

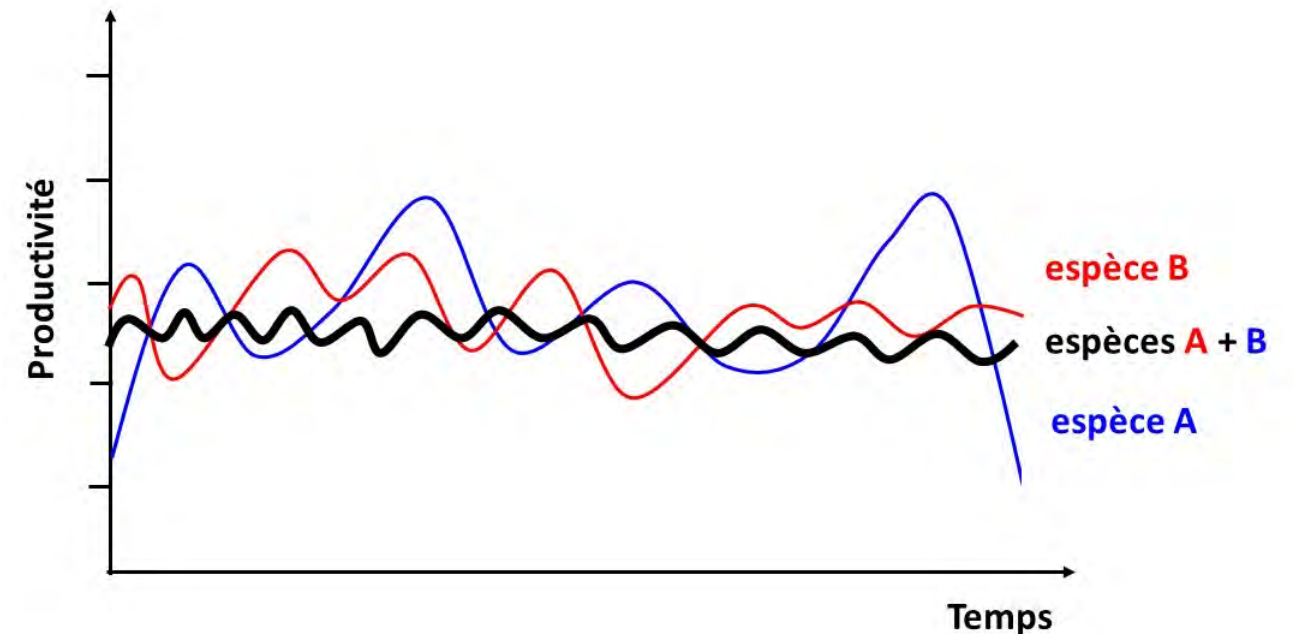
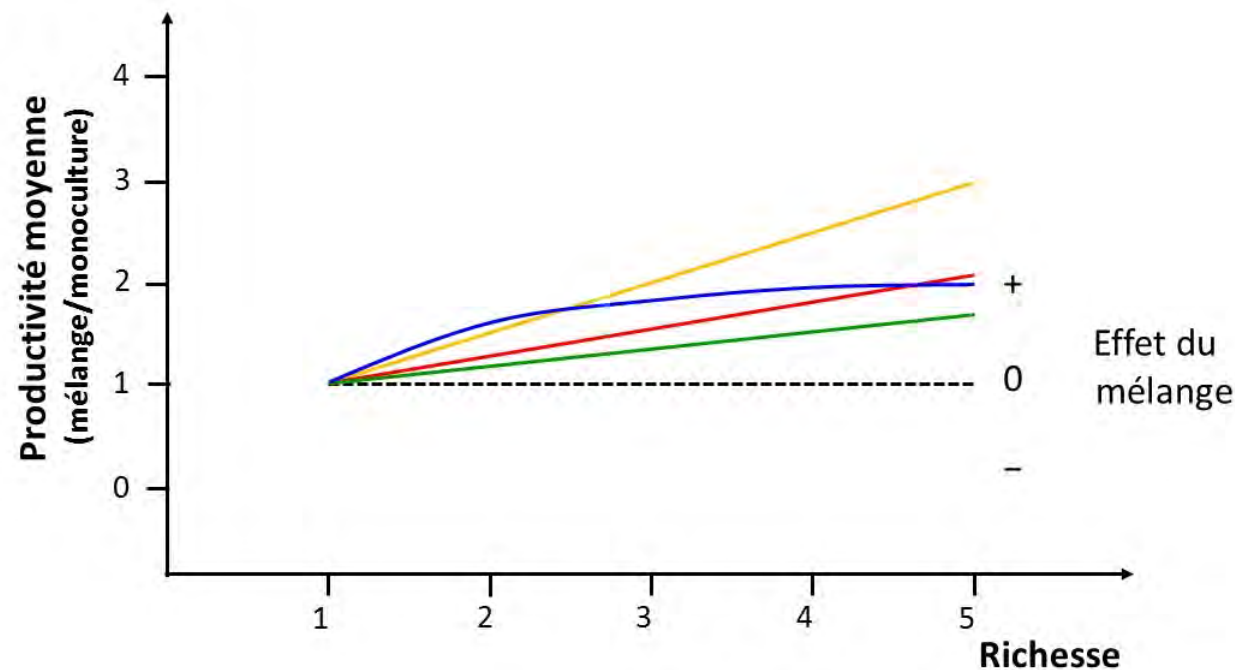
Sur quels **dispositifs** s'appuyer pour étudier
les effets de la **diversité ligneuse** sur le
fonctionnement des écosystèmes forestiers ?

Quentin Ponette

Regefor 2023
Nancy – 19 juin 2023

Réponses 'intégratives'

- performance (p. ex. productivité)
- stabilité (stabilité temporelle ; résistance, résilience)
- multifonctionnalité



Echelles des réponses (pertinence variable selon question posée)

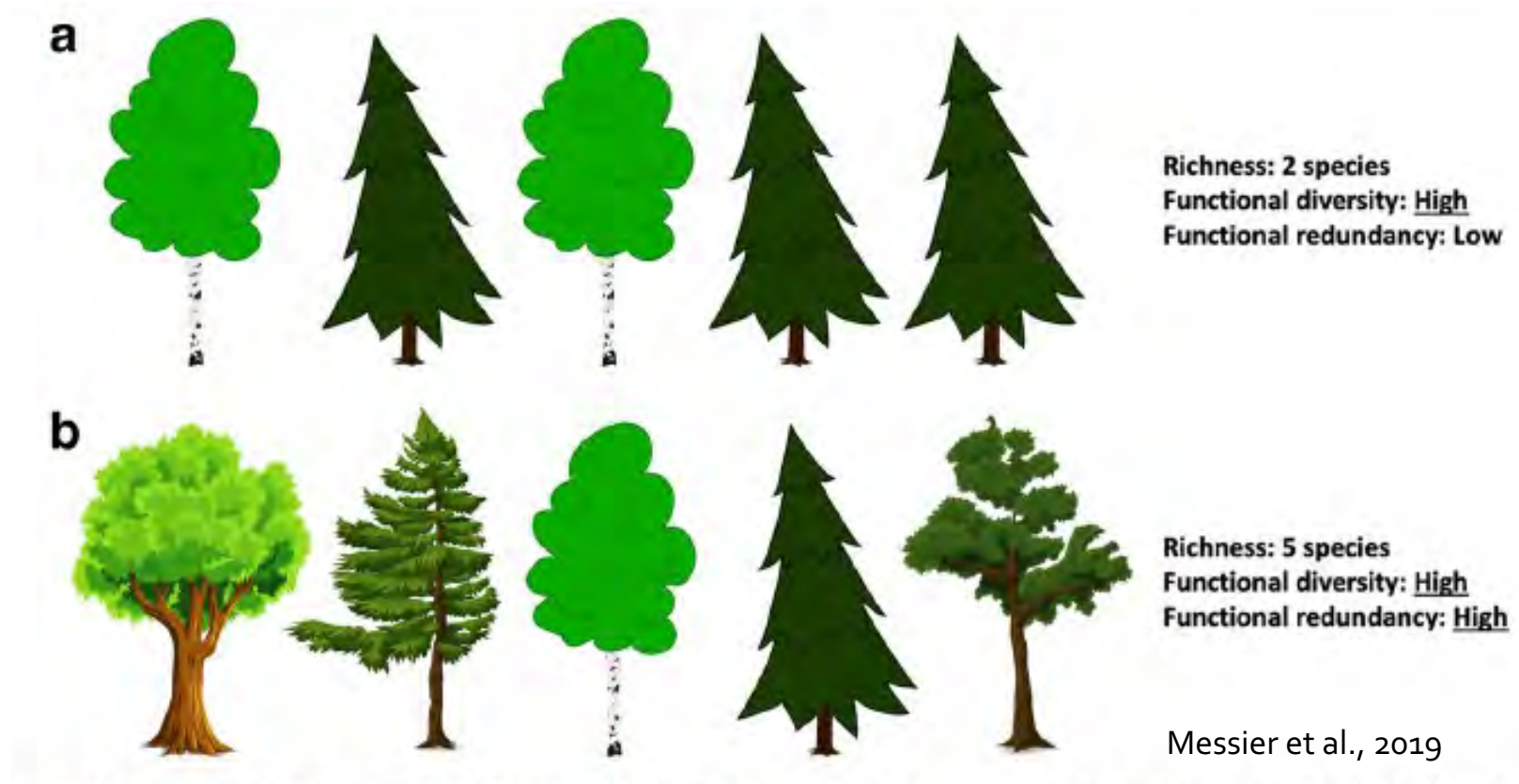
- niveaux : arbre individuel, arbre 'moyen' par espèce, population (parcelles pures), communauté (parcelles mélangées)
- variabilité dans l'**espace** (selon les conditions du milieu)
et dans le **temps** (selon la variabilité temporelle des facteurs du milieu et la dynamique du peuplement)



Variables explicatives 'diversité'

- richesse : nombre d'espèces
- diversité fonctionnelle : **divergence** de 'traits' vs **redondance** de 'traits'
- diversité phylogénétique
- proportions des espèces en présence ('evenness')

→ Impacts sur la diversité 'associée' (même niveau trophique, ou non)



Autres variables explicatives

- **contexte** abiotique et biotique
- **structure spatiale** : densité, agencement, diversité structurelle ($\approx f(\text{diversité})$)



Des dispositifs complémentaires pour étudier les effets du mélange

Trois principaux types de dispositifs

inventaires forestiers

observatoires dans peuplements existants

plantations expérimentales dédiées

Quelques critères utiles pour comparer les dispositifs

- *orthogonality*
indépendance entre effets liés à la biodiversité et autres effets pour éviter les effets 'confondants'
- *comprehensiveness*
palette des fonctions et processus représentés
- *representativeness*
représentativité du dispositif par rapport à la population cible

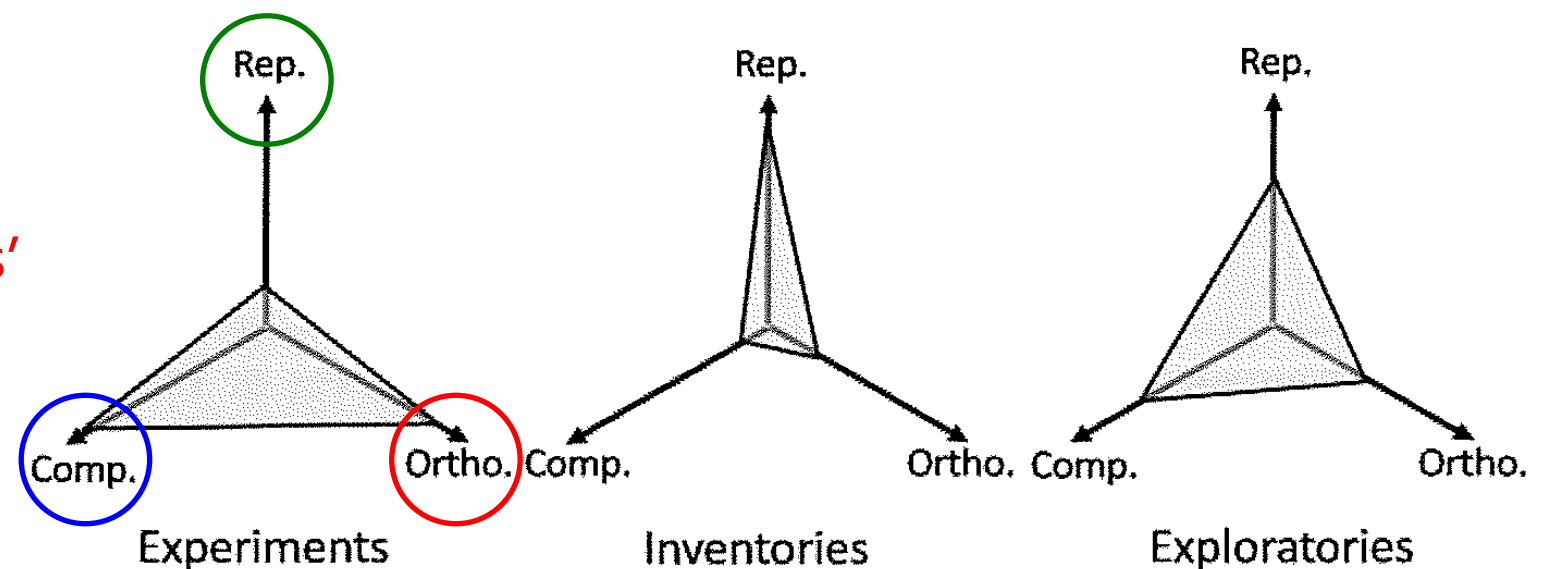


Fig. 2.11 The relative differences in representativeness (Rep.), comprehensiveness (Comp.), and orthogonality (Ortho.) of three types of study designs used to quantify the effects of biodiversity: experiments, inventories, and exploratory plots in forests. This figure is reproduced with permission from the FunDivEUROPE project consortium (http://www.fundiveurope.eu/?page_id=30)

Pretzsch et al., 2017



Principes

Objectifs

- état actualisé de la forêt et de son évolution
- en particulier, matériel sur pied et son évolution

Echantillonnage

- couverture spatiale, mesures répétées dans le temps
- placettes de surfaces variables

Mesures et observations

- variables 'arbre' et 'peuplement'
- descripteurs environnementaux / contextuels
- autres variables

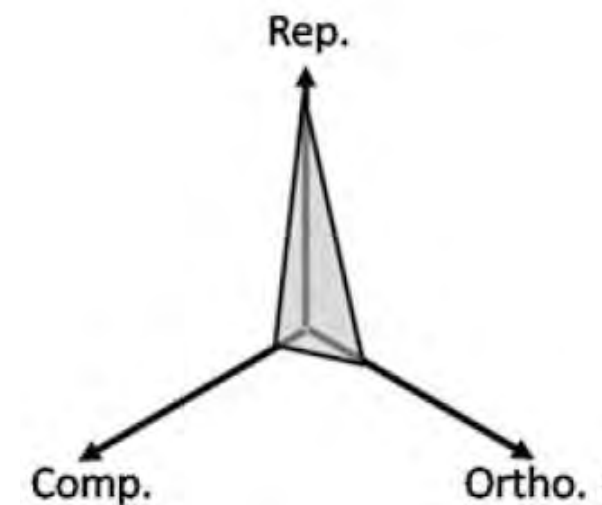
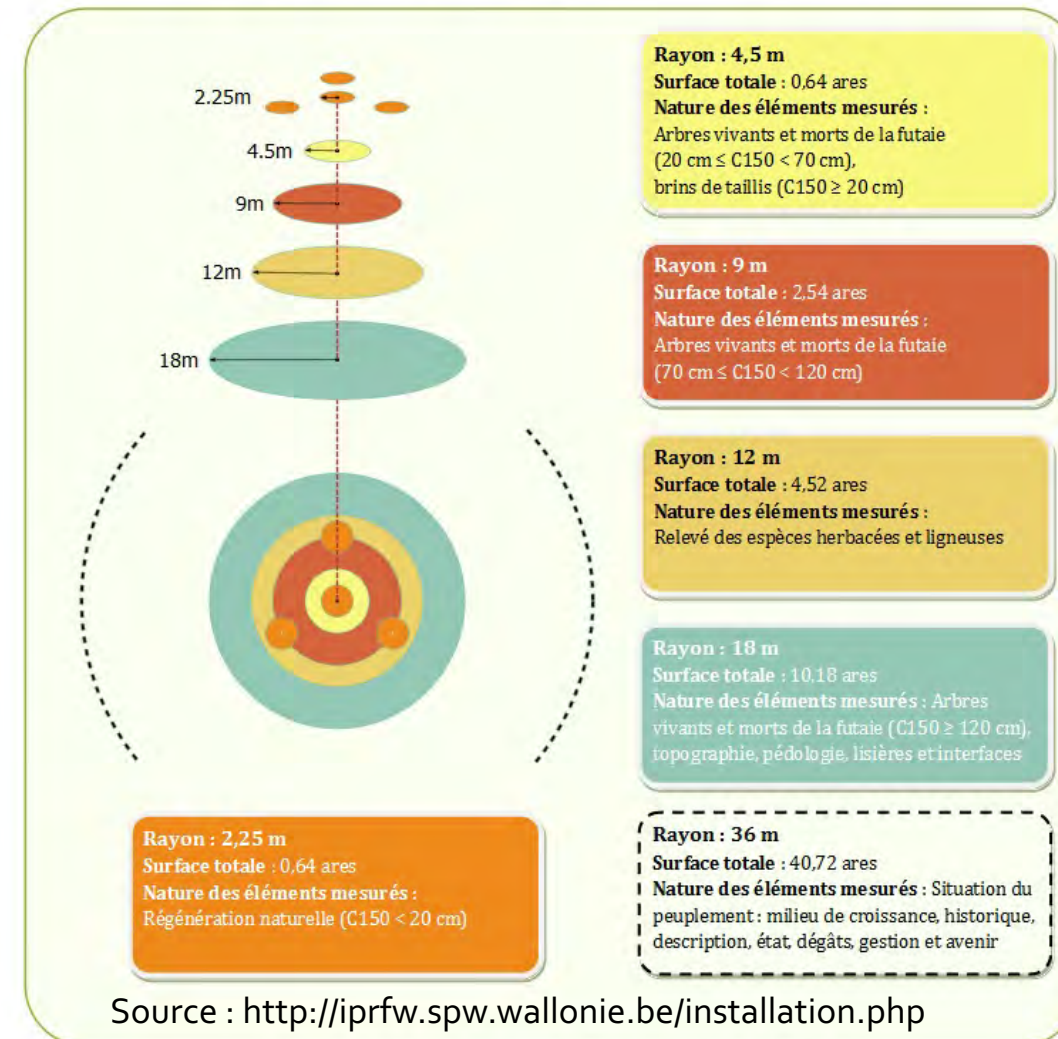
Intérêts et limites

Intérêts

- intégration de nombreux facteurs de variabilité (conditions du milieu, gestion, peuplement)
- forêts 'réelles'

Limites

- facteurs confondants
- optimisé pour estimer la croissance des espèces majoritaires
- gradient de diversité ligneuse limitée



Inventories

Bauhus et al., 2017



Exemple



Tree diversity effect on dominant height in temperate forest

Patrick Vallet*, Thomas Perot

Irstea, UR Ecosystèmes Forestiers, France



$$H_{dom} = a \times \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{b}{age}\right)^c\right)} \quad (1)$$

where H_{dom} is dominant height, age is age measured at stump level (~ 30 cm), and a , b , and c are fitted parameters.

The a parameter, the asymptotic value of dominant height, can be taken as a site quality indicator. We defined this parameter as a linear combination of environmental variables reflecting the site conditions for a given species. The final dominant height growth equation was:

$$H_{dom,i} = \left(a_{0,i} + \sum_{k=1}^n a_{k,i} \times X_k \right) \times \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{b_i}{age}\right)^{c_i}\right)} \quad (2)$$

where X_k are environmental variables reflecting the site conditions on the plot and a_k are the corresponding fitted parameters for a given target species i .

Vallet and Perot., 2016

2.7. Mixture effect calculation and analysis

In this article, we calculated the relative difference between observed dominant height and expected dominant height for every mixed plot (Eq. (3)). This is a common way to calculate mixture effect in ecology (Loreau, 1998):

$$Mixture\ Effect_{ij} = \frac{H_{dom_{observed},ij} - H_{dom_{expected},i}}{H_{dom_{expected},i}} \quad (3)$$

where $Mixture\ Effect_{ij}$ is the calculated mixture effect of species j on the dominant height of species i , $H_{dom_{observed},ij}$ is the observed dominant height of species i in a mixture with species j , and $H_{dom_{expected},i}$ is the expected dominant height of species i predicted with the pure stand model for the same age and site conditions. We evaluated the



Principes

- forêts (matures) existantes
- contrôle des facteurs de variation (facteurs du milieu, gestion)
- gradient de richesse large
- équilibre en termes de composition spécifique
représentation équilibrée des espèces au sein d'un même niveau de richesse (« evenness »)
pools d'espèces communs entre niveaux de richesse
nombre de répétitions identique entre niveaux de richesse

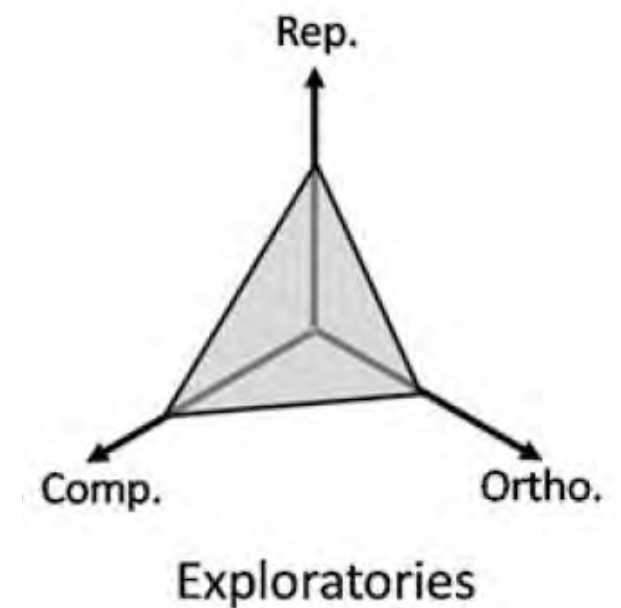
Intérêts / limites

Intérêts

- cf. 'Principes'

Limites

- homogénéité des facteurs environnementaux parfois difficile à appréhender
- antécédents et historique de gestion souvent peu documentés



Bauhus et al., 2017



Exemple

Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 15 (2013) 281–291



Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics

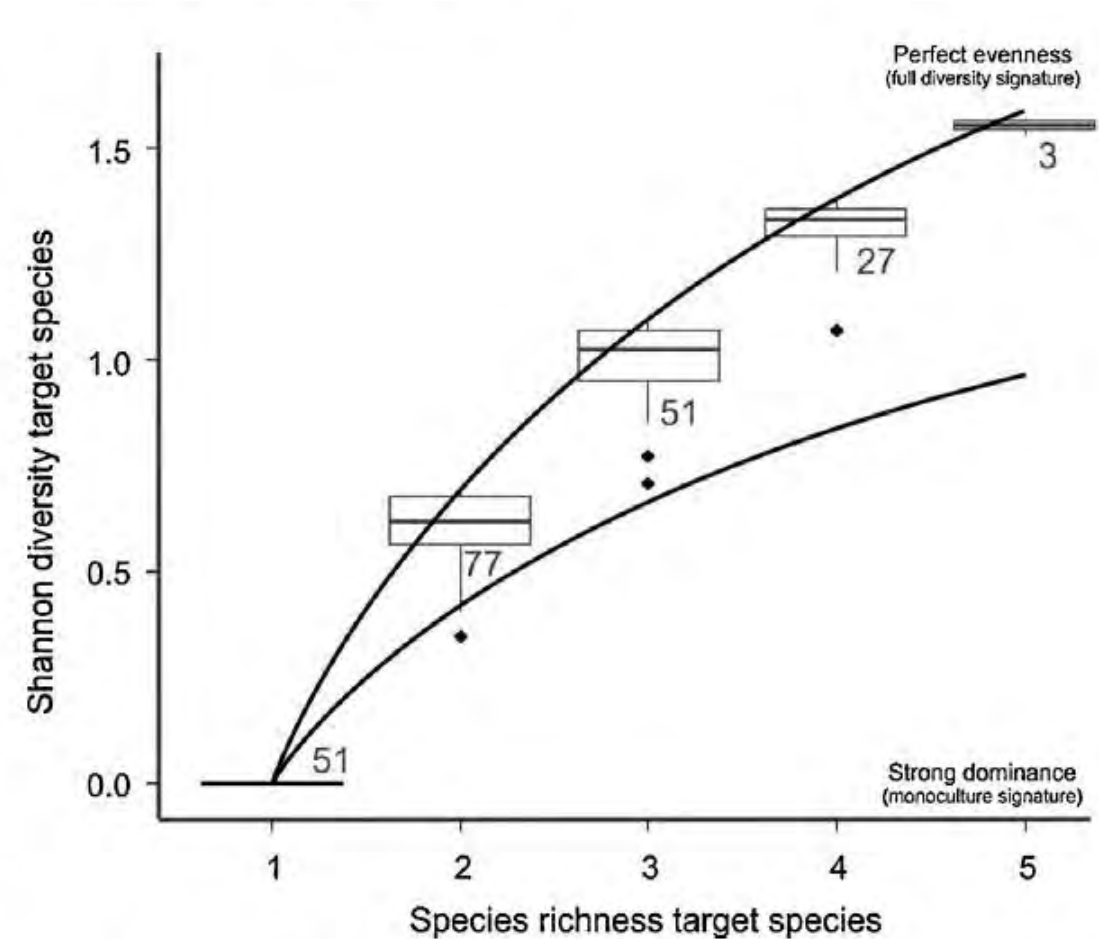
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ppees



Forum

A novel comparative research platform designed to determine the functional significance of tree species diversity in European forests

Lander Baeten^a, Kris Verheyen^a, Christian Wirth^{b,c}, Helge Bruelheide^{c,d}



Baeten et al., 2013



Principes

- observatoire
- diversité × identité : 2 vs 1, pour un unique couple d'espèces (A, B)

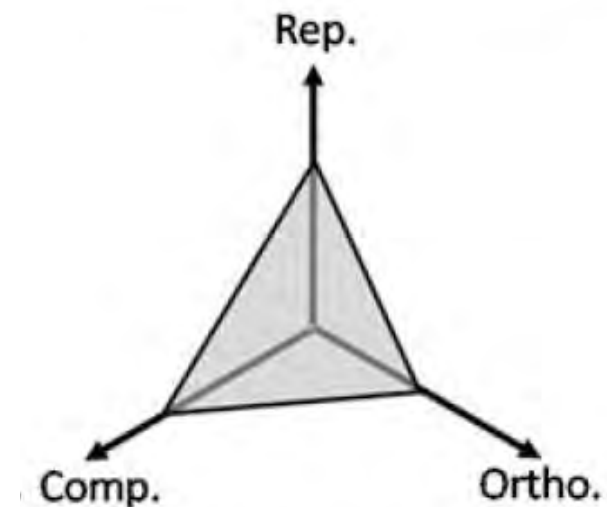
Intérêts et limites

Intérêts

- efficace pour tester les effets du mélange pour des peuplements à deux espèces ciblées
- permet d'étudier une diversité de réponses et de mécanismes à plusieurs échelles
- permet de quantifier l'effet du mélange pour des fonctions contrastées

Limites

- ne permet pas de tester les effets de la diversité spécifique (richesse, identité)
- gradient multifactoriel
facteurs environnementaux multiples (p. ex. climat, sol)
variation résiduelle (hors facteurs environnementaux) potentiellement élevée



Exploratoires

Bauhus et al., 2017



Exemple : triplets mis en place dans le cadre d'EuMIXFOR

- espèces : hêtre, pin sylvestre
- 32 triplets, couvrant l'aire de distribution conjointe des deux espèces

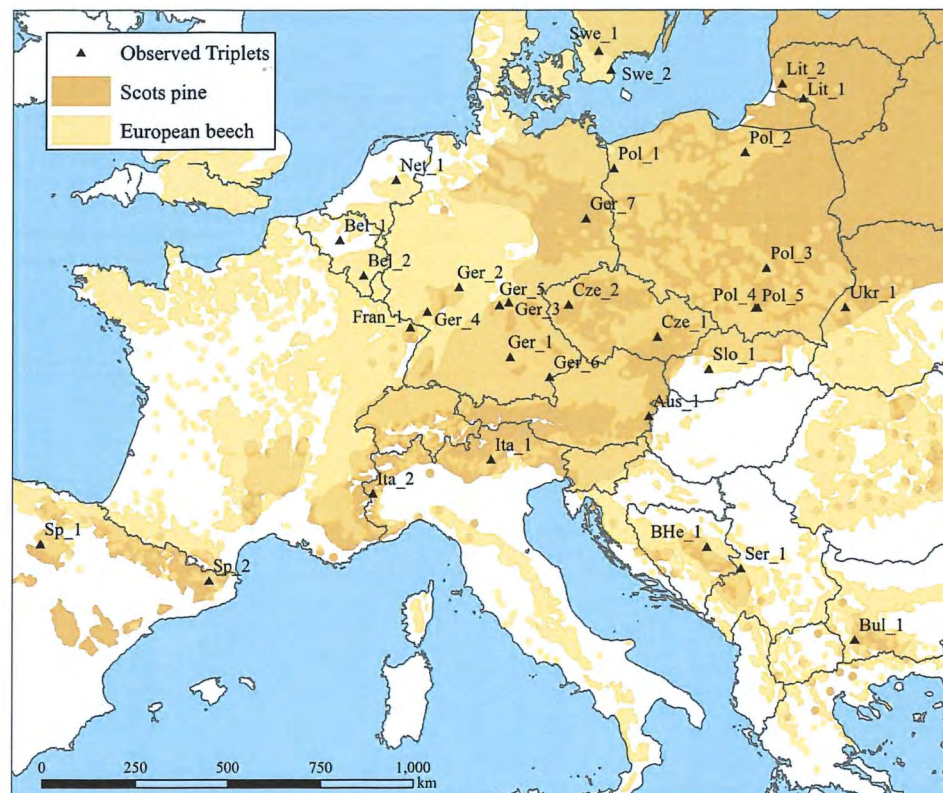
Annals of Forest Science (2017) 74: 63
DOI 10.1007/s13595-017-0660-z



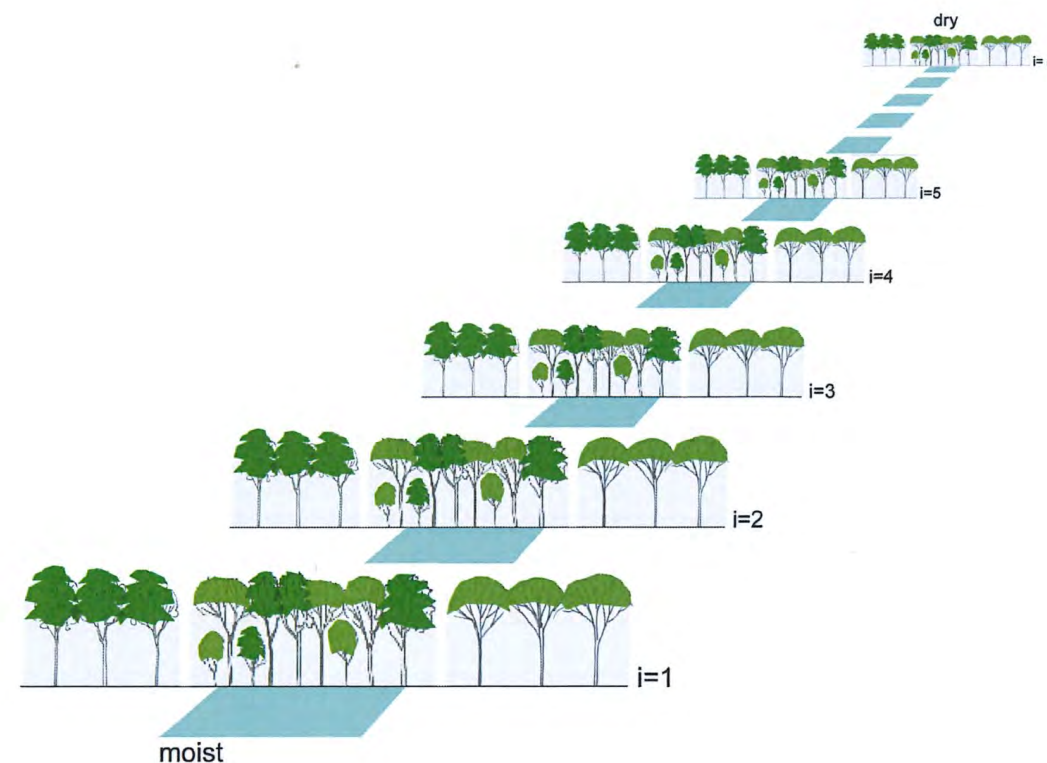
DATA PAPER

EuMIXFOR empirical forest mensuration and ring width data from pure and mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) through Europe

Michael Heym¹ · Ricardo Ruiz-Peinado^{2,3} · Miren Del Río^{2,3} · Kamil Bielak⁴ ·



Heym et al., 2017



Pretzsch et al., 2015

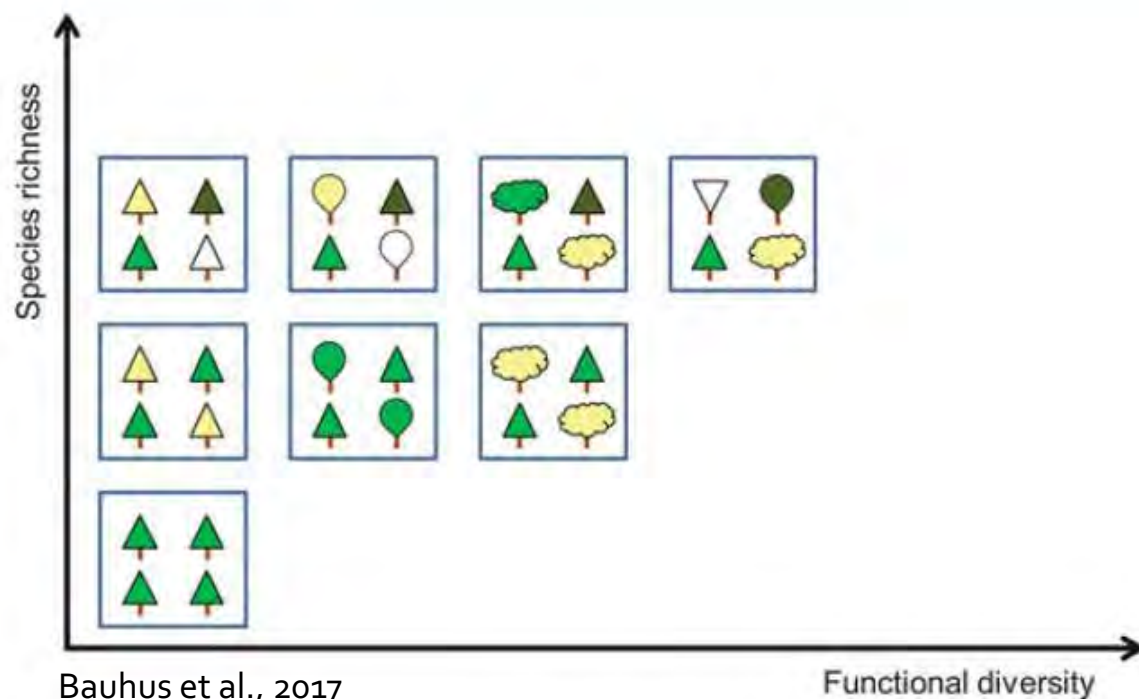


Principes

- contrôle / caractérisation en amont des sources de variation (homogénéité des conditions stationnelles, antécédents)
- manipulation et contrôle étroit des facteurs testés
- large gradient de « diversité »
- séparation entre effets 'richesse' et 'identité'
- 'équilibre' en termes de composition spécifique

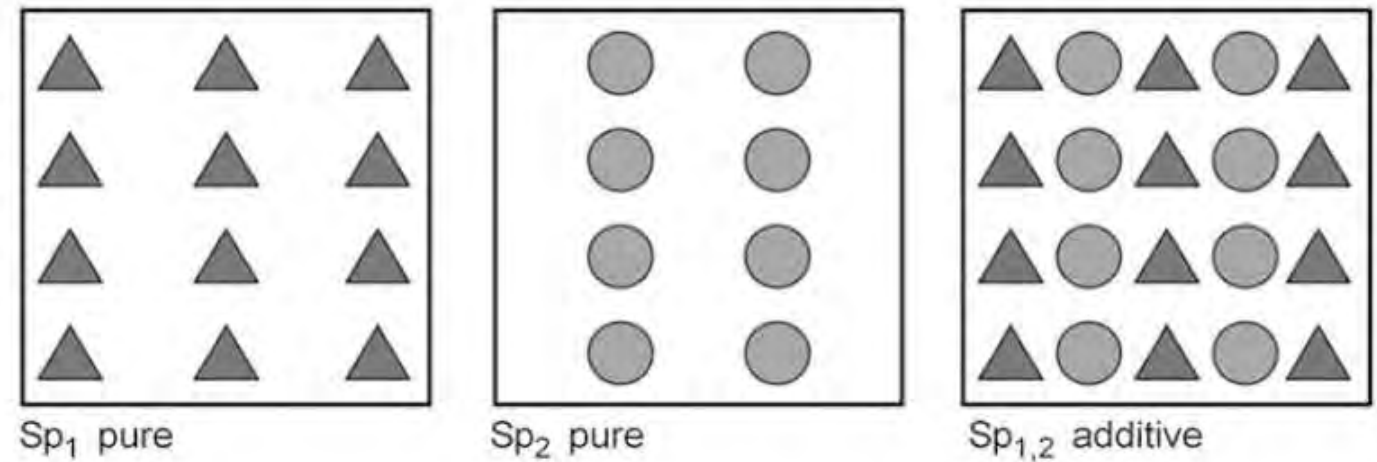
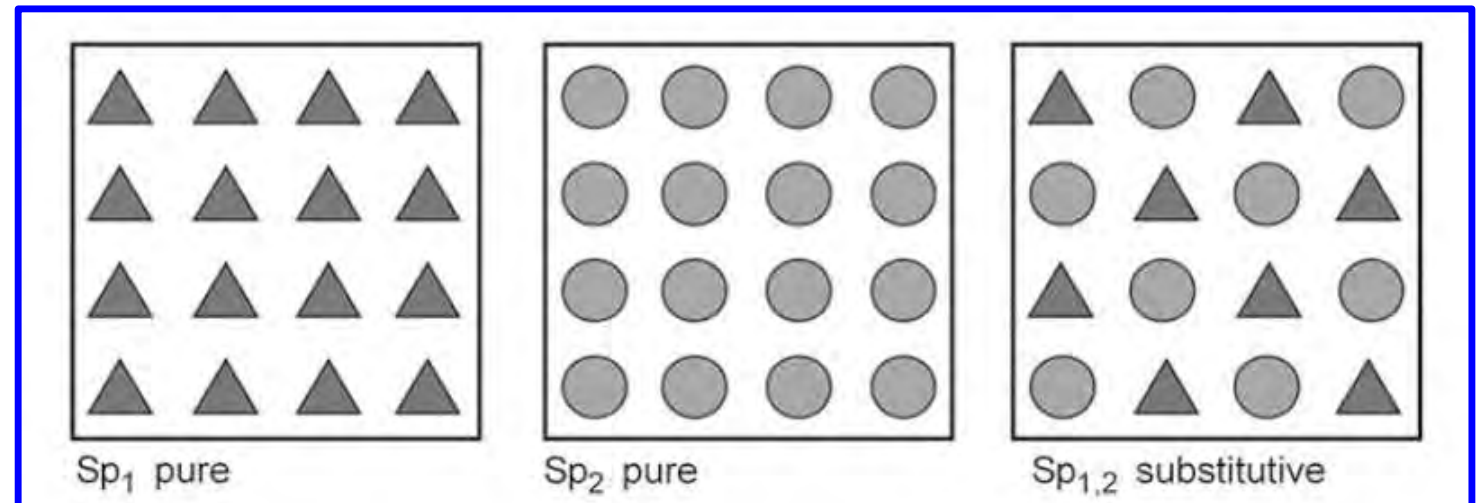
Facteurs testés

- gradient(s) de **diversité** / proportions
- **autres facteurs** (p. ex. ressources (eau, nutriments), structure spatiale, ...)



Mise en oeuvre

- substitution vs addition
- dimension des parcelles
- densité initiale
- agencement spatial initial
- etc...

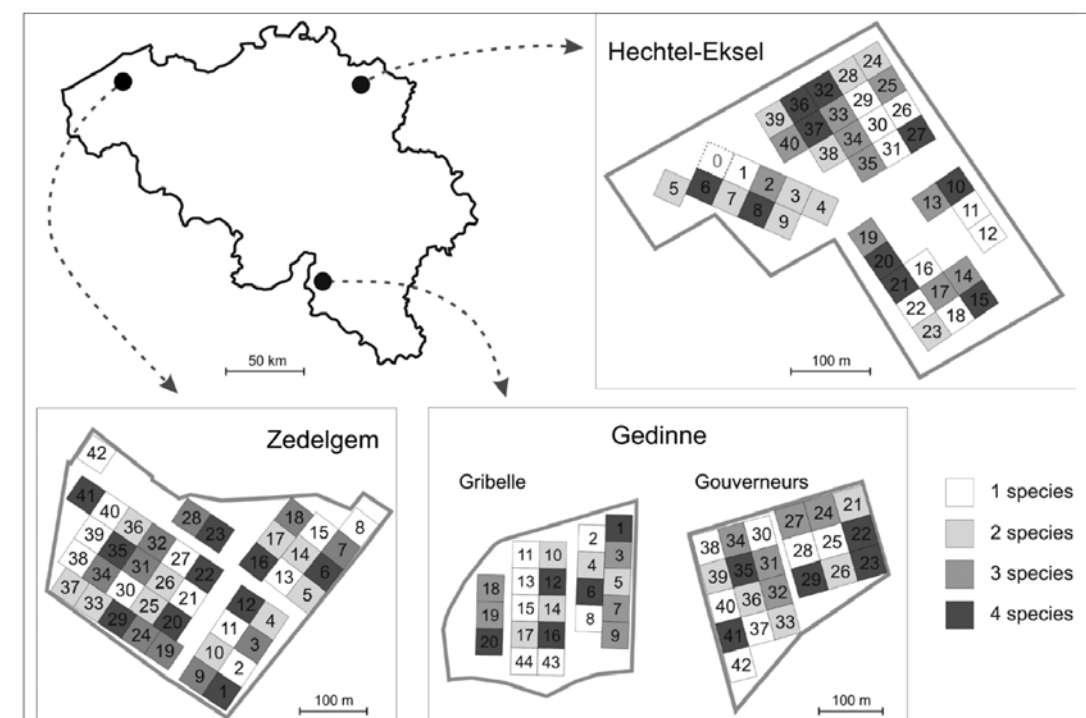
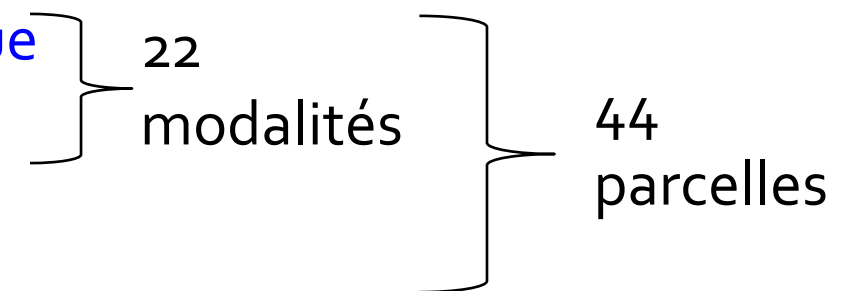


Bauhus et al., 2017



Exemple : dispositif FORBIO[-Gedinne]

- 5 espèces
 - érable sycomore
 - chêne sessile
 - hêtre (× 3 provenances)
 - Douglas
 - mélèze hybride
- 4 niveaux de **richesse** × 5 niveaux de **composition spécifique**
- hêtre : 3 provenances différentes
- deux blocs : 'Gribelle' et 'Gouverneurs'
- écartement entre plants et 'clusters'
 - 1,5 m × 1,5 m
 - parcelles de 42 m × 42 m (784 arbres)
ou de 42 m × 37,5 m (700 arbres)
 - par 'clusters' de 3 × 3 arbres d'une même espèce
 - dans les parcelles avec deux espèces ou plus :
 - 2 espèces : position des clusters en damier
 - >2 espèces : position aléatoire des clusters



Verheyen et al., 2013



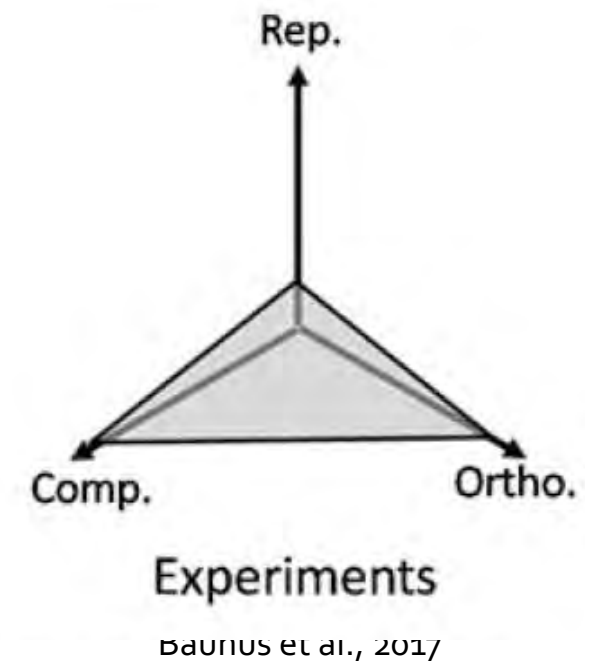
Intérêts et limites

Intérêts

- Cf. Principes

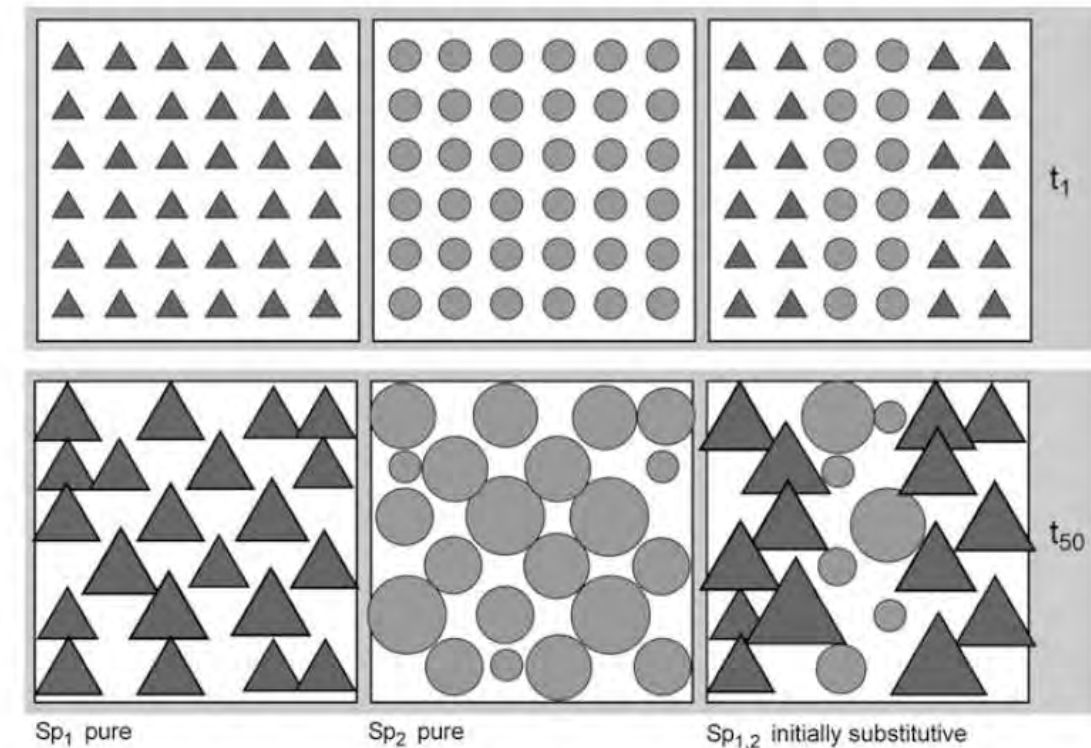
Limites

- jeunes peuplements
 - surface des placettes souvent réduite (nombreuses modalités !)
 - agencement spatial et densité de départ souvent choisis pour accélérer / maximiser les interactions inter-spécifiques
 - espèces sélectionnées pour maximiser la gamme de traits
 - design conçu pour extraire les effets de la biodiversité
 - densité initiale identique (substitution)
 - absence d'interventions sylvicoles
- avec suivi périodique de variables clés pour affiner l'analyse des résultats



Evolution des plantations dans le temps

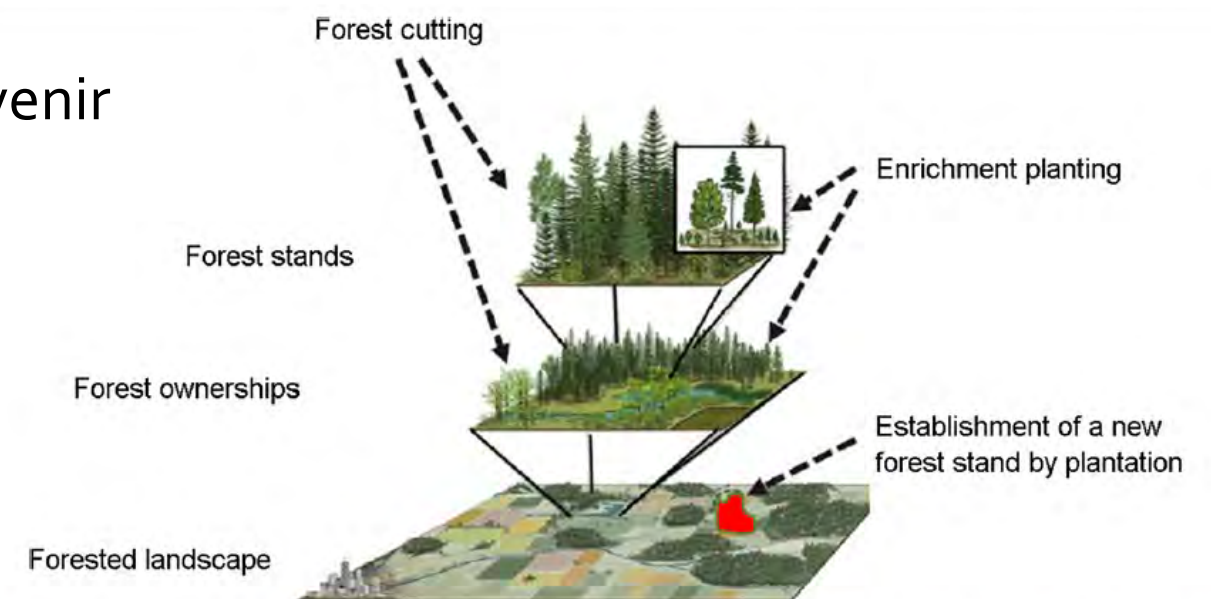
- analyses : parcelle vs [arbre + voisinage] ?
- laisser-faire ou gérer ? Monitoring à prévoir !



Bauhus et al., 2017

Echelles spatiales

- effets sur et réponses à la diversité le plus souvent étudiés à l'échelle locale (parcelle), même si dispositifs répliqués dans une diversité de contextes
- nécessité d'intégrer de nouvelles échelles à l'avenir



Messier et al., 2019

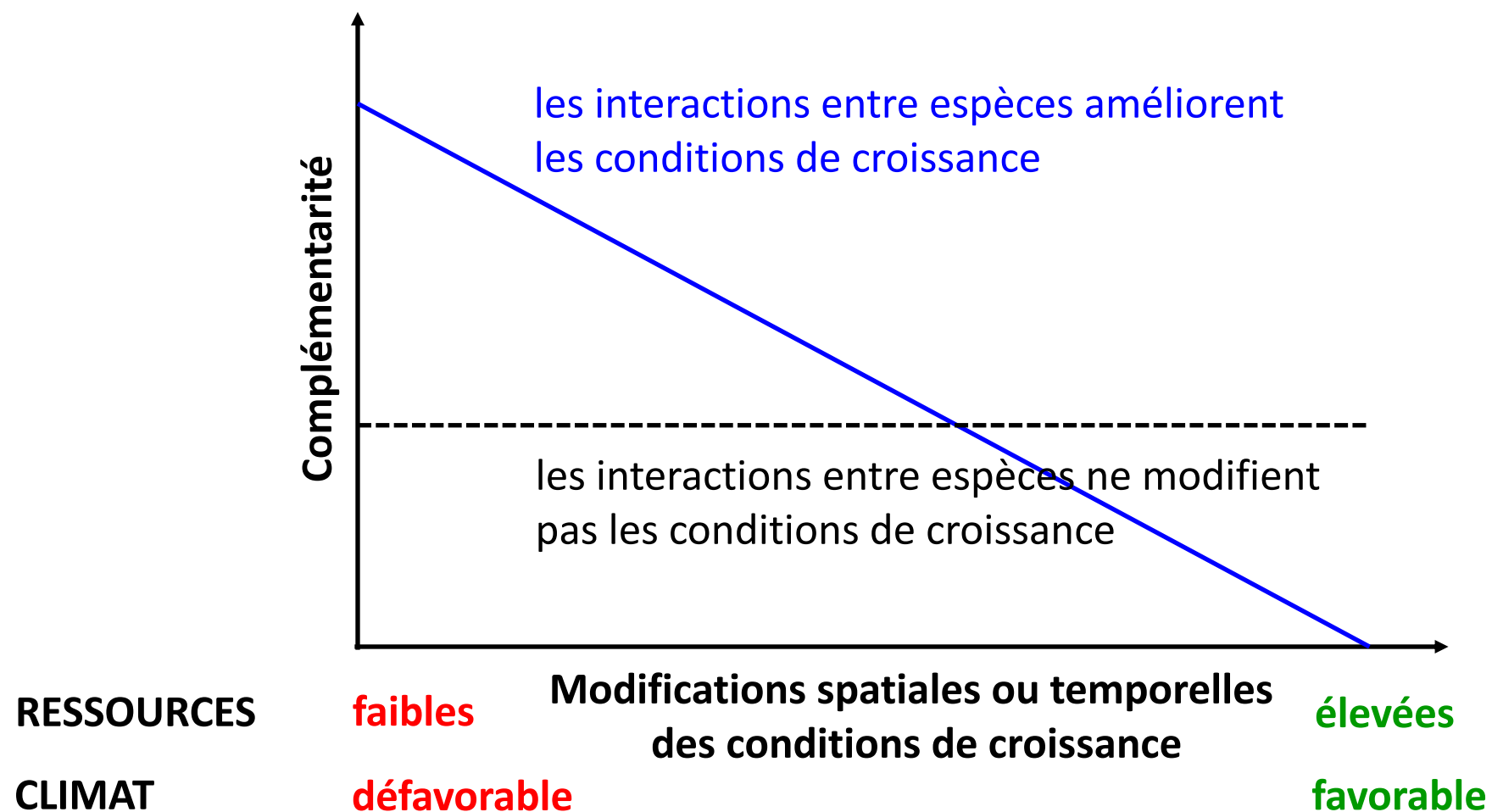


M E R C I
pour votre attention



Triplets EuMIXFOR

...permettant notamment d'explorer comment la complémentarité évolue en fonction des variations spatio-temporelles des conditions de croissance



Source: Forrester and Bauhus, 2016

