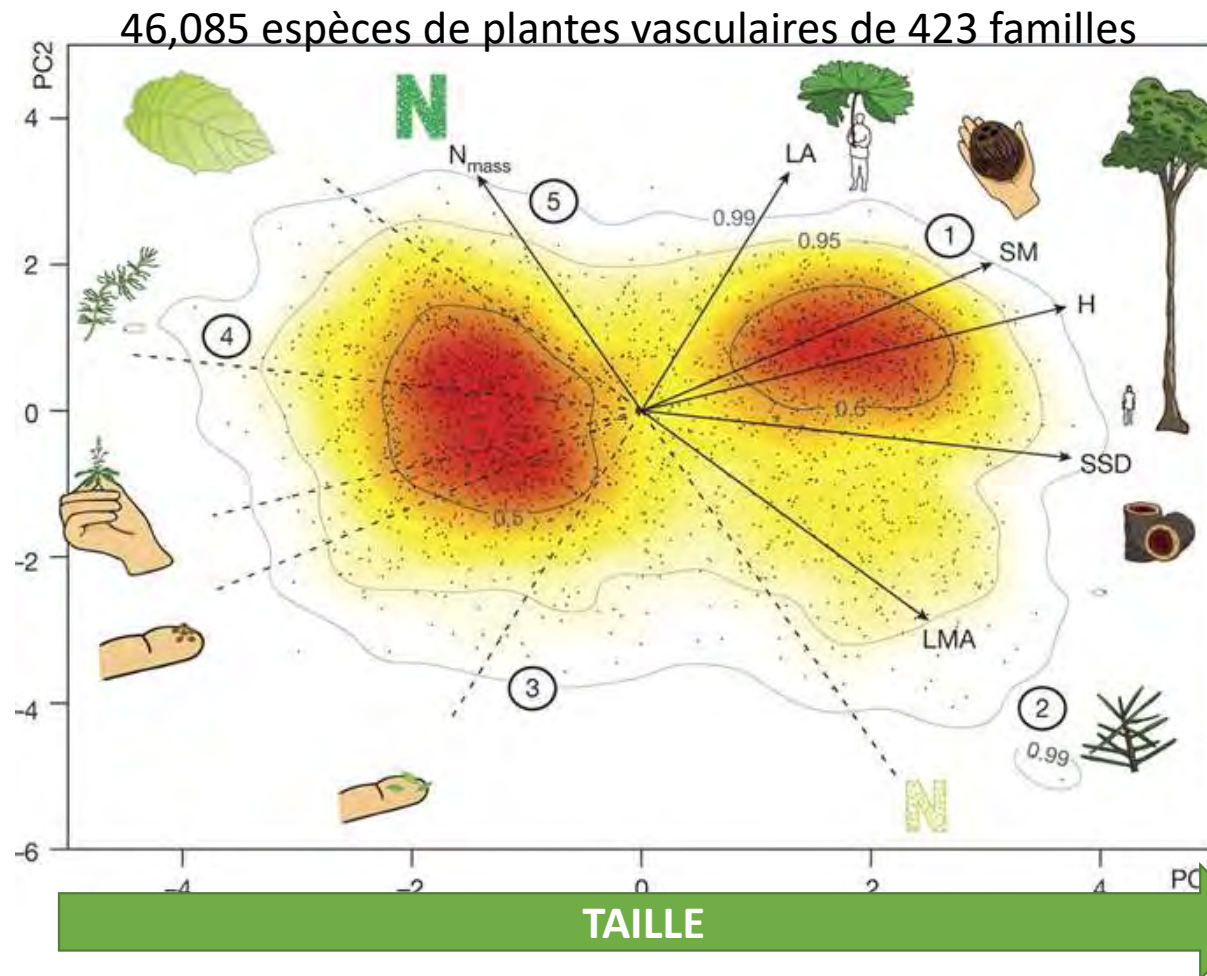
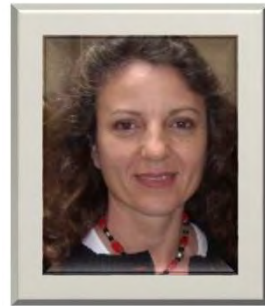


750 traits, 305 000 taxons, 15 M données publiques



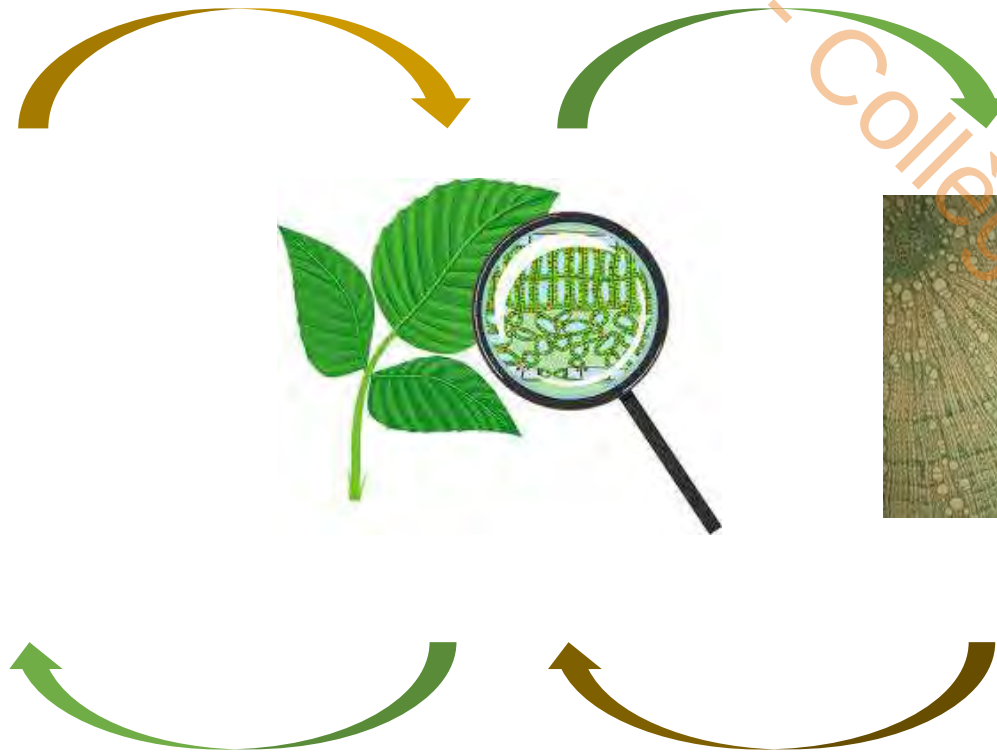
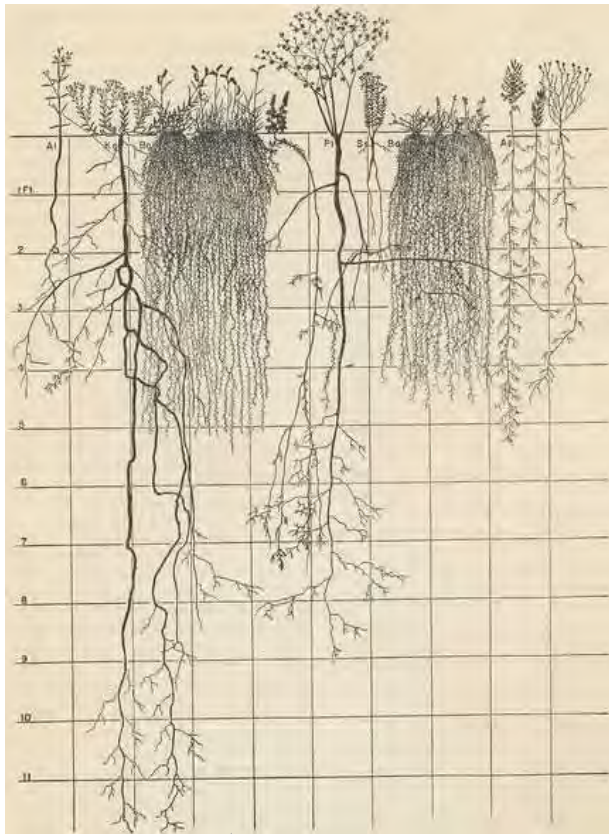
PhotosyntheticPathway
Respiration LeafArea NfixationCapacity
SLA RegenerationCapacity PlantLifespan
WoodDensity GrowthForm
PhenologyType LeafN
LeafP LeafLongevity PhotosyntheticCapacity
MaxPlantHeight SeedMass

Le spectre global de forme et de fonction des végétaux supérieurs



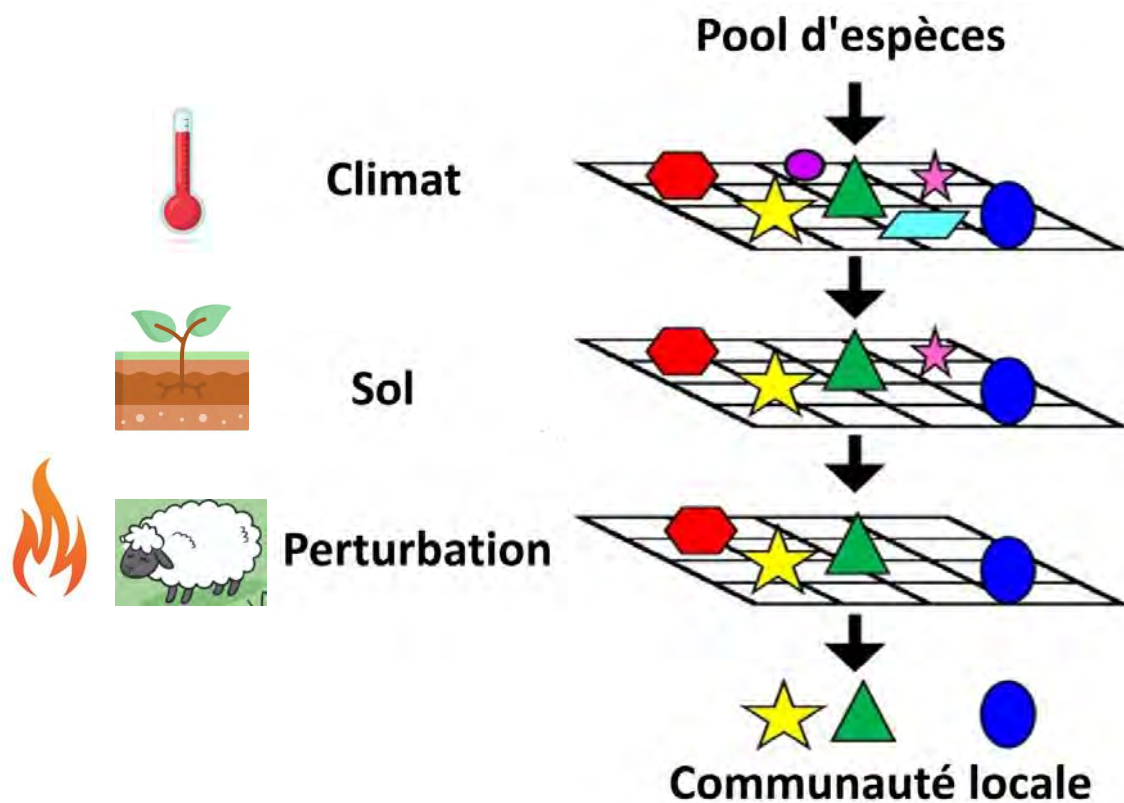
Diaz et al. Nature 2016

Spectre d'économie de la plante entière



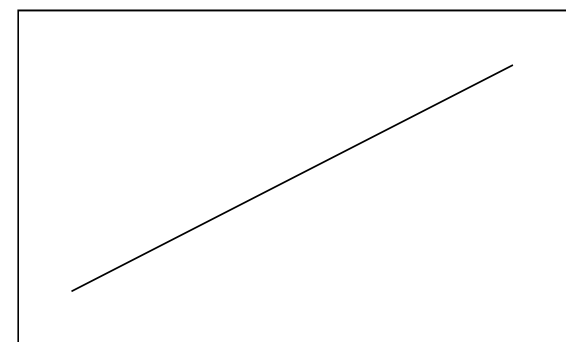
Economie du carbone, des nutriments (N,P) et de l'eau

Traits de réponse : le modèle des filtres environnementaux



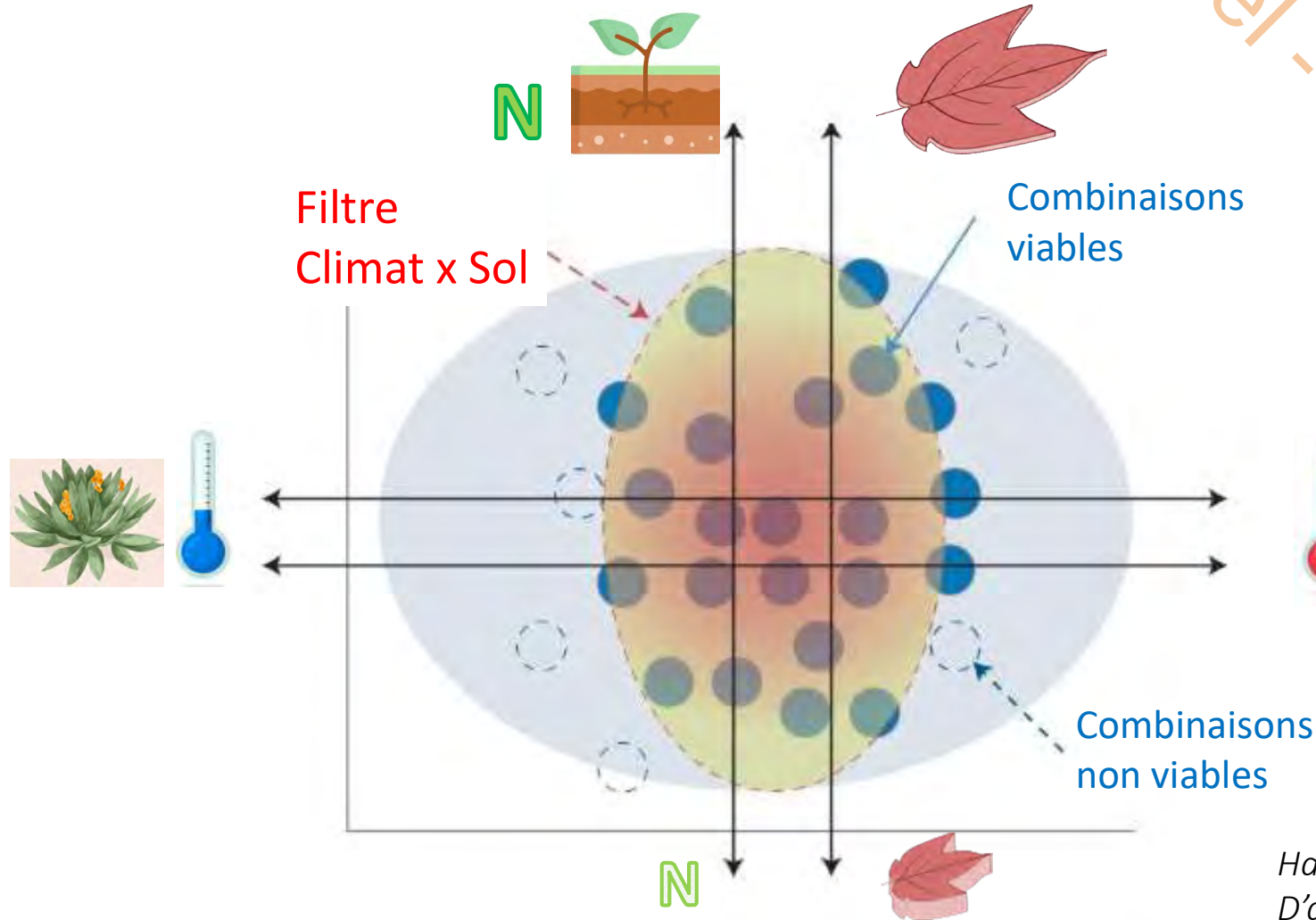
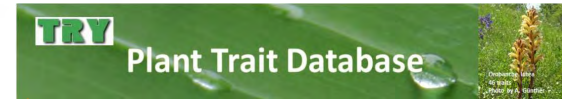
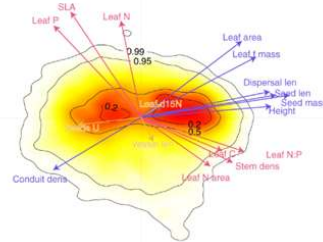
Philip Grime, 1977

Trait de réponse



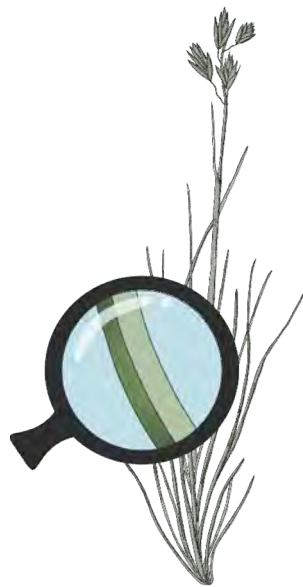
Variable environnementale

Traits de réponse à l'échelle mondiale

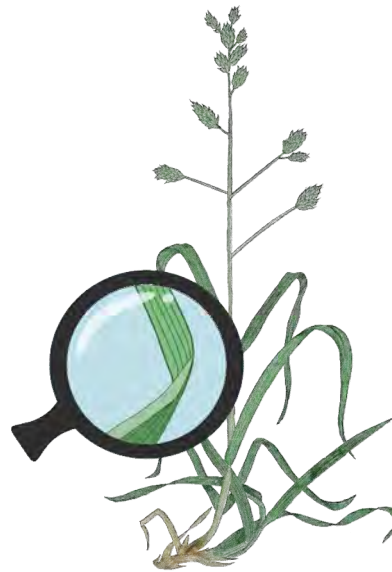


Haydn Nature Ecol Evol 2022
D'après Joswig et al. Nature Ecol Evol 2022

Traits de réponse: ressources des sols



Festuca ovina



Dactylis glomerata



Lolium multiflorum

Masse surfacique

Azote foliaire

Fertilité des sols

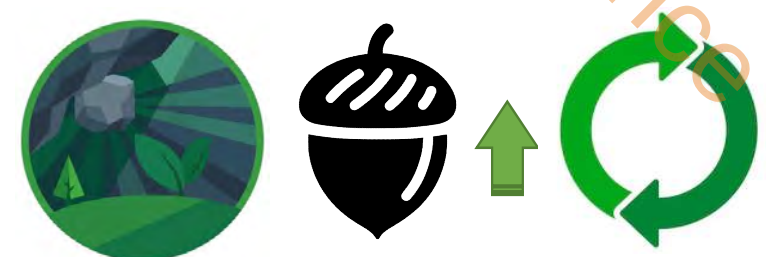
Lucia Laorden

Traits de réponse : Perturbations locales

Espèces pionnières



Espèces compétitrices



Temps (années)



**Des traits des espèces
aux écosystèmes diversifiés**



Philip Grime, 1998

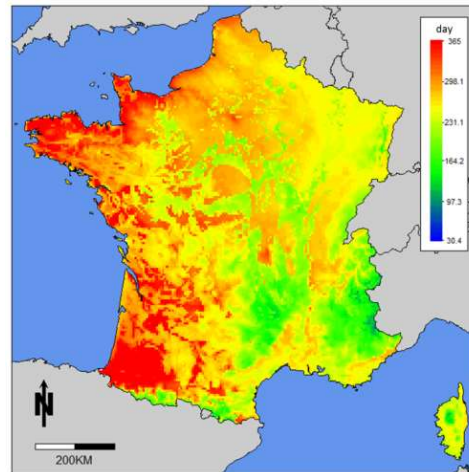
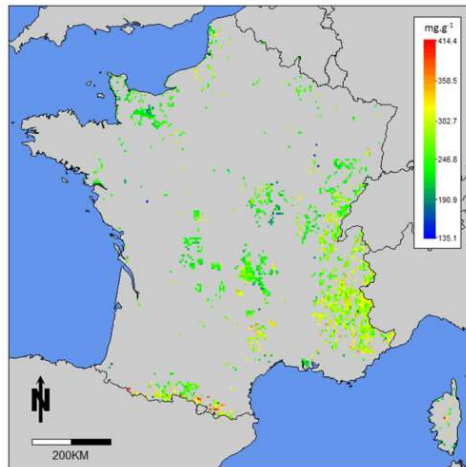
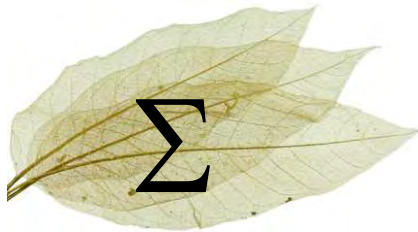


Effets de masse

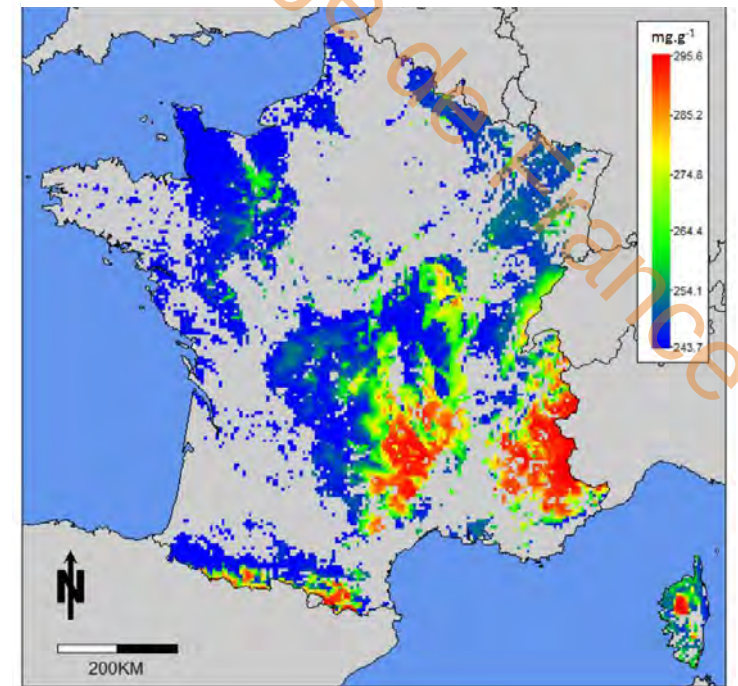
$$\sum_{i=1}^n p_i * trait_i$$

Eric Garnier, 2004



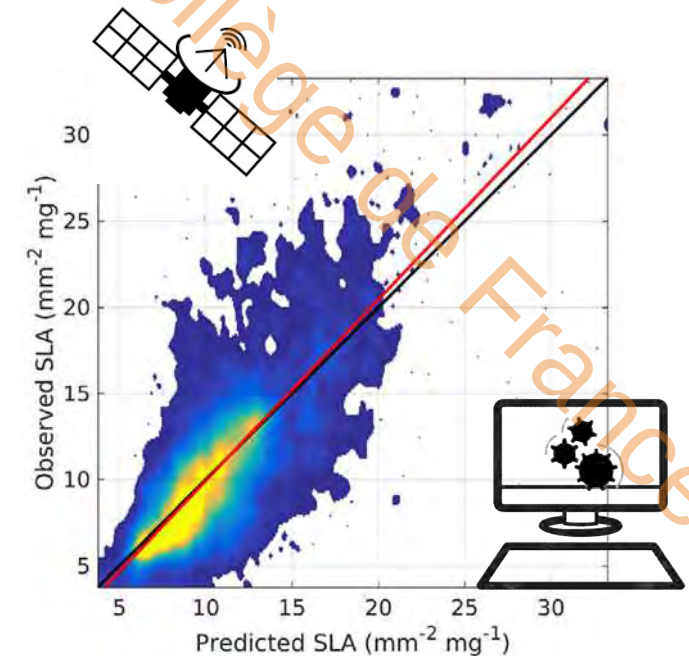
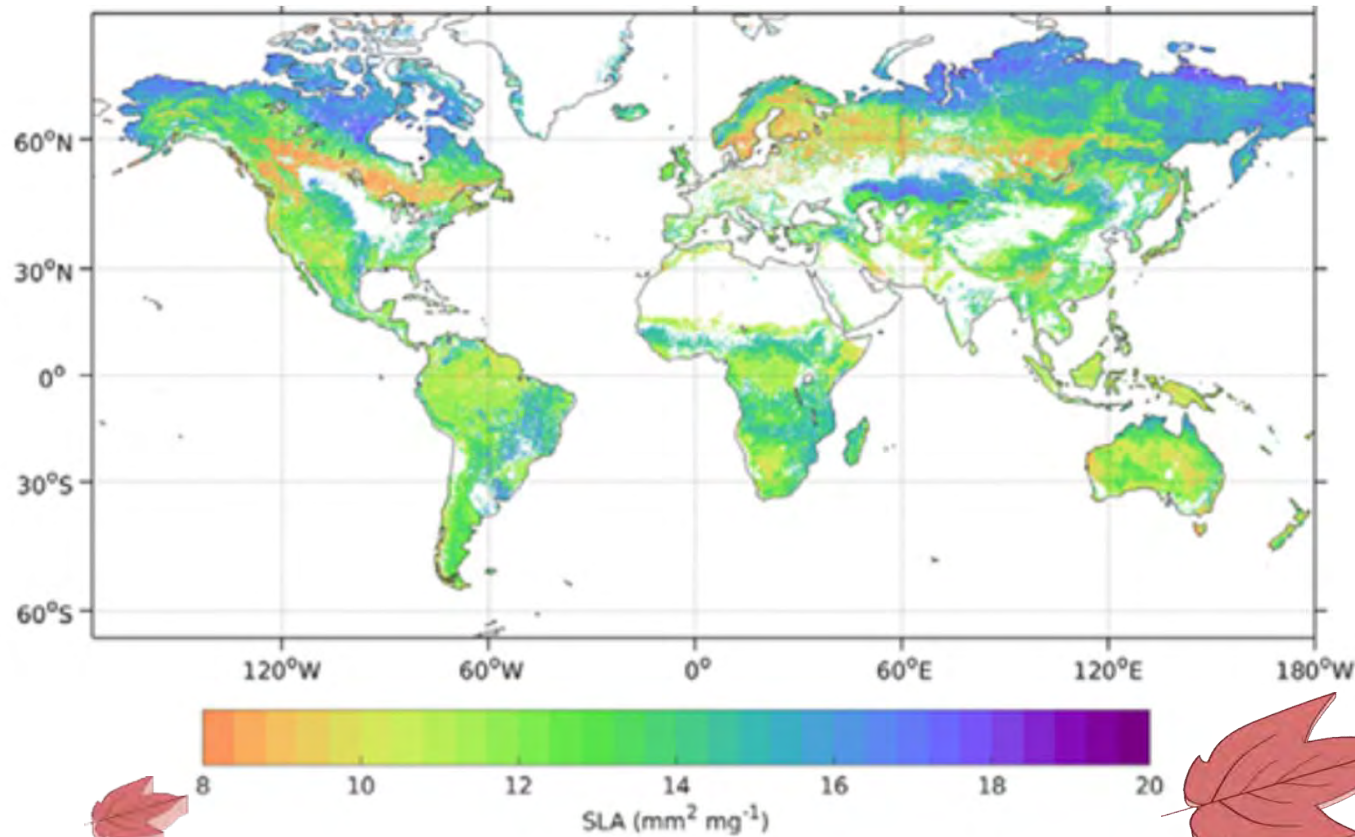


Teneur en Matière Sèche des feuilles des prairies permanentes



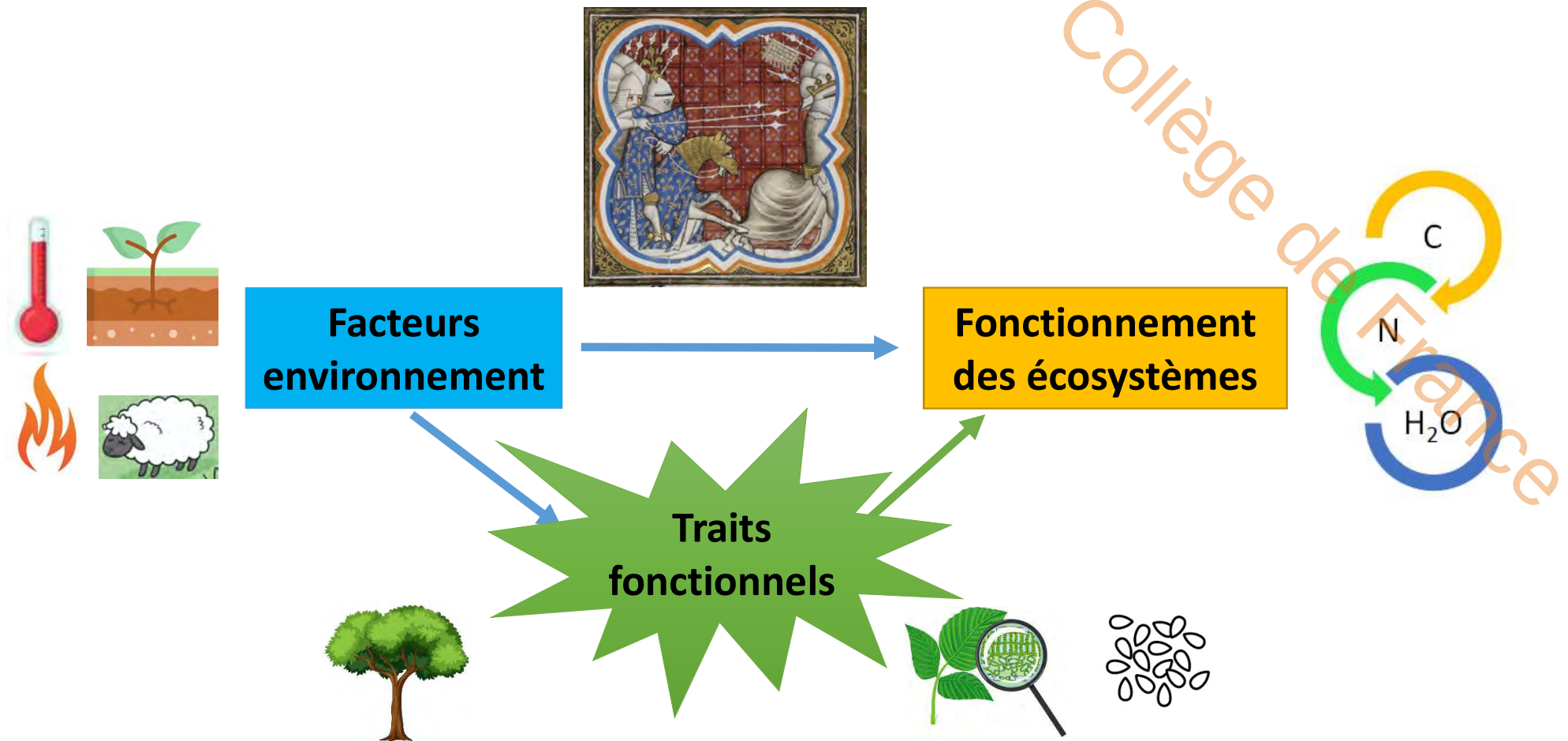
Modélisation à l'échelle mondiale

Specific Leaf Area (SLA) = Surface / Masse des feuilles

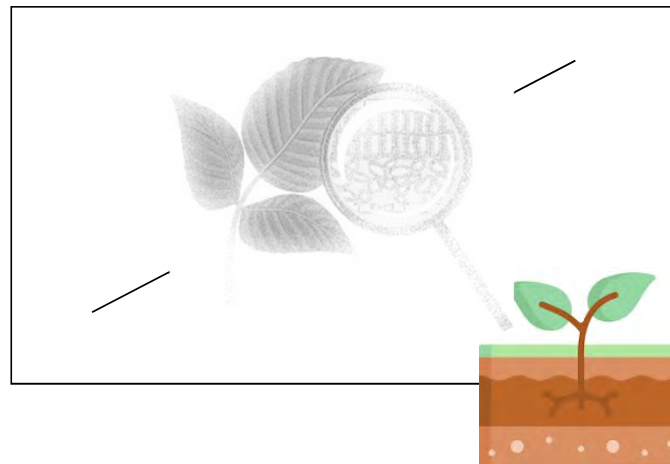
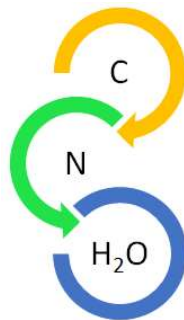
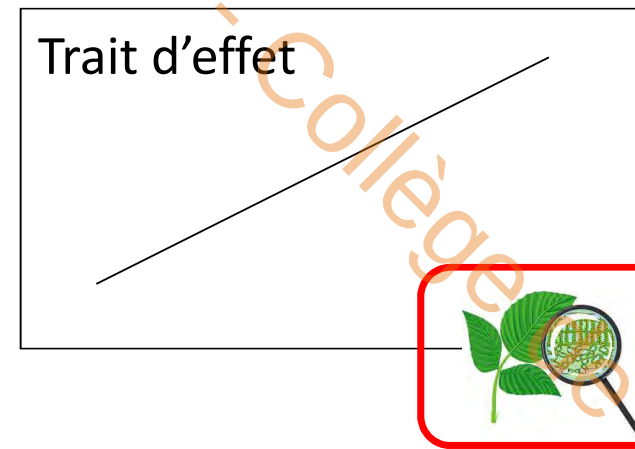
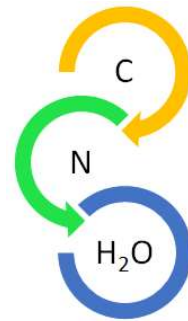
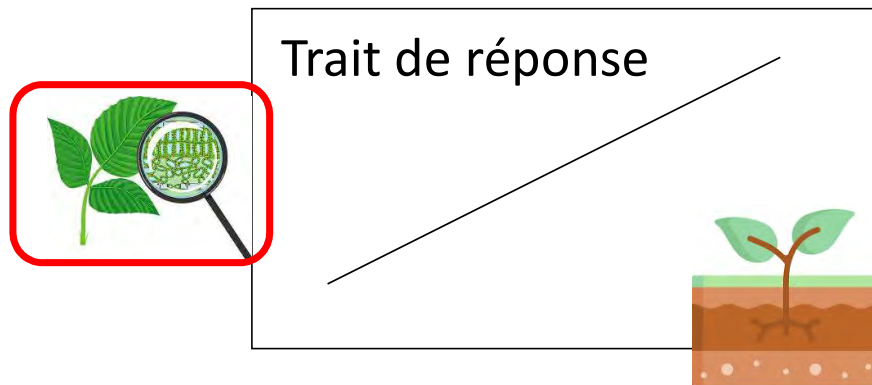


Moreno-Martínez, A et al. Remote Sensing of Environment 2018

Les traits fonctionnels pour comprendre et prédire le fonctionnement des écosystèmes

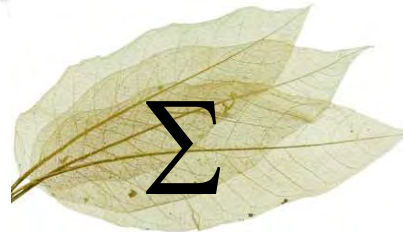
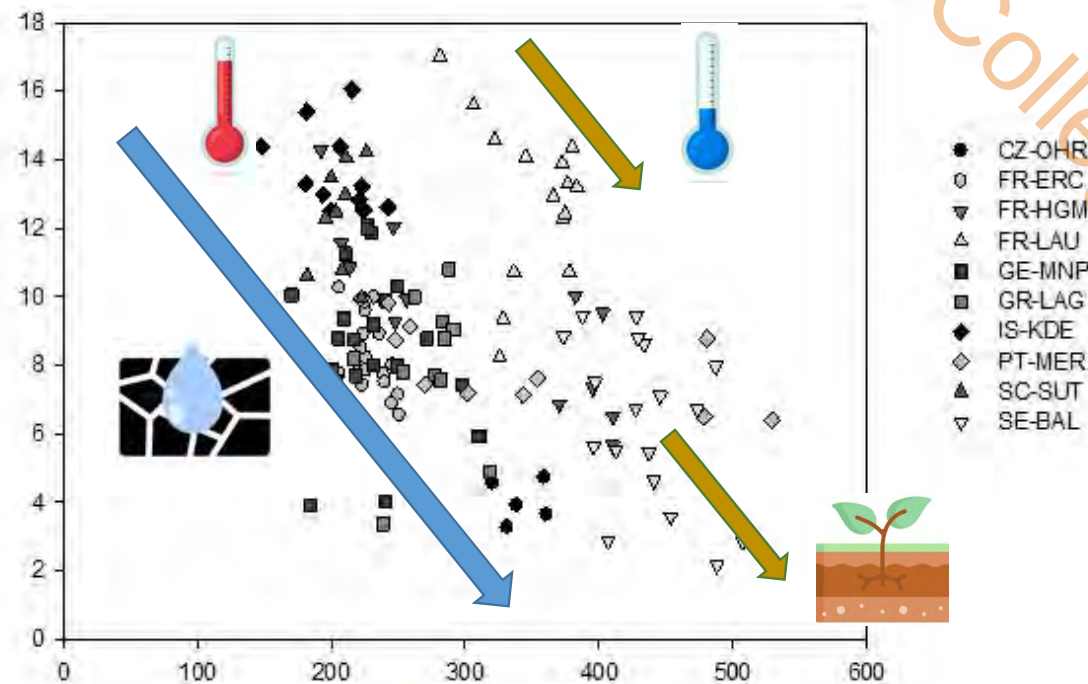
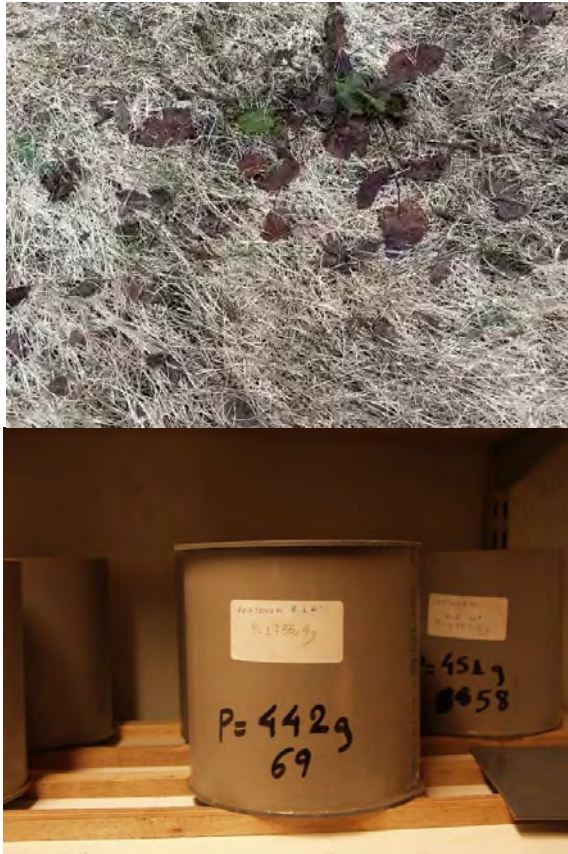


Utiliser les traits fonctionnels pour comprendre et prédire le fonctionnement des écosystèmes



La théorie à l'épreuve du terrain

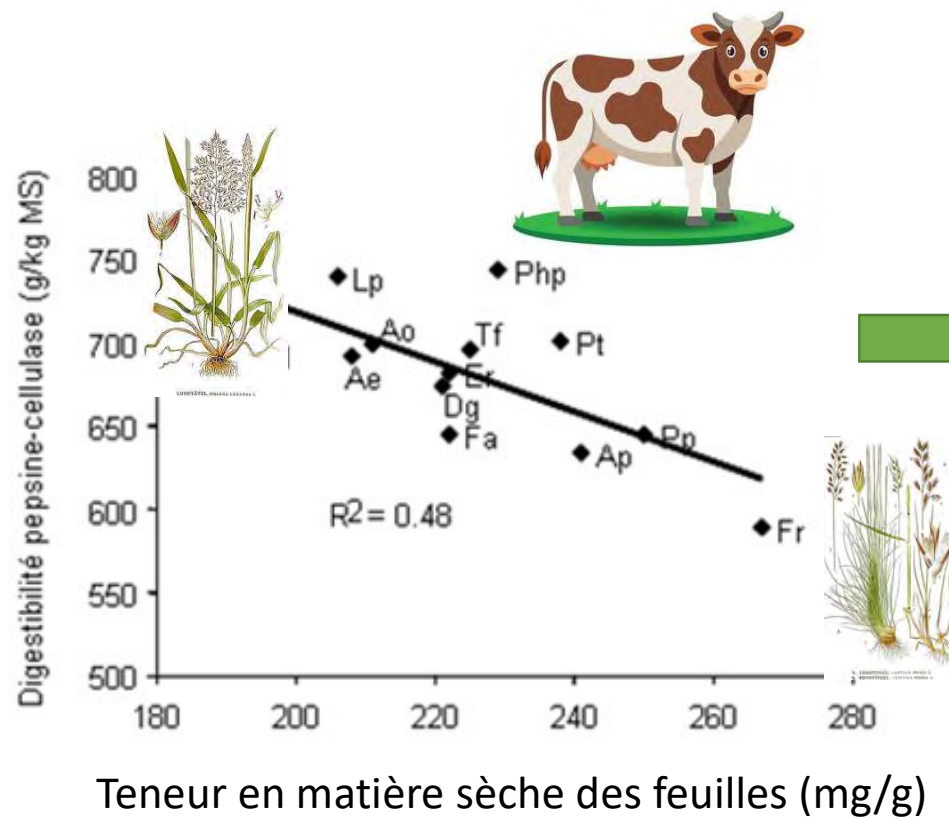
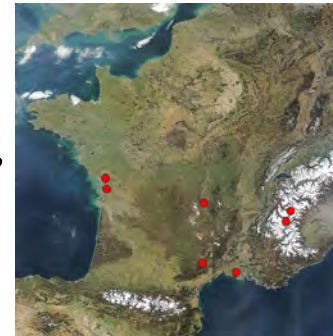
Décomposition des litières



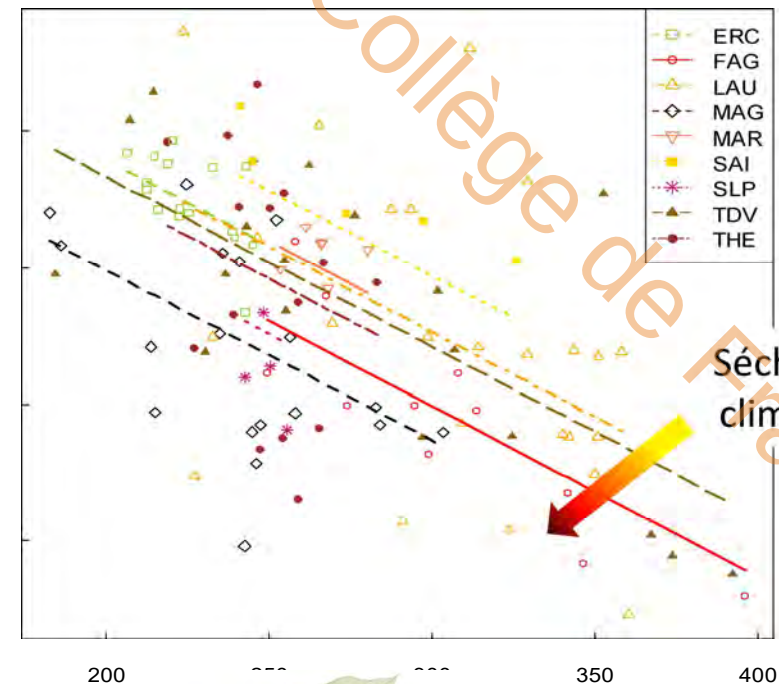
Teneur en matière sèche
Communauté



Traits d'effet: de l'espèce à la communauté

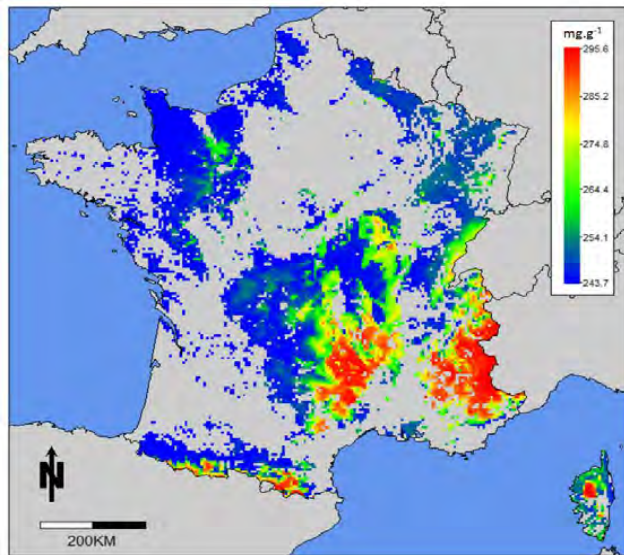
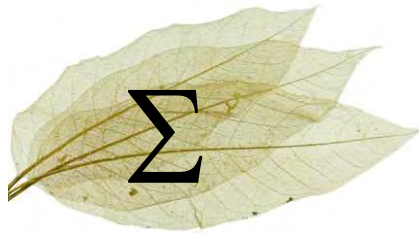


Digestibilité (g/kg DM)

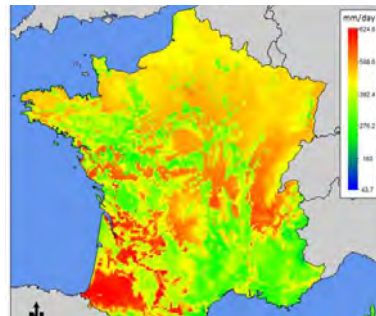


Teneur en matière sèche
Prairie entière

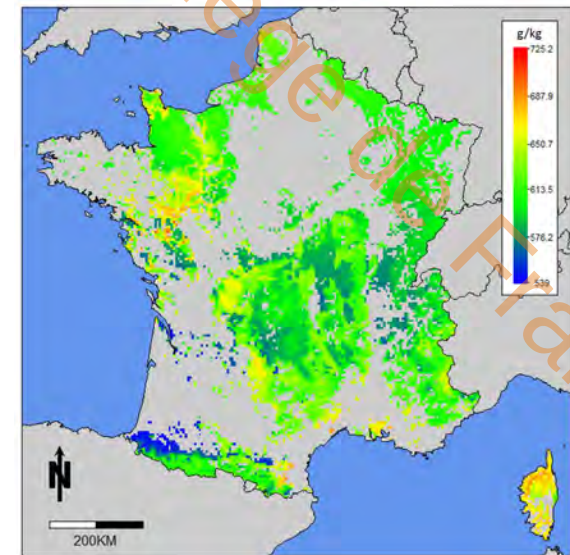
... extrapoler jusqu'aux échelles géographiques



Sécheresse climatique

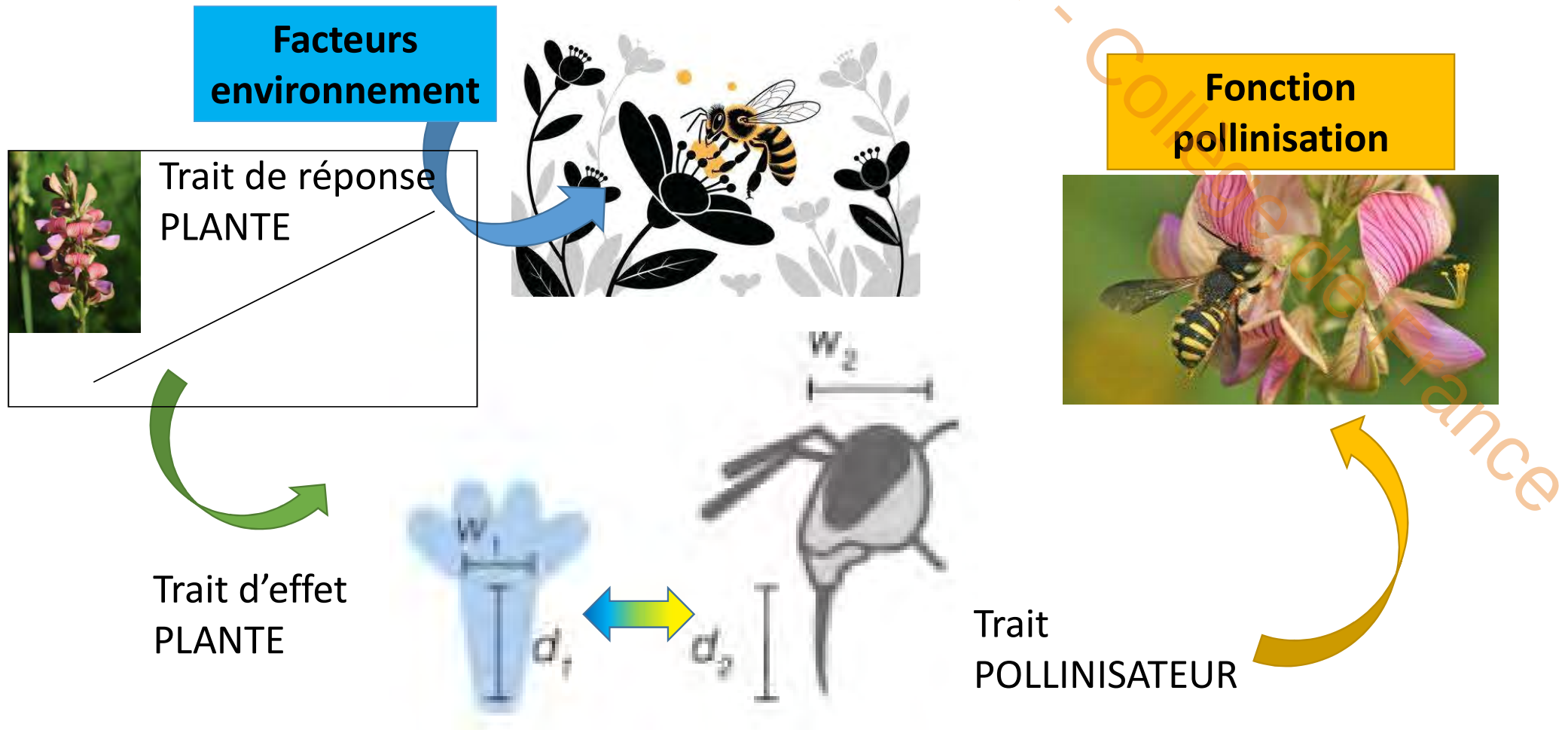


Evapotranspiration potentielle



Digestibilité des fourrages
Prédiction nationale

Les traits fonctionnels pour comprendre et prédire les fonctions au-delà des plantes



Le voyage de l'écologie fonctionnelle continue !

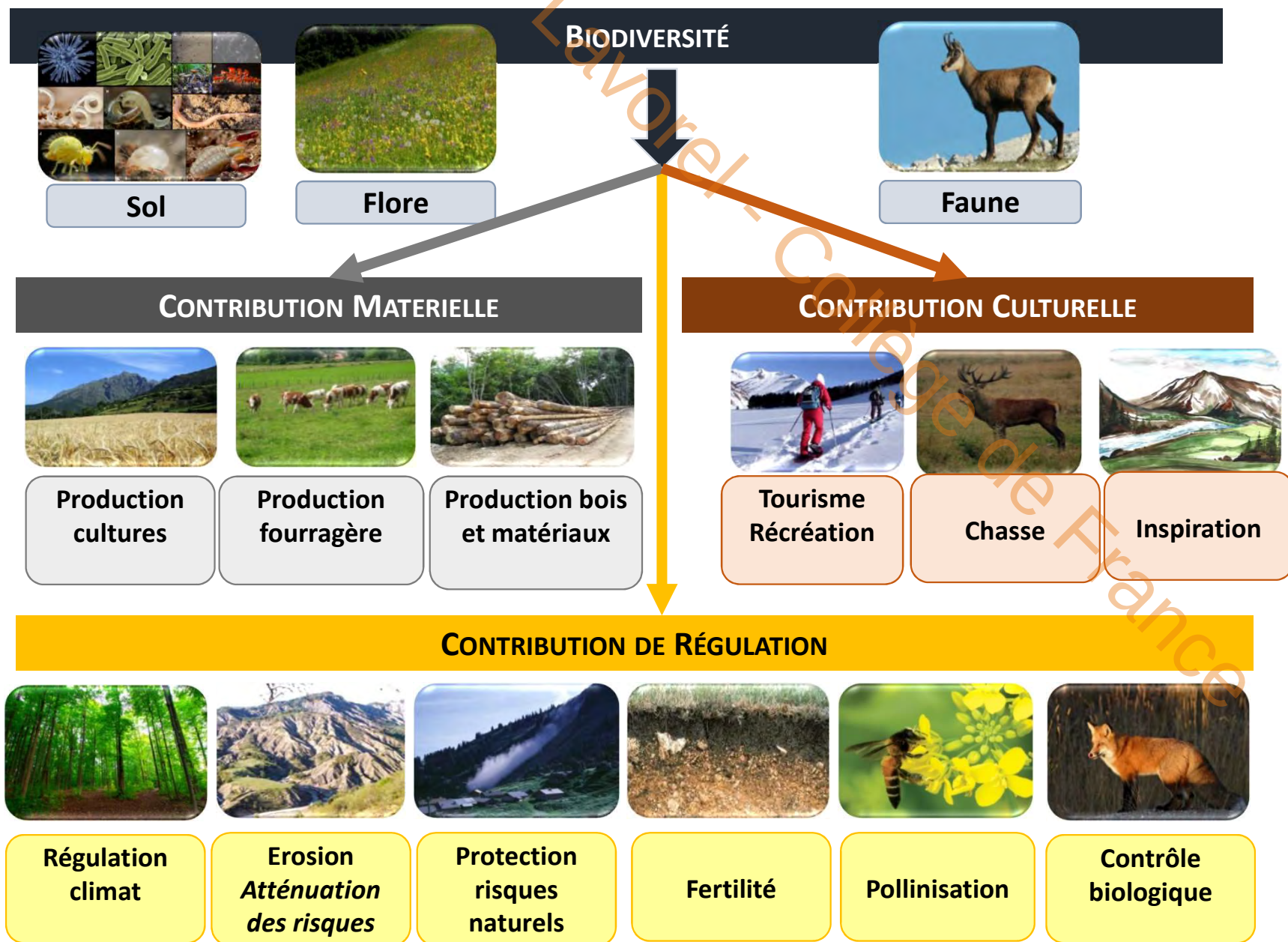
- La taille et l'économie des ressources, mais pas uniquement!
- Relations fonctionnelles au sein des réseaux trophiques
- Modéliser les changements planétaires



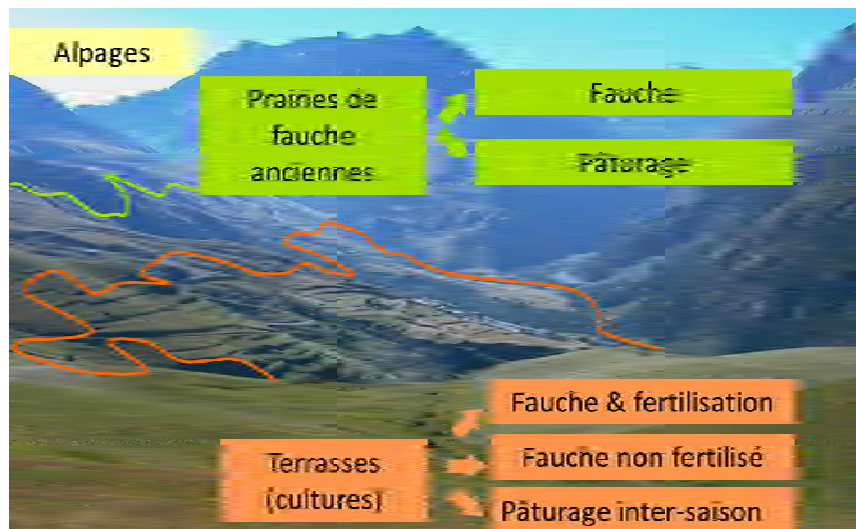
Ecosystèmes



Qualité de vie



La vision - quantifier les services écosystémiques à l'échelle du paysage



Variables environnement

Traits réponse et effets

Fonctions Ecosystème

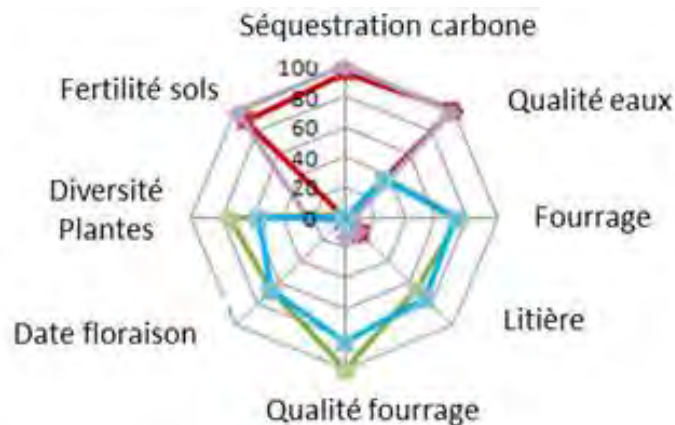
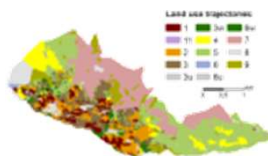


$$N \sim UT + a_1 * \text{Altitude}$$

$$\text{Hauteur} \sim UT + b_1 * N$$

$$\text{TMS} \sim UT$$

$$\text{Production des prairies} \sim c_0 + c_1 * N + c_2 * \text{Hauteur} - c_3 * \text{TMS}$$



Lavorel et al. Journal of Ecology 2011

Les contributions de la Nature à l'adaptation au changement climatique

Atténuation du
changement
climatique



Résilience



Régulation des risques



Nouvelles valeurs et activités économiques



© David Young
Glacier Melt

Travailler avec la nature pour l'adaptation au changement climatique



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Fondation
Jean-François
de Clermont-Tonnerre

Merci !

S. Lavoie Collège de France