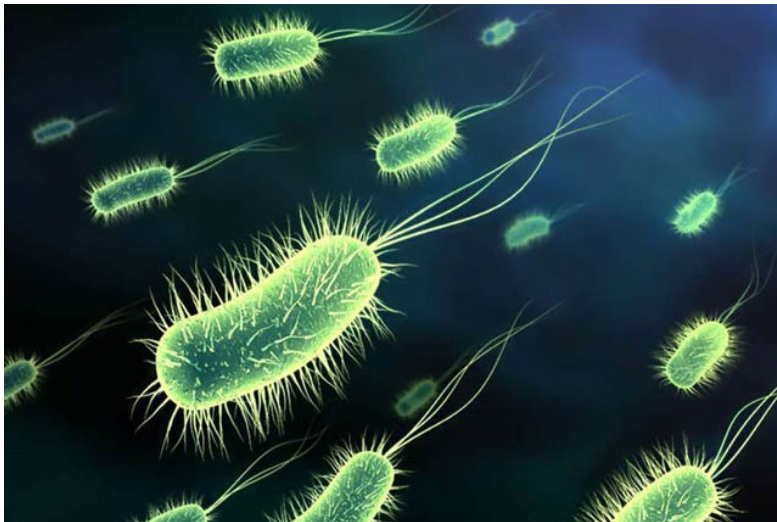


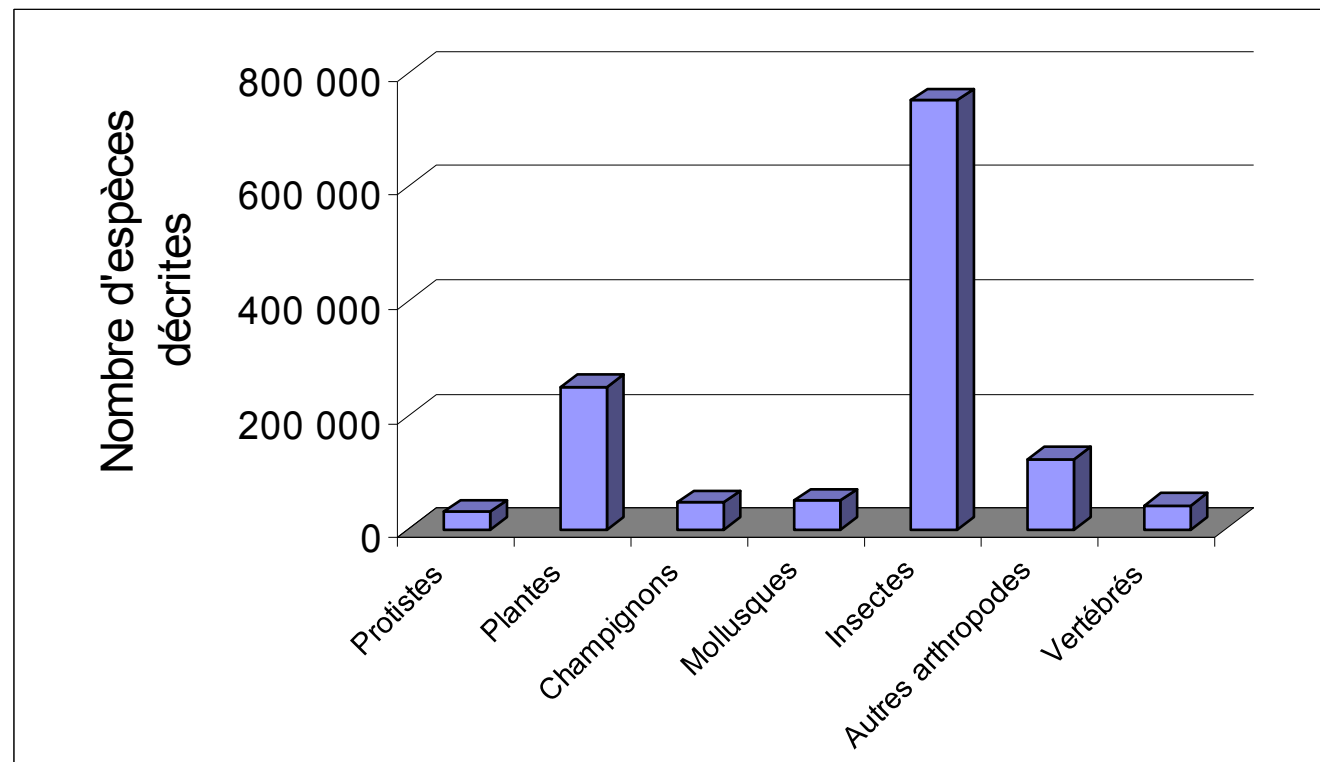
Biodiversité et modèles généraux écosystémiques : perspectives

Qu'est-ce que la biodiversité ?

Diversité du vivant

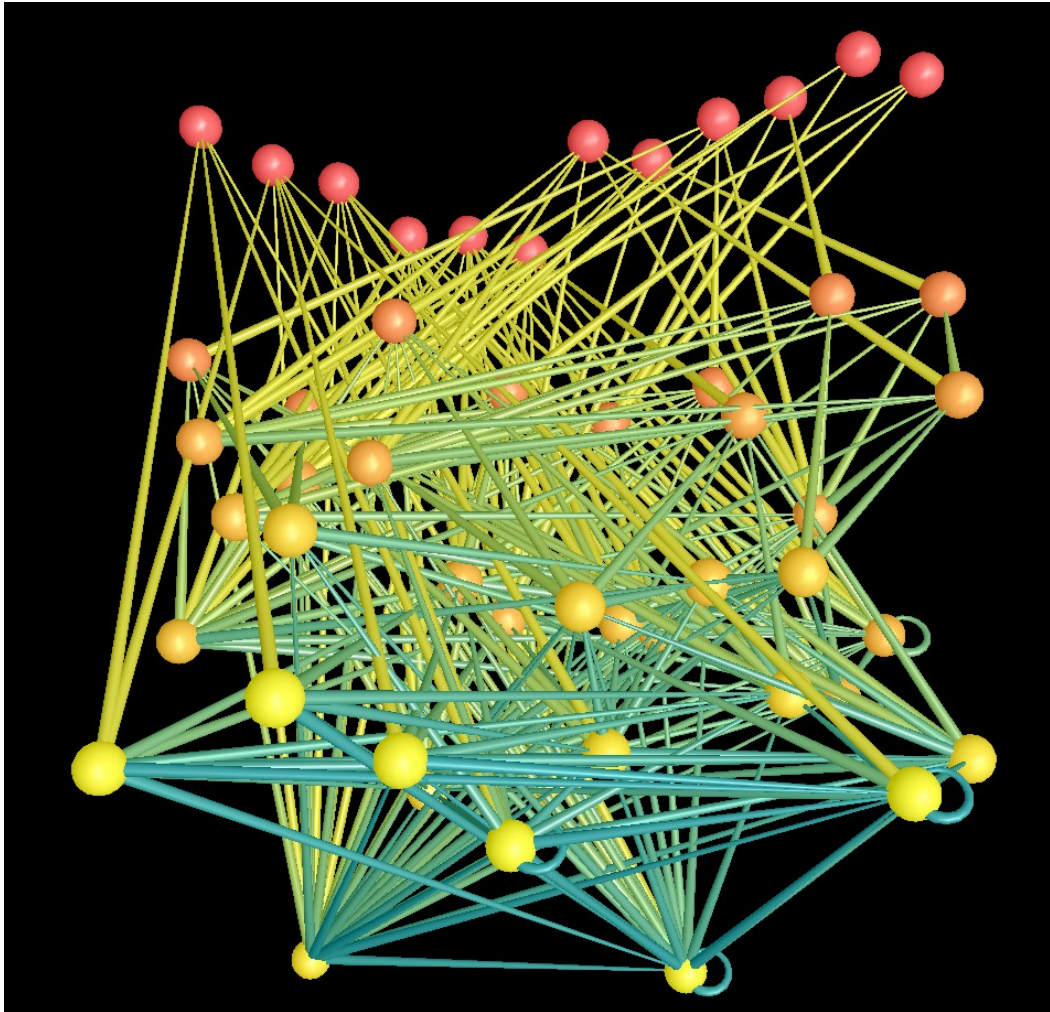


Complexité de la biodiversité



- Quelques 10 millions d'espèces
 - Chacune peut comprendre des milliards d'individus différents
- Distribuées de manière hétérogène
 - Espace et temps
- En interaction écologique et évolutive

Organisation des systèmes écologiques : Diversité des interactions entre deux espèces



Une approche de cette complexité, les modèles écosystémiques

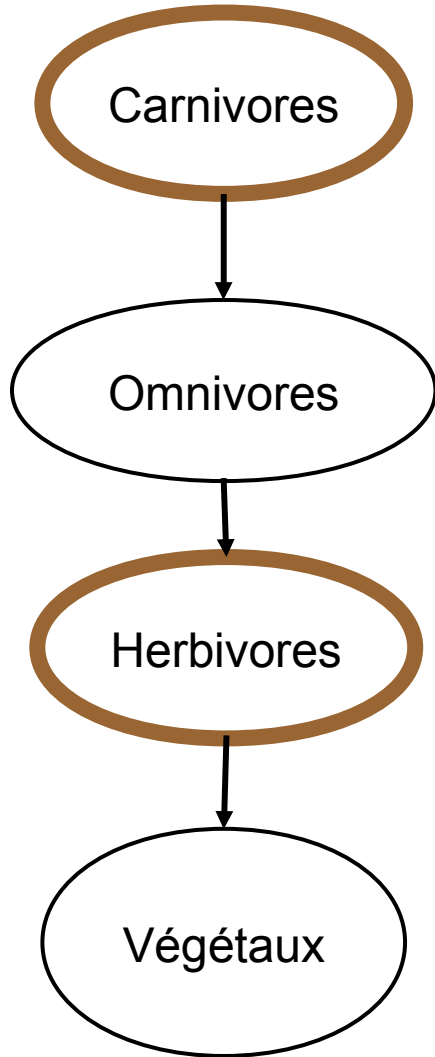
Un exemple, le modèle 'Madingley'

Modèle Madingley : importance de la notion de groupe fonctionnel

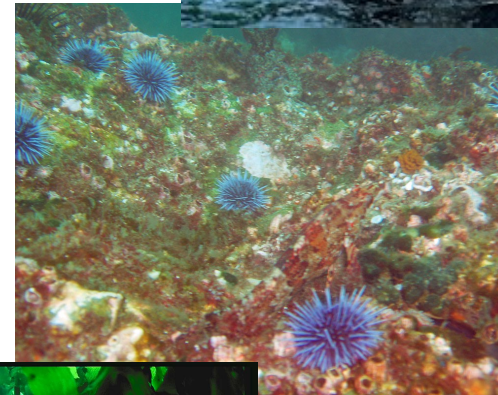
Groupe d'organismes partageant les mêmes réponses aux facteurs environnementaux majeurs, affectant l'écosystème d'une même façon, tenant compte des relations phylogénétiques

- Exemples dans le domaine végétal
 - Ratio azote-carbone de la feuille
 - Format, mode de dispersion, de la graine
 - Hauteur
 - Architecture (racines, tiges)
 - Défenses contre les herbivores (épines, composés secondaires)
 - Type d'association mycorrhizienne...

Quatre groupes fonctionnels en interaction trophique



*Espèces
caractéristiques de ces
groupes fonctionnels
(Pacifique Nord-
Ouest)*



A chaque niveau trophique, 2 à 3 groupes fonctionnels

Animaux (Herbivores, Omnivores, Carnivores)

- Ectothermes (température dépend de la température externe)
 - Itéropares : se reproduisent plusieurs fois
 - Sémelpares : une seule reproduction durant leur vie, sexe et mort sont associés
- Endothermes (régulent leurs température interne)
 - Itéropares

Végétaux

- Décidus : perdent leur feuille durant la saison sans végétation (froid, aridité)
- Sempervirents : feuillage persistant

Sémelparité : la mort suit la reproduction

Saumons : consommation des muscles, du système digestif, lors de la reproduction, en eau douce



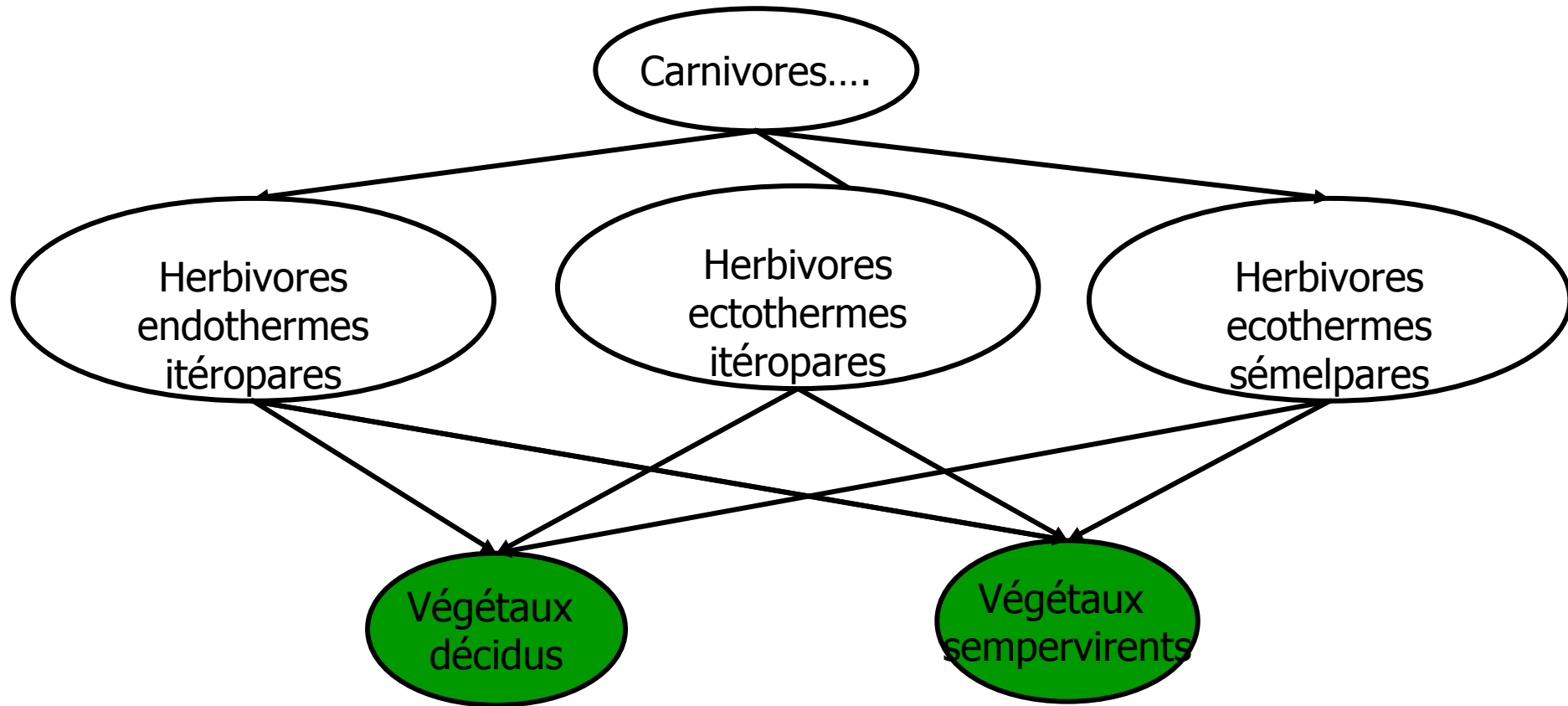
Sémelparité et simultanéité de floraison chez les bambous : saturation des prédateurs de graines ?



Agave : attraction des pollinisateurs en milieu pauvre ?



Ecosystème 'Madingley: de l'ordre de 12 groupes fonctionnels en interaction



- Variables physico-chimiques : Températures, précipitations, productivité (saisonnalité)

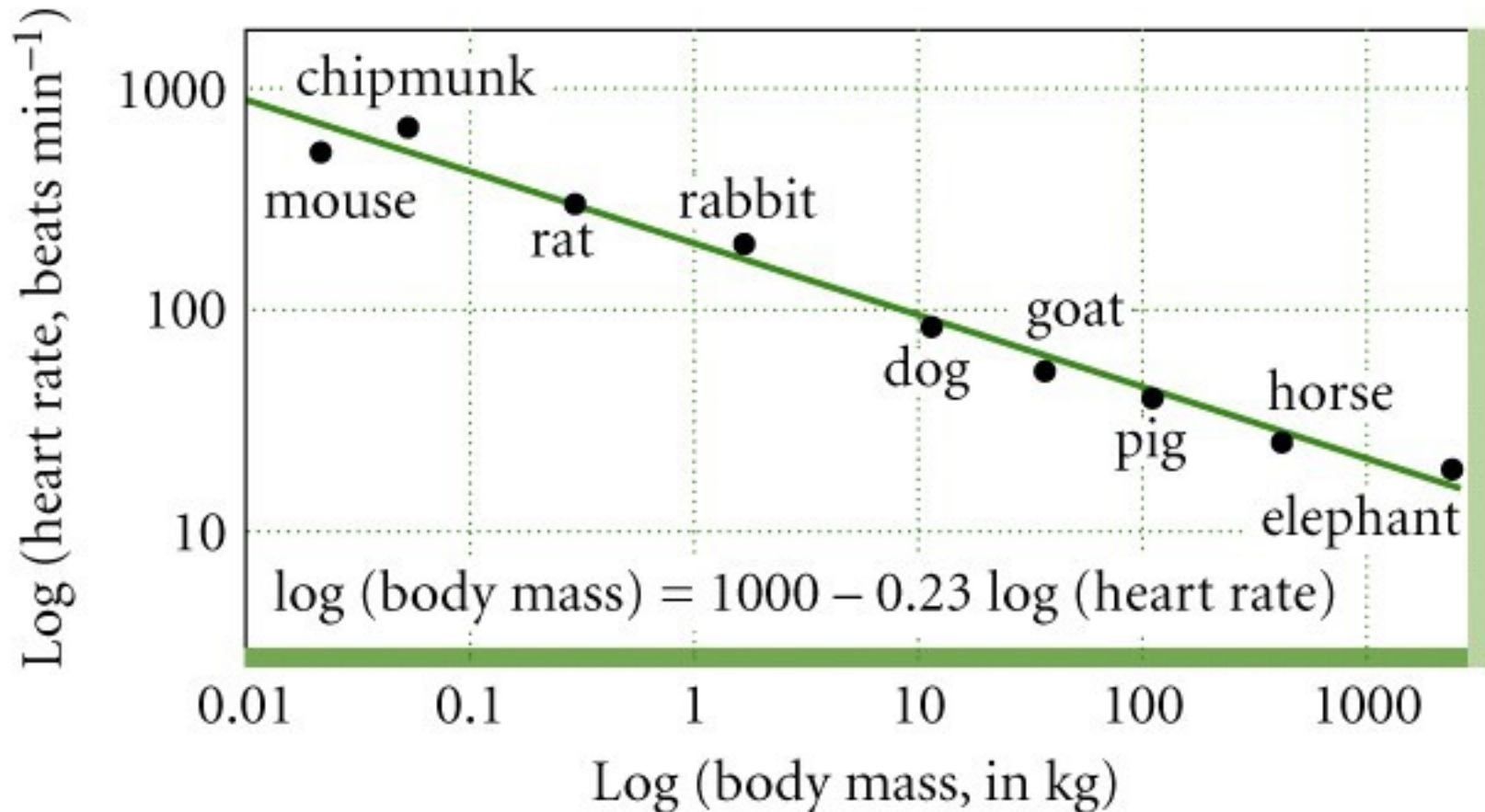
Au sein de chaque groupe fonctionnel, une centaine de cohortes, discriminées par la masse

La masse détermine le métabolisme, donc un ensemble de traits d'histoire de vie

- Fertilité
- Survie
- Régime alimentaire (taille des proies)
- Dispersion...
- Inférence de caractères écologiques majeurs, difficiles à mesurer (fécondité, mortalité), à partir d'un paramètre plus facile à mesurer



Ecologie métabolique : relation entre rythmes d'activités et masse (Ricklefs)

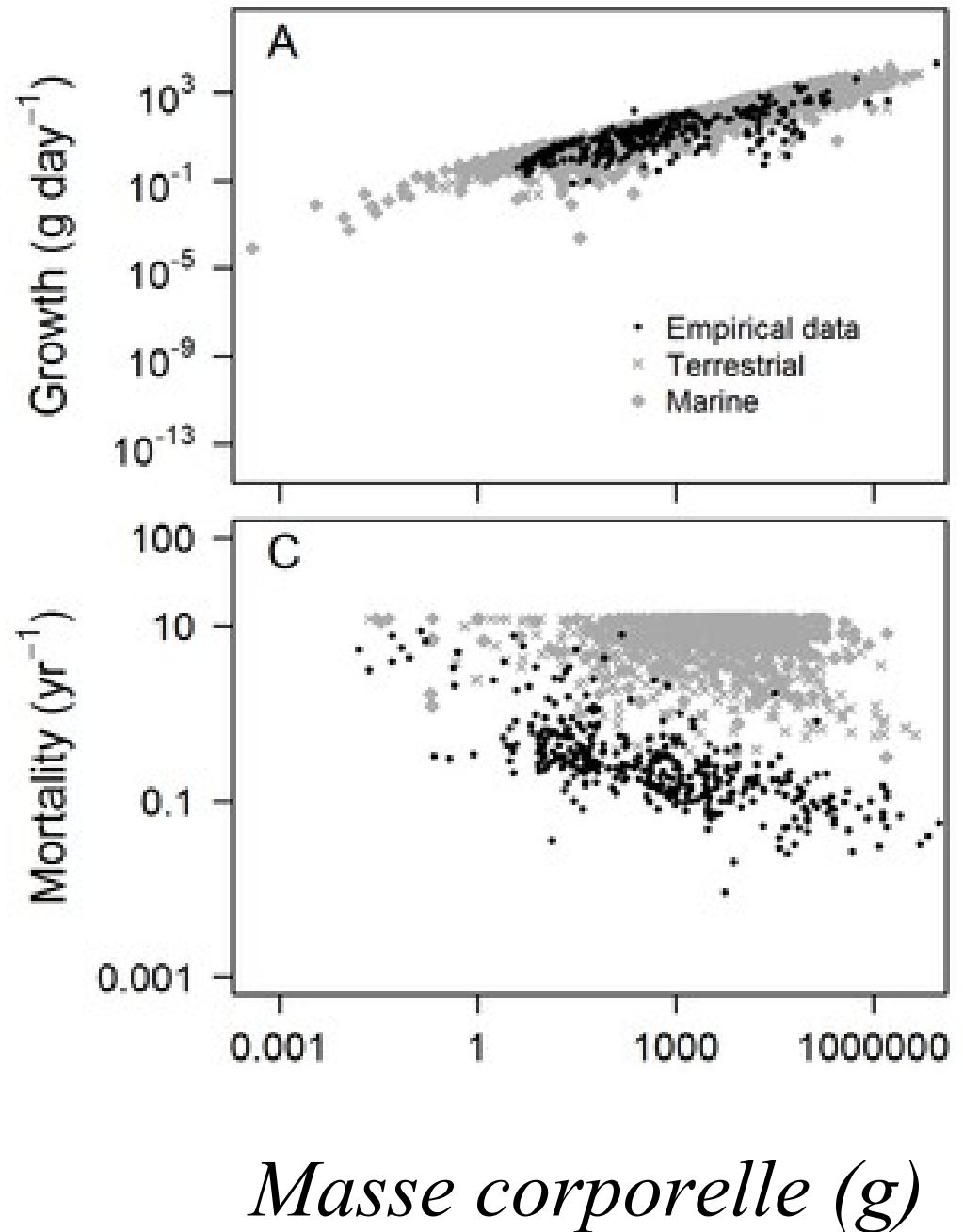


Déterminés par unité de masse

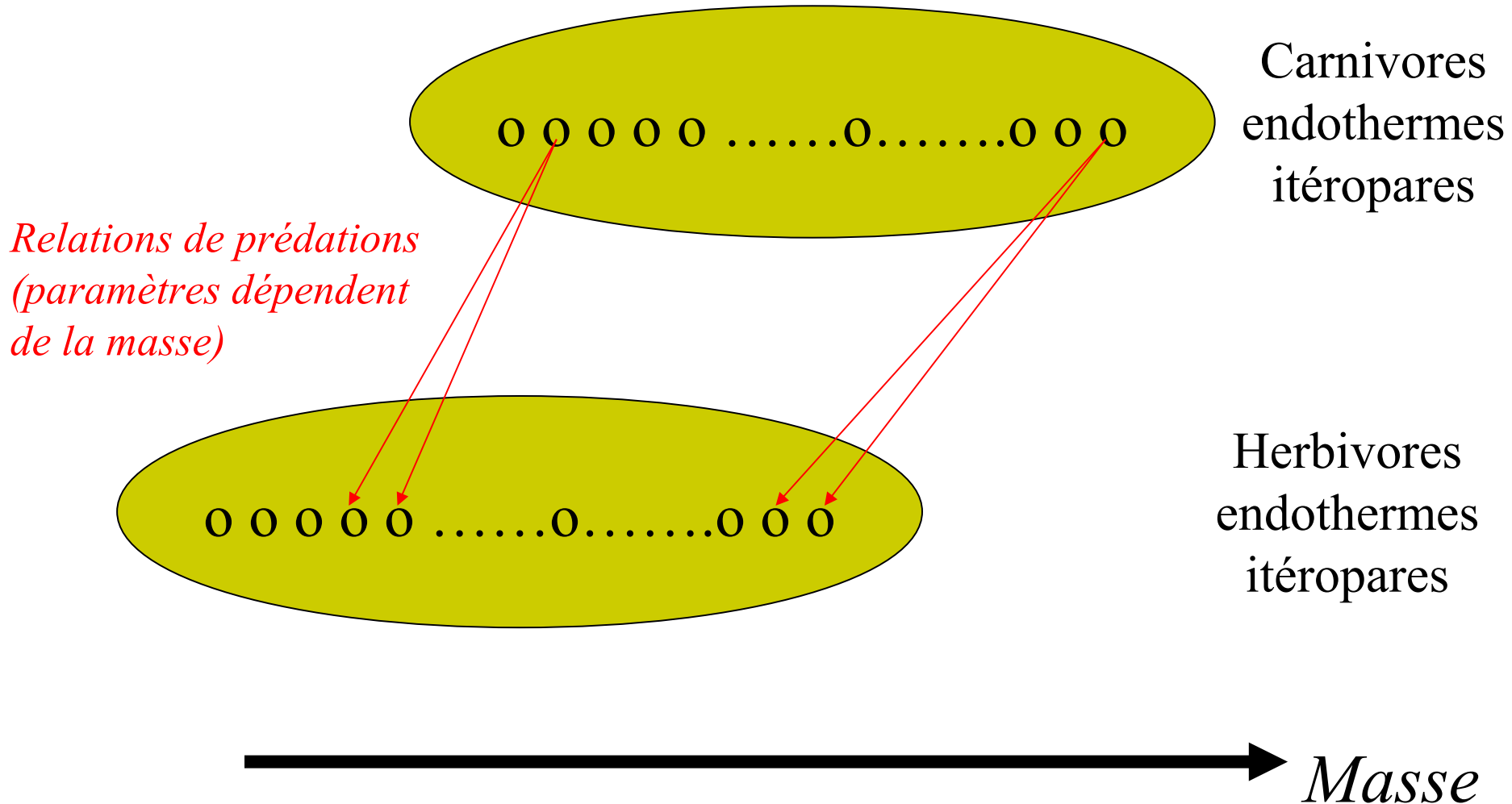
➤ Dépendent de la masse, à la puissance $-1/4$

Relations entre croissance, mortalité, et masse corporelle

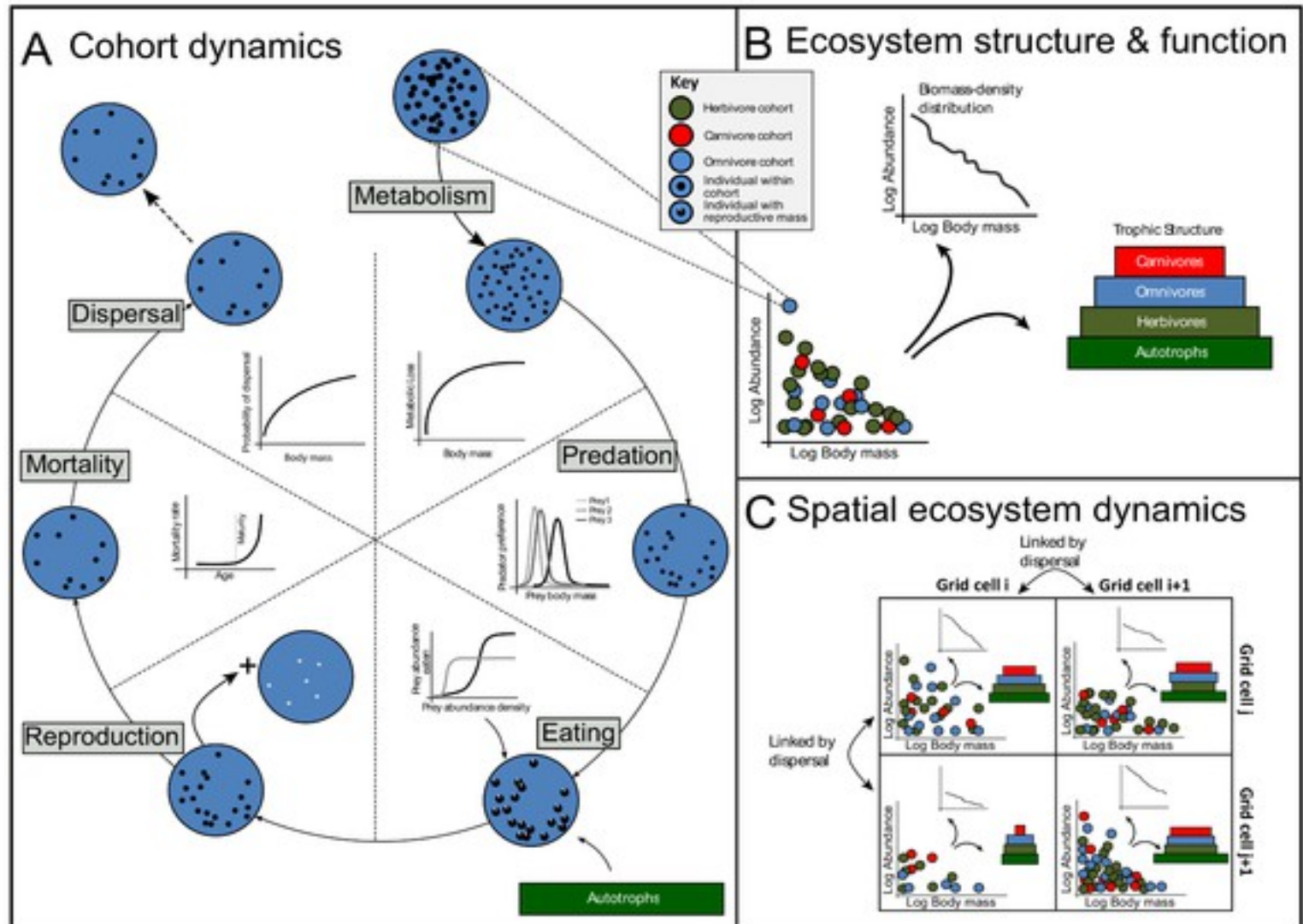
- Noir : données empiriques
- Gris : résultats du modèle 'Madingley'



Relations entre groupes fonctionnels, à travers la masse



Synthèse : mécanismes considérés



Harfoot MBJ, et al. (2014) Emergent Global Patterns of Ecosystem Structure and Function from a Mechanistic General Ecosystem Model. PLoS Biol 12(4)

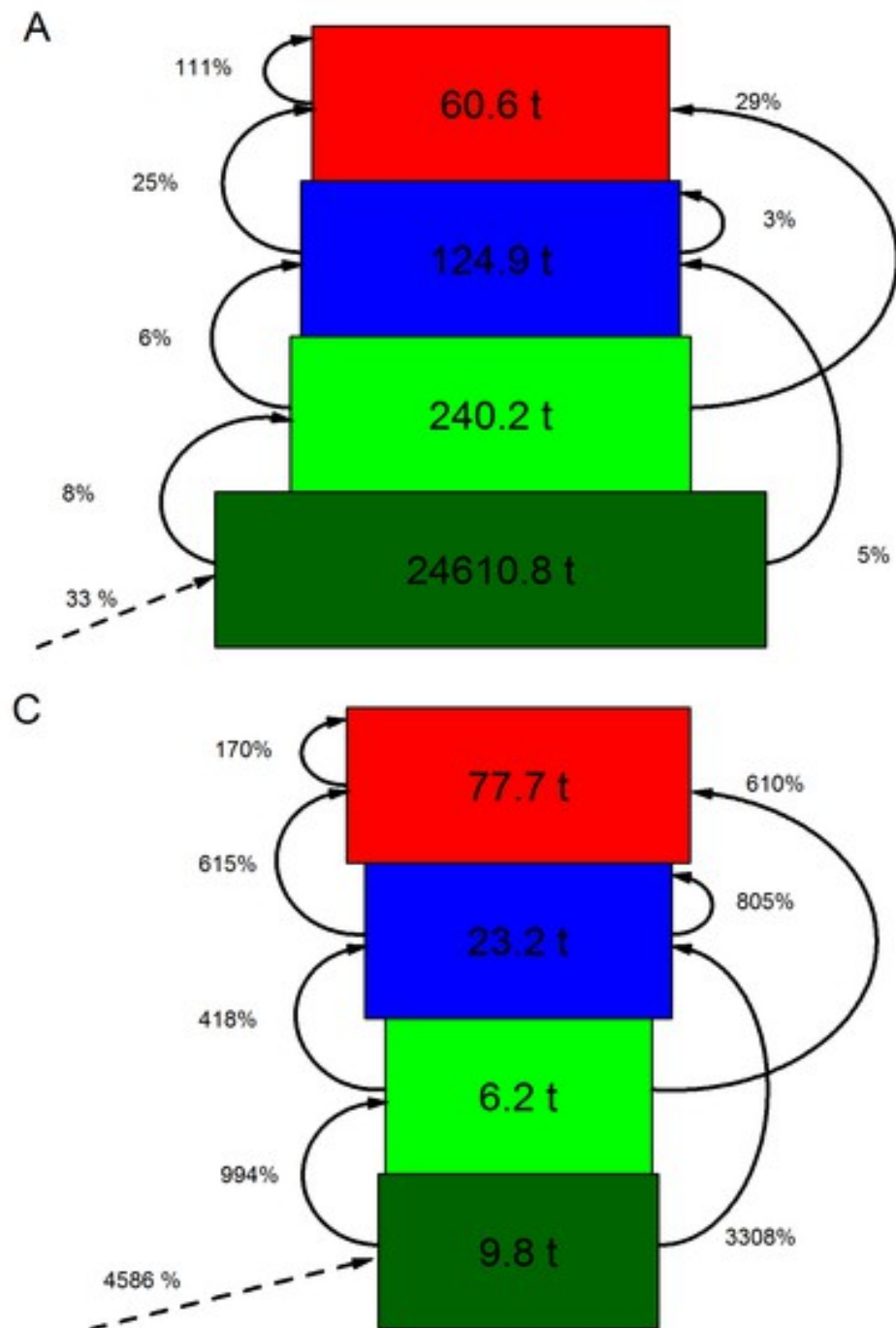
Les résultats

Propriétés émergentes à l'échelle des communautés

A : Milieu terrestre

C : Milieu marin

Harfoot MBJ, et al. (2014) Emergent
Global Patterns of Ecosystem Structure
and Function from a Mechanistic General
Ecosystem Model. PLoS Biol 12(4)



Dynamique de quatre niveaux trophiques, sur un millier d'années

Producteurs primaires
(végétaux, algues)

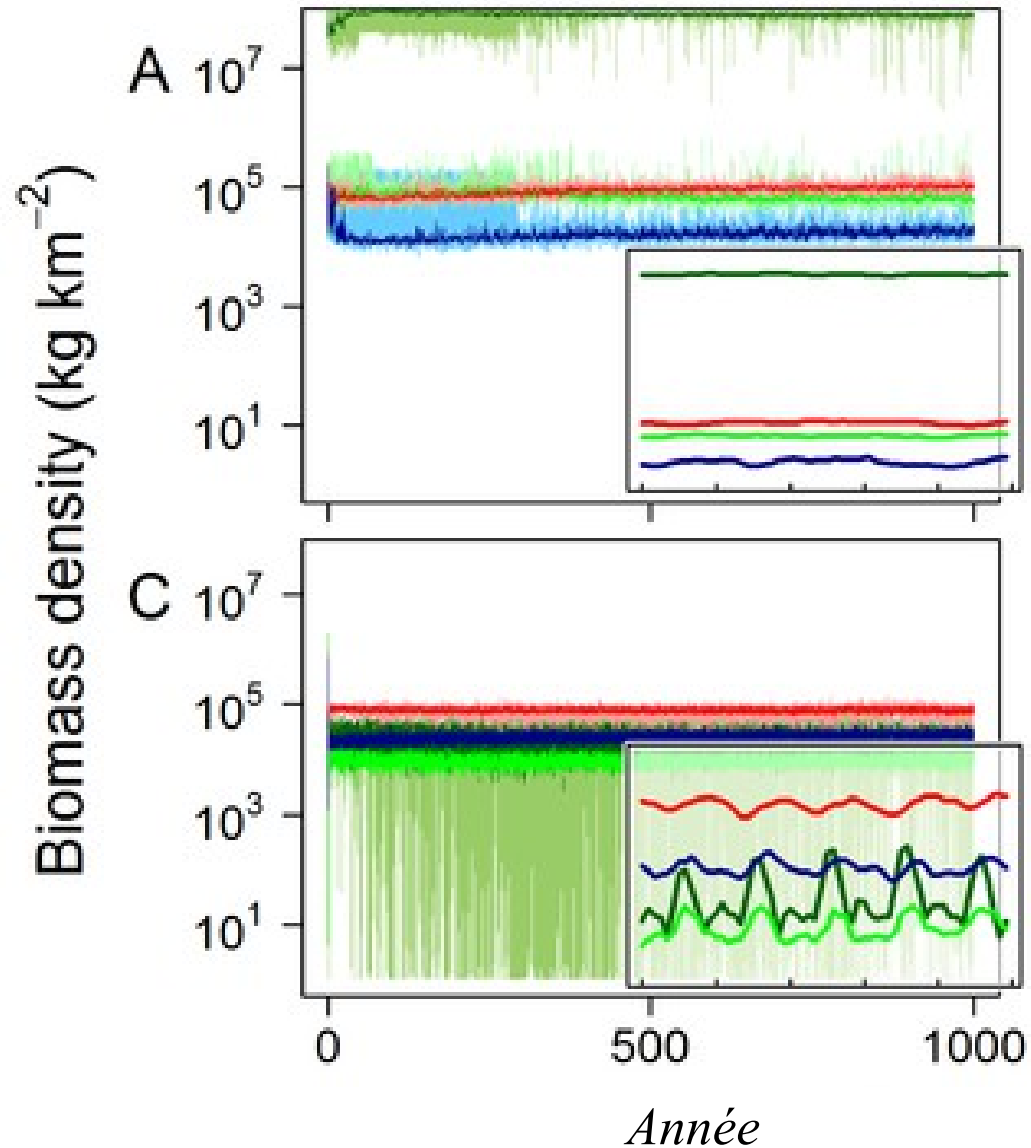
Herbivores

Omnivores

Carnivores

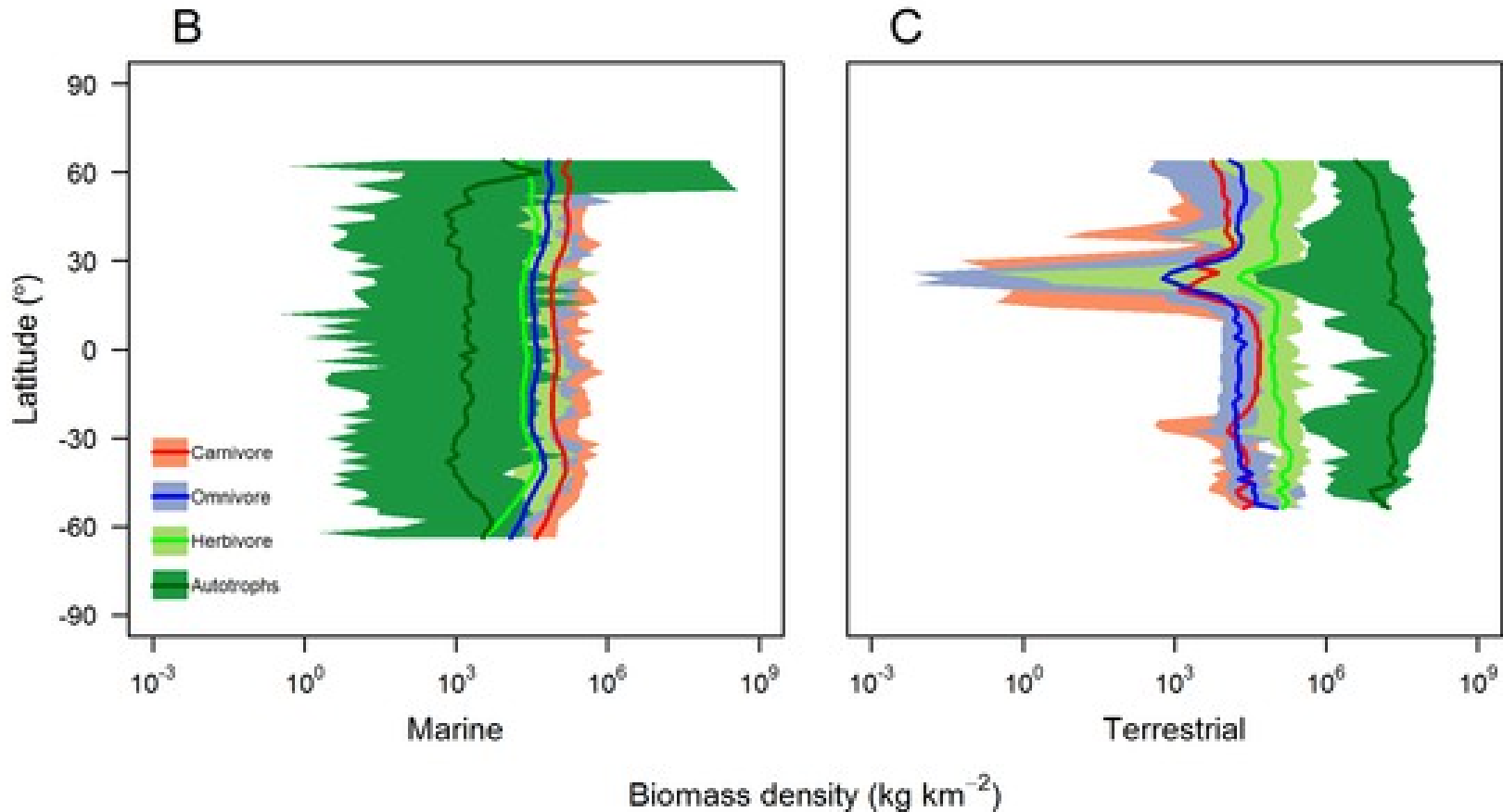
A : Milieu terrestre

C : Milieu marin



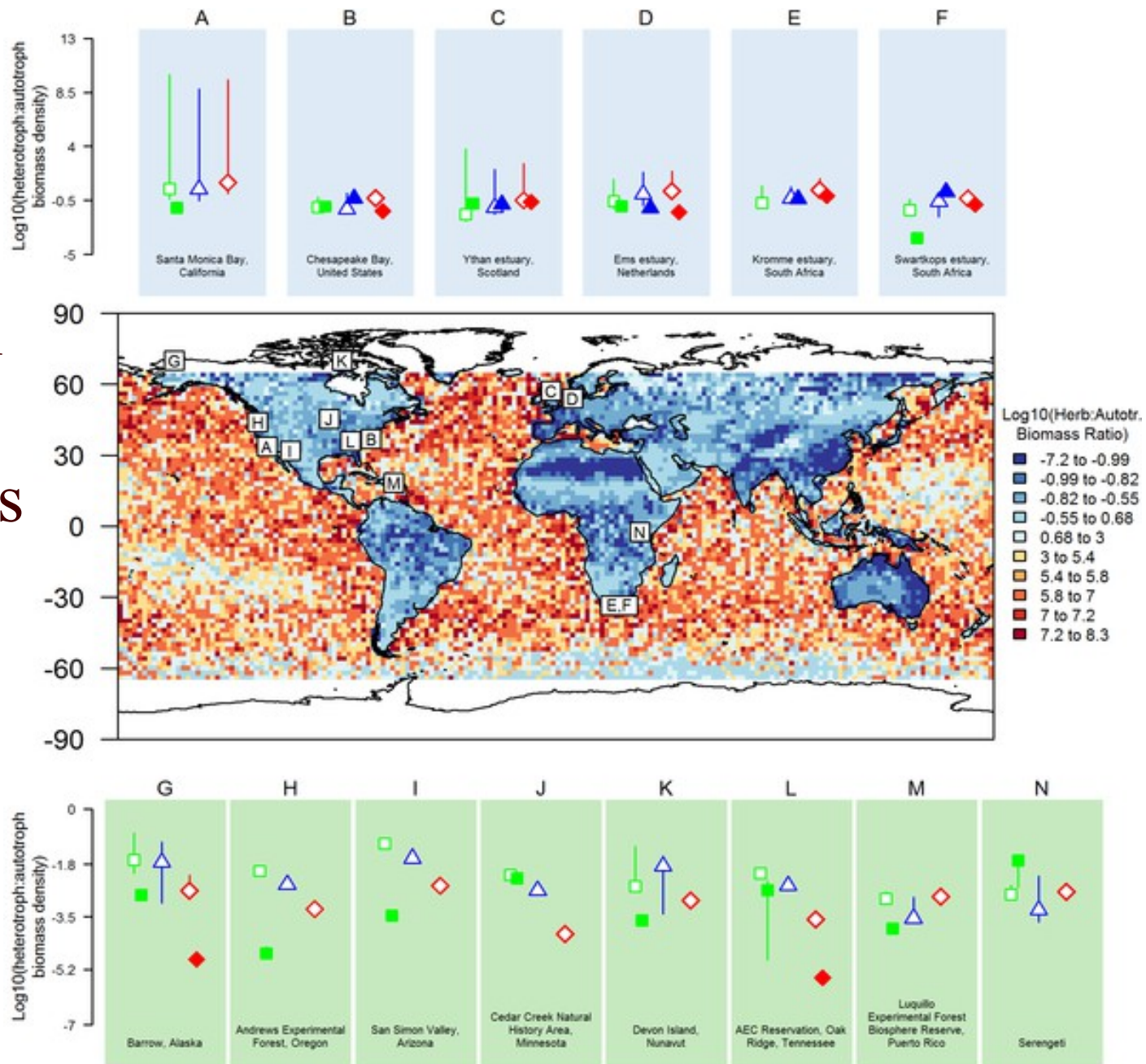
Harfoot MBJ, et al. (2014) Emergent Global Patterns of Ecosystem Structure and Function from a Mechanistic General Ecosystem Model. PLoS Biol 12(4)

Propriétés écosystémiques émergentes selon la latitude



Harfoot MBJ, et al. (2014) Emergent Global Patterns of Ecosystem Structure and Function from a Mechanistic General Ecosystem Model. PLoS Biol 12(4)

Comparison - résultats (o) - observations



Perspectives

1. Intégrer diversité spécifique et diversité génétique

- Appui de la Théorie Neutre de la Biodiversité
 - Anticiper diversité génétique et spécifique à partir du nombre d'individus dans un groupe fonctionnel (de la biomasse ?)
- Conséquences sur la résilience des écosystèmes, leurs réponses aux perturbations

Intégrer la diversité biologique, Diversité génétique et spécifique (de l'ordre de 10 millions d'espèces)



1 ha à Panama : 200 espèces d'arbres

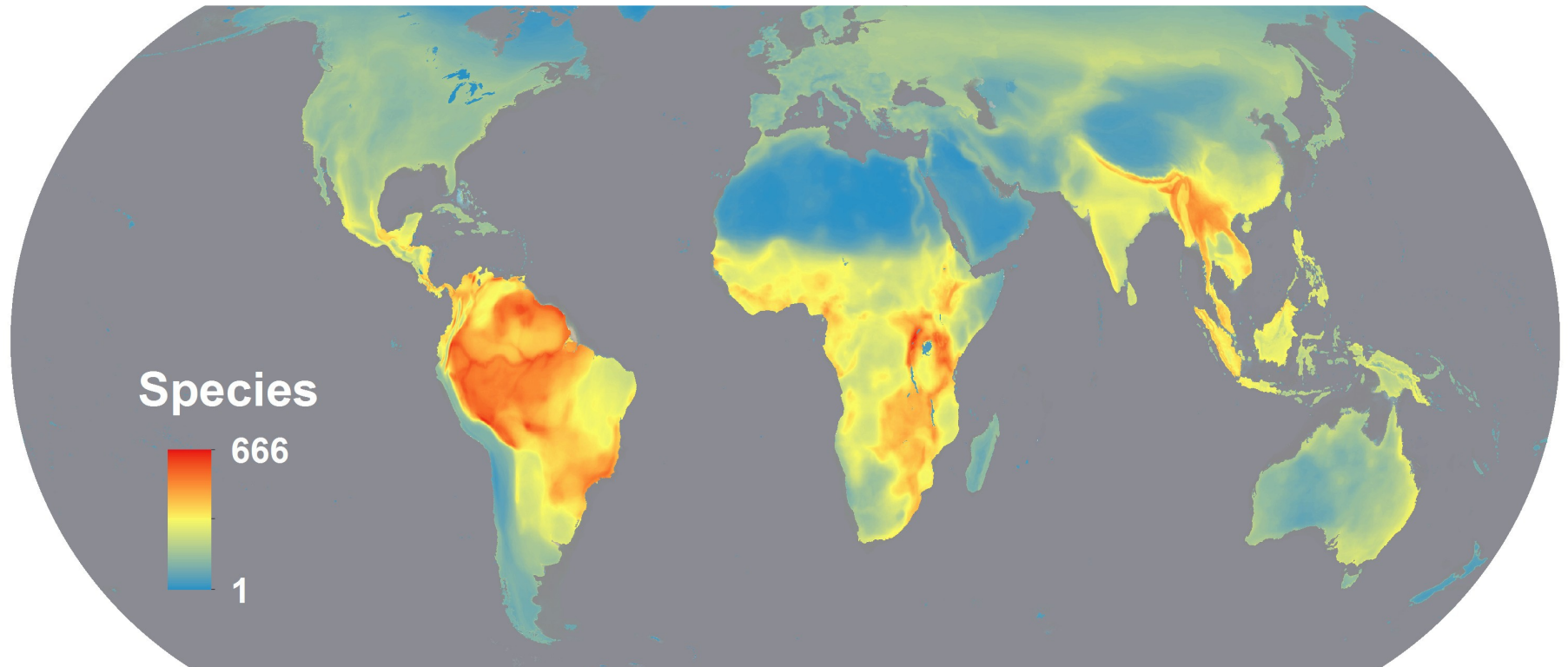


Ensemble de l'Europe : moins de 150 espèces d'arbres

Larges variations dans la distribution spatiale de la diversité

Distribution mondiale de la diversité spécifique

Cas des oiseaux (www.biodiversitymapping.org), par maille de 10x10 km



Arbres :

-1 ha à Panama : 200 espèces d'arbres

-Ensemble de l'Europe : moins de 150 espèces d'arbres

2. Revenir à la biologie des populations, des communautés

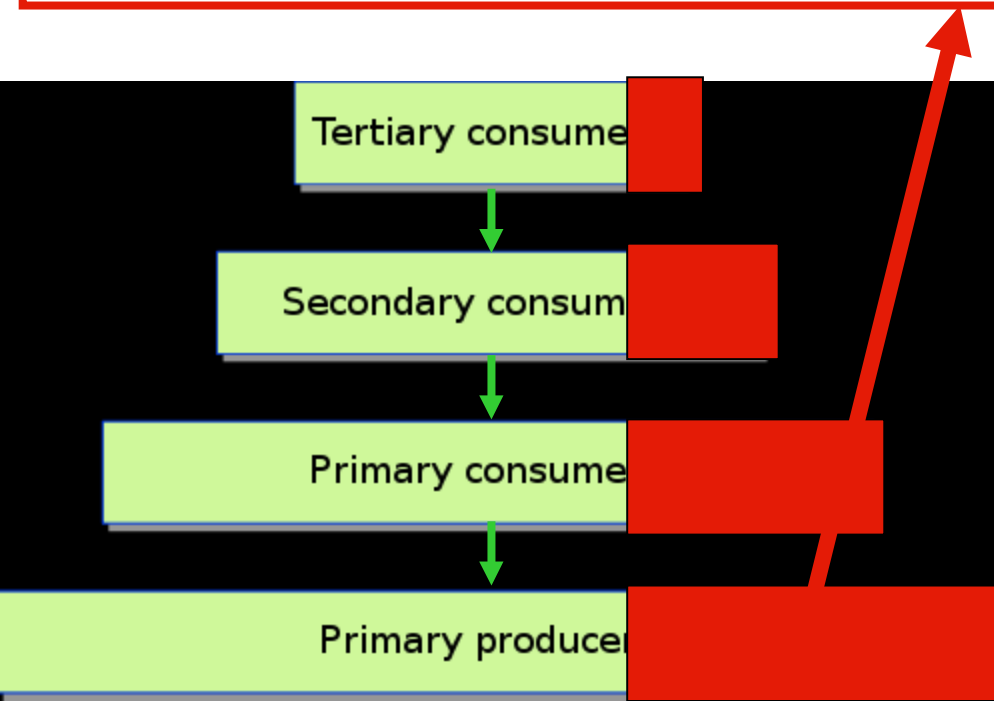
Notion de sélection système-dépendante (Lansding, 1998)

- Les possibilités de la sélection naturelle dépendent du contexte écologique, biophysiques
 - Ressources disponibles
 - Densité des prédateurs, proies, compétiteurs, mutualistes...
- Le modèle Madingley fournir une estimation de l' 'arène évolutive', au sein de laquelle la sélection opère
 - Variations possibles de densité d'une espèce très compétitive....
- Possibilité de rétro-validation
 - Les propriétés fonctionnelles du modèle Madingley sont-elles compatibles avec les résultats de la sélection ?

3. Formaliser les impacts humains

Importance de la production primaire nette des écosystèmes (NPP), pour la biodiversité

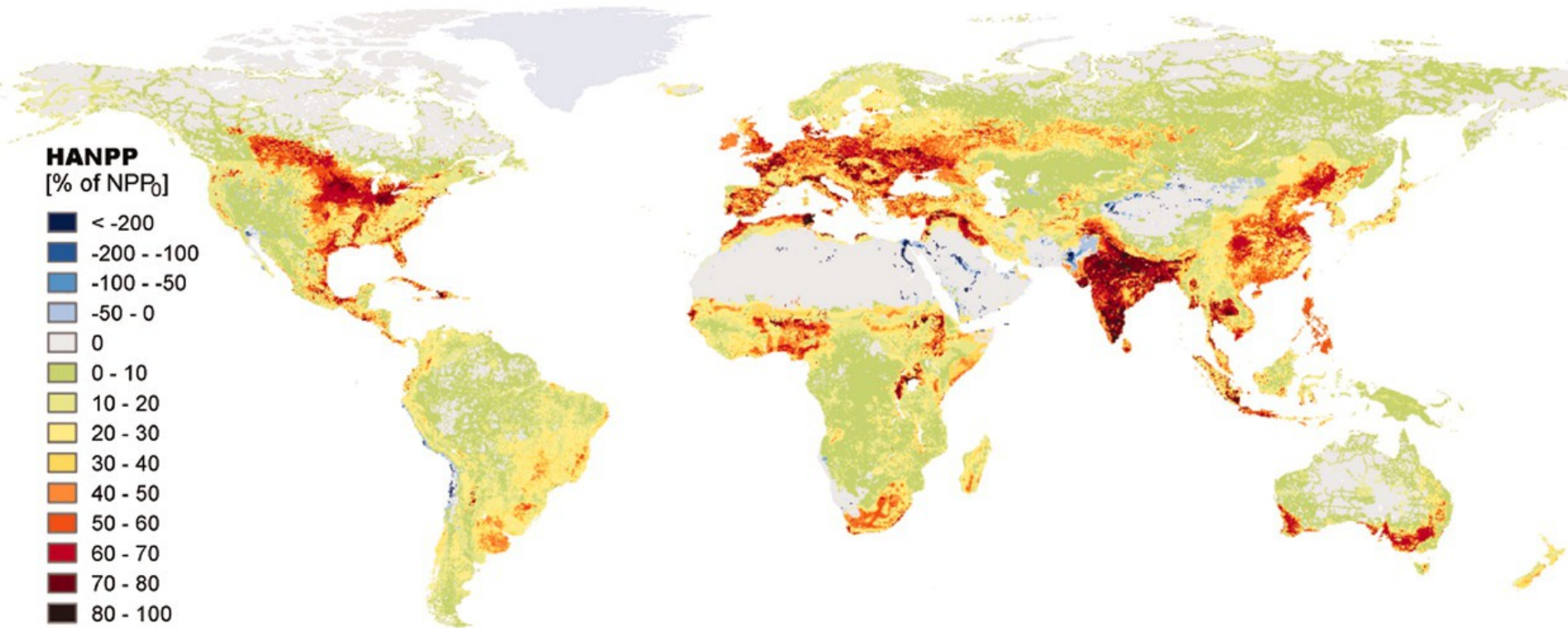
Appropriation Humaine de la production primaire nette (HANPP): % de la NPP appropriée par les humains (directement : alimentation, vêtements, bois – construction et énergie, indirectement par dégradation, moindre productivité des écosystèmes artificialisés, feux, salinisation des sols...Häberl et al. 2007)



Effets sur la biodiversité dépendent de la compétition entre deux types de consommateurs :

- Humains, s'appropriant 40 % de la NPP (Europe)
- Reste de la biodiversité, dépendant des 60 % NPP

Distribution mondiale de l'HANPP, proportion de la production primaire nette appropriée par les humains



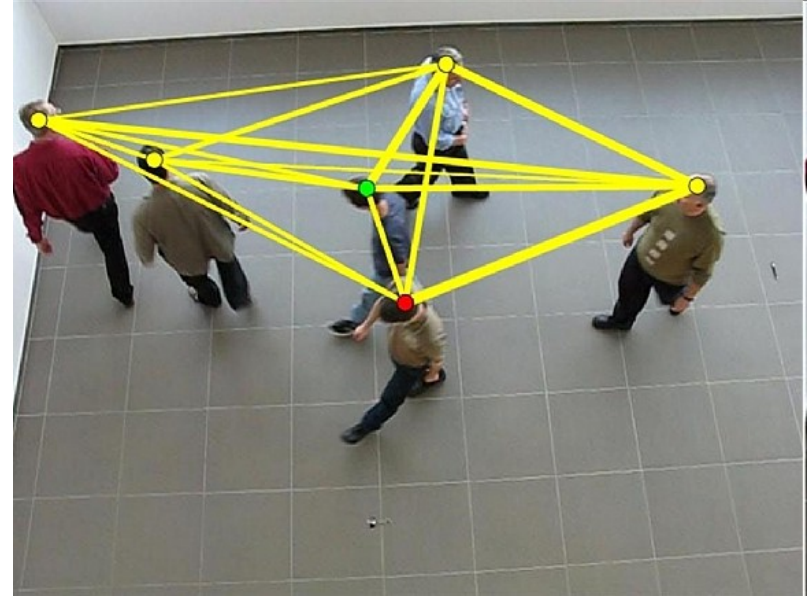
Haberl H. et.al. PNAS 2007;104:12942-12947

- Ne tient pas compte des effets des toxiques, des problématiques liées aux Kulturmeider (grands carnivores)

4. Comment anticiper les réponses des systèmes adaptatifs complexes ?

Développer des technologies, des organisations sociales, économiques, politiques publiques..., en conséquence ?

CAS : Quatre types de complexité (à partir de Boschetti et al. 2010, Emergence, complexity and organisation)



- Dynamique
 - Etats stationnaires, Points de basculement, Oscillations, Attracteurs...
- Organisationnelle
 - Réseaux d'interactions (écologiques, économiques, politiques, sociales)
- Mentale
 - Conception par les individus du fonctionnement du système
 - Diversité des conceptions, selon la place, l'histoire des individus
- Interactive (spéculaire)
 - Confrontation entre des conceptions mentale différentes
 - Difficultés d'une coordination à échelle large, entre des individus ayant des conceptions différentes (leadership ?)

Questions ?