

# Structure, composition et fonctionnement : questionner leurs relations pour évaluer

Damien Marage<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AgroParisTech-ENGREF  
UMR 1092 LERFoB INRA-AgroParisTech

Colloque « Biodiversité Gestion Forestière et Politiques  
Publiques », mars 2012, Paris

# Sommaire

## 1 Les motivations

- Rendre compte de l'état écologique d'un (socio)-écosystème
- Evaluer : apports docimologie et épidémiologie

## 2 Quelques illustrations

- Articulation Structure-Composition
- Articulation Composition-Fonctionnement
- Tyrannie de l'espace

## Pourquoi...

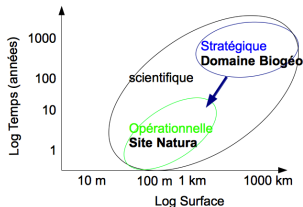
- stratégique :
  - 1 A l'attention des institutionnels
  - 2 Politiques publiques environnementales
  - 3 Adéquation entre moyens et objectifs = pertinence
  - 4 Evaluation certificative = validation
- spécifique et opérationnelle :
  - 1 A l'attention des gestionnaires d'espaces naturels
  - 2 Maintenir ou améliorer la gestion des populations ou des habitats
  - 3 Adéquation entre objectifs et résultats = efficacité
  - 4 Evaluation formative : régulation, amélioration
- scientifique :
  - 1 suivre l'état écologique des populations ou des habitats
  - 2 Adéquation entre moyens et résultats = efficacité
  - 3 portée prédictive, orientations futures

## ...et au sens de la directive Habitat, Faune, Flore ?

### Directive 92/43 CEE

- 1 Art. 1 : Ensemble des influences et espèces typiques
- 2 Art. 11 : Surveillance
- 3 Art. 17 : Rapportage

### A chacun son échelle !



# L'évaluation, ce n'est pas que ...

## Tout dépend de la finalité

- de l'identification et la cartographie des habitats

## Corollaire

*typologies, clés de détermination*

- du diagnostic écologique

## Corollaire

*bioévaluation, performance écologique*

- de la gestion

## Corollaire

*performance environnementale, audit*

# Un détour par les indicateurs s'impose

## Les indicateurs de biodiversité selon Noss, *Cons. Bio.*, 1990

- 1 structure = organisation spatiale
- 2 composition = entités, 5 catégories d'espèces
- 3 fonctionnement = flux, dynamique, temporelle

## des populations aux paysages

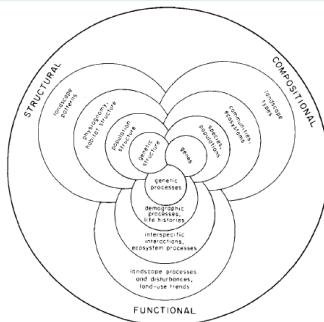


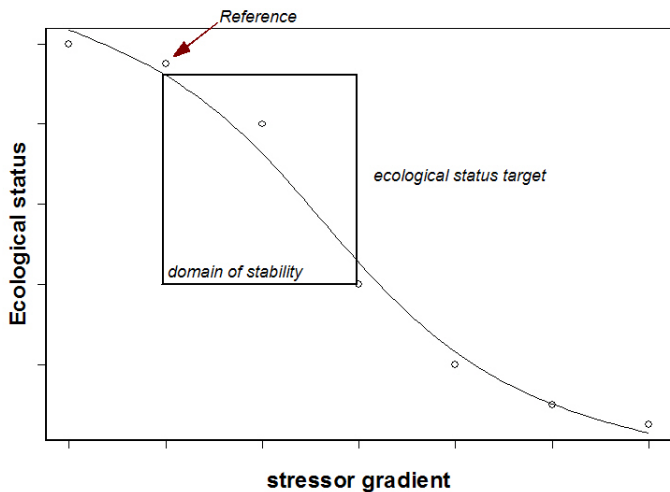
Figure 1. Compositional, structural, and functional biodiversity, shown as interconnected spheres, each encompassing multiple levels of organization. This conceptual framework may facilitate selection of indicators that represent the many aspects of biodiversity that warrant attention in environmental monitoring and assessment programs.

# Indicateurs composites, indicateurs directs

## Etat écologique d'un habitat : indicateur du fonctionnement *In* Levrel 2007

Phénomènes à évaluer	Exemples d'indicateurs
Variabilité génétique au sein d'un écosystème	Variation de la taille des populations composant cet écosystème
Diversité spécifique au sein d'un écosystème	Variation du nombre d'espèces pondéré par leurs abondances relatives
Etat de santé d'un habitat	Variation de l'abondance des populations inféodées à ce type d'habitat
Originalité d'un écosystème	Variation de la taille des populations des groupes « spécialistes » / groupes « généralistes »
Fonction culturelle	Variation de l'abondance des populations patrimoniales ou utilisées pour les activités récréatives
Fonctions de régulation	Variation de l'abondance au sein de groupes fonctionnels et des niveaux trophiques
Fonctions d'approvisionnement	Variation de l'abondance des populations utilisées par l'homme pour se nourrir, se soigner, se chauffer...
Pressions sur la biodiversité	Variation de l'abondance des populations sensibles aux principales forces de changements (climat, agriculture, destruction des habitats...)
Efficacité des mesures de conservation	Variation de l'abondance des populations ciblées par des mesures de conservation

# Etat de conservation et perturbations





# Docimologie # 1

## Exemple

En 1867, création ministère de l'Éducation américain : celui-ci devait publier chaque année «des statistiques et des observations informant sur l'état et les progrès de l'éducation».

## Définitions

La docimologie est la science des examens. Le terme a été créé par Henri PIERON à partir du grec *dokime* signifiant épreuve.

## Corollaire

*Evaluer = juger = portée sociale*

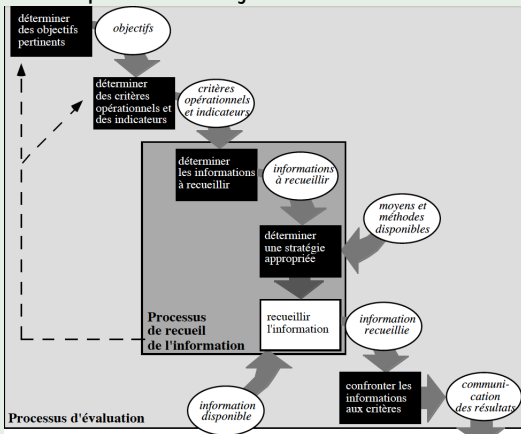
*Evaluer = critères pour prendre des décisions ; écart à la norme*

*Qualité docimologique (non biaisé) = Fiabilité, validité, fidélité*

# Docimologie # 2

## Exemple

« Indispensable subjectivité de l'évaluation » - Gérard F-M. 2002



# Epidémiologie # 1

## Exemple

### Etat de santé des écosystèmes & intégrité des communautés

- Bien développer depuis 1990 en écologie
  - *Fielding & Bell* 1997
    - courbe ROC/AUC, matrice de confusion
  - *Guisan & Harrell* 2000
    - Ordinal response, Proportionnal Odds models

# Epidémiologie # 2

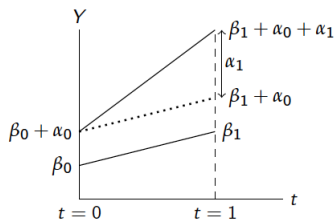
## L'état de référence...en vain

- Indice d'intégrité de la biodiversité (*Scholtes & Biggs 2005*)
  - Etat de référence pré-industriel
- Indicateur ou gradient de naturalité
  - Impossibilité éthique et économique de « retour en arrière »
  - Critique du concept de végétation potentielle naturelle (*Chiarucci et al. 2010*)
- Solutions apportées par l'approche *Health & Environmental Impact Assessment*

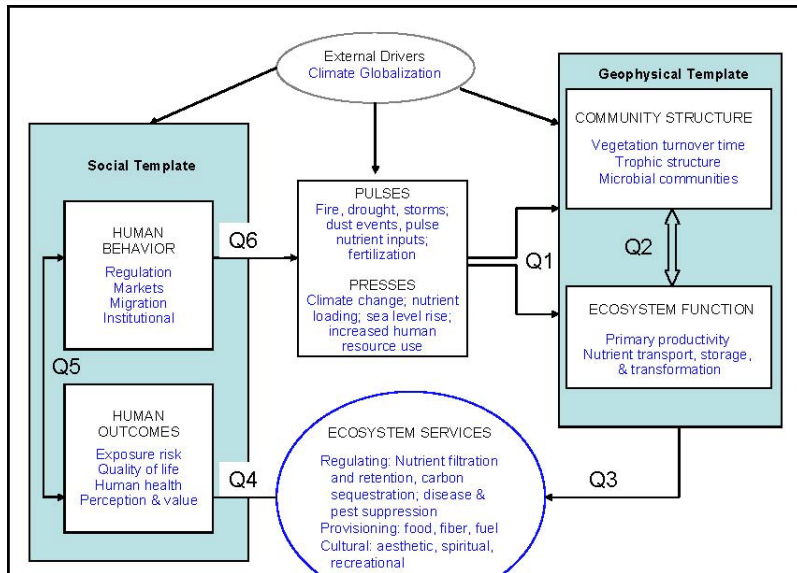
## Epidémiologie # 3

## Mesurer des doubles-différences plutôt qu'un écart

$$\begin{cases} y_{i0} = \beta_0 + \alpha_0 T + \varepsilon_{i0} \\ y_{i1} = \beta_1 + \alpha_0 T + \alpha_1 D + \varepsilon_{i1} \end{cases}$$



## Etat d'un socio-écosystème # 1



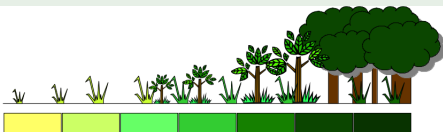
## Etat d'un socio-écosystème # 2

### Questions d'articulations

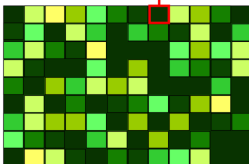
- *Q1 : Comment le régime de perturbations affecte structure, composition et fonctionnement ?*
- *Q2 : Comment structure et composition peuvent-êtr e à la fois causes et conséquences des changements de fonctionnement ?*
- Q3 : Quelles sont les effets de fonctions altérées sur la fourniture de services ?
- Q4 : Comment la fourniture de ces services affecte notre bien-être ?
- Q5 : Comment ce bien-être et nos perceptions changent nos comportements, nos actions ?
- Q6 : Quelles sont les actions qui influencent la fréquence, l'intensité du régime de perturbations ?

# Régimes de perturbations

## Modèle méta-climacique



Le « métaclimax »



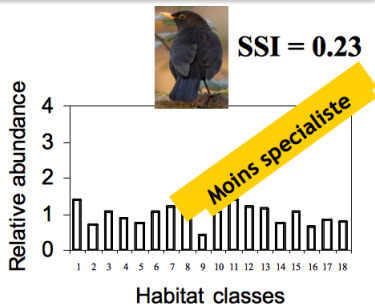
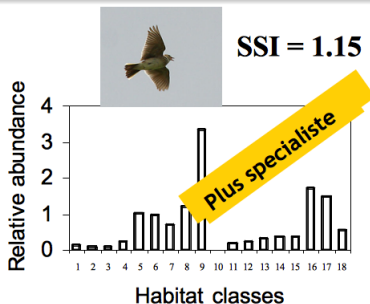
Caractéristiques des  
patches




# Indice de spécialisation à l'habitat (SSI)

## Exemple

Exemple 100 oiseaux communs - *Couvet* 2007



=> SSI = Coefficient de variation de l'abondance dans les différents habitats 

## Indice de spécialisation à la communauté (CSI)

Analyser la dynamique d'une succession

Variations résultent du remplacement des espèces au cours du temps

Cet indice d'état peut se formaliser sous la forme suivante :

$$C_{kj} = \sum_{i=1,n} \frac{N_{ik}}{N_k} \cdot S_{ij} \quad (1)$$

avec :

$S_{ij}$  : valeur moyenne du caractère  $j$  pour l'espèce  $i$  ;

$N_{ik}$  : le nombre d'individus de l'espèce  $i$  dans la communauté  $k$  ;

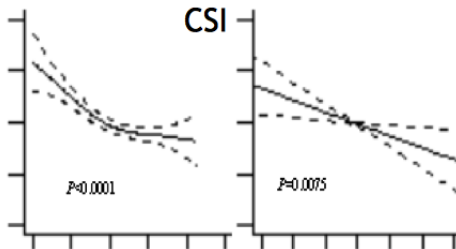
$N_k$  : le nombre total d'individus dans la communauté  $k$  ;

$C_{kj}$  : indice d'état de la communauté, valeur du caractère  $j$  dans la communauté  $k$ .

# Effets Fragmentation + Perturbations

## Fragmentation Perturbation

Naturel



*Devictor et al. 2008*

## Organismes ingénieurs

« Comment désigner cette biocénose autrement qu'en la nommant Hêtraie en constatant que l'essentiel de son organisation dépend de la dominance du Hêtre ? Nous justifions ainsi la nécessité d'étudier les biocénoses sous le signe des végétaux qui en déterminent la structure par leur importance biologique et non par leur caractère « phytosociologique ». Une « caractéristique » de premier ordre peut n'avoir aucun intérêt biologique. » Gaussen, H. 1950

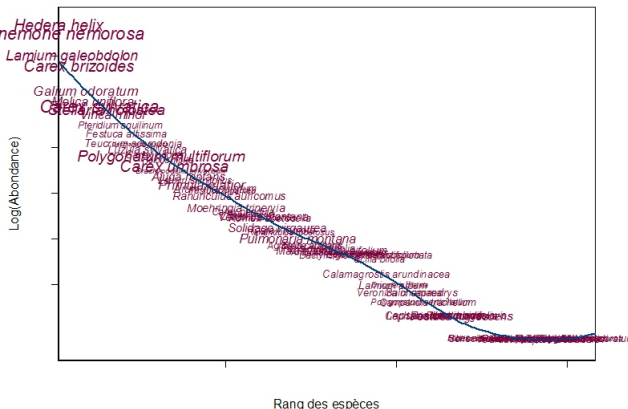
- Guildes des pics = microhabitats
- Geai des chênes, Cassenoix moucheté : agent de dispersion
  - Etude coût de remplacement (Hougnier et al. 2006) : 2 500 à 9 400 \$ par ha.



## Espèces typiques : structurantes...#2

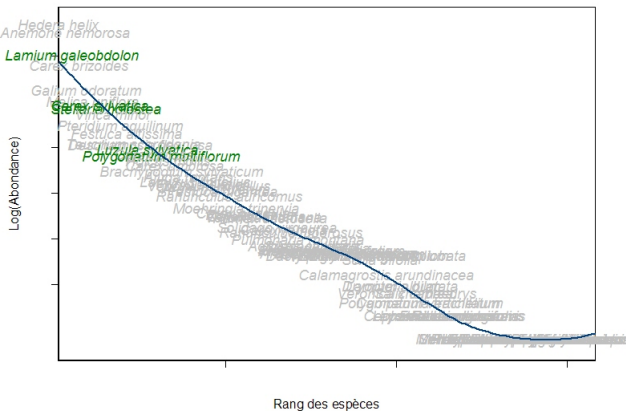
Fait

Certaines « espèces typiques » sont aussi « fidèles »



## Espèces typiques : structurantes...#3

Fait

*Certaines espèces « typiques » sont aussi « indicatrices »*

# Diversité-Productivité

Travaux européen de Pretzsch, Vallet, Molder...

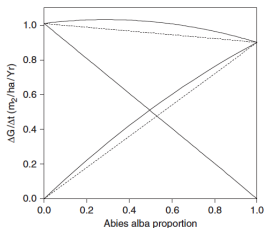
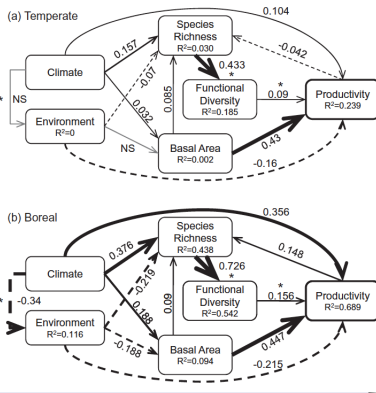


Fig. 6. Stand basal area increment given by Eq. (11)  $\times$  *Abies alba* proportion for the mean ecological conditions of the database.

Travaux nord-américain de Paquette et Messier 2011





## Diversité dépend de la surface des habitats disponibles

« *Aucun parc n'est une île* » Janzen 1983

Loi d'Arrhenius - Equation de Preston (1962)

$$S = cA^z \quad (2)$$

L'expression peut être facilement linéarisée par transformation logarithmique :

$$\log(S) = \log(c) + z \cdot \log(A)$$

avec :

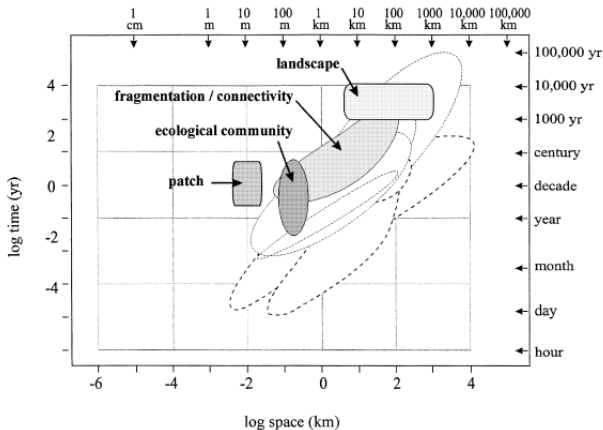
$S$  : richesse spécifique ;

$A$  : surface du territoire ;

$c$  : constante propre au groupe taxonomique, fonction inverse de la taille ;

$z$  : pente de la droite de régression.




# Du temps...pour les fonctions écologiques



# Résumé # 1

- ① Evaluer, c'est juger grâce à un processus cognitif rigoureux...pour ne pas tomber dans l'arbitraire
- ② Pierre d'achoppement : état de référence
  - Solution : *Difference in Difference*
- ③ Passer d'indicateurs structurels aux indicateurs directs
  - Développer des Indices trophiques terrestres (TTI)
  - Pondération des espèces selon leurs rôles fonctionnels
- Perspectives dans le cadre du programme B.G.F.
  - ① Influence des phases sylviculturales sur distributions d'abondance
  - ② Etude de la redondance fonctionnelle
  - ③ Ajustement théorique vs. état de conservation à l'échelle des sites
- Perspectives
  - Pour une écodocimologie ???

# Lectures complémentaires I

-  Gerard, F. L'indispensable subjectivité de l' évaluation. *Antipodes* 156 (2002), 26–34.
-  Scholes, R. J., and Biggs, R. A biodiversity intactness index. *Nature* 434 (2005), 45–49
-  Chiarucci, A., Araujo, M. B., Decocq, G., Beierkuhnlein, C., and Fernandez-Palacios, J. M. The concept of potential natural vegetation : an epitaph ? *Journal of Vegetation Science* 21, 6 (2010), 1172–1178.

# Remerciements

- Aux membres du comité d'organisation de ce colloque pour leur invitations

Merci pour votre attention

