

ORGANISATION SPATIALE DE LA DIVERSITÉ DES ARBRES DES FORÊTS TROPICALES AUX ECHELLES RÉGIONALES :

*enjeux méthodologiques et application
dans les Ghâts occidentaux de l'Inde*

Raphaël Pélissier, Pierre Couteron, Olivier Hardy *et al.*



• Equipes :



Pélissier R., Ayyappan, N., Beeravolu C., Belna, K., Ramalingam, S., Ramesh, B. R., Venugopal, P. D.



Couteron, P., Munoz, F.



Hardy, O.

• Moyens :

- Subvention Ecosystème Tropicaux : 40 k€ sur 40 mois
- Bourse Post-Doc Lavoisier : F. Munoz sur 10 mois
- Bourse Doctorale IRD : C. Beeravolu sur 36 mois

• Productions :

- Articles scientifiques : 9 publiés, 3 soumis, 3 prêts à soumettre
- Colloques et ateliers : 4 internationaux, 1 national, 2 ateliers
- Mémoires et rapports : 1 HDR, 1 thèse, 3 rapports internes
- Programmes informatiques libres : 4

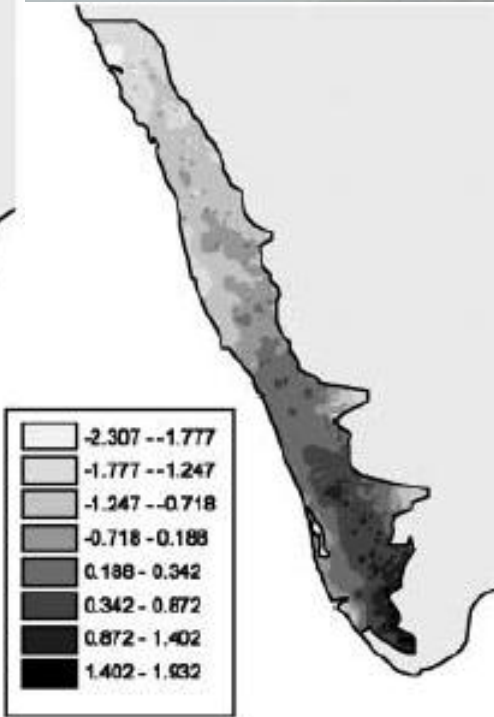
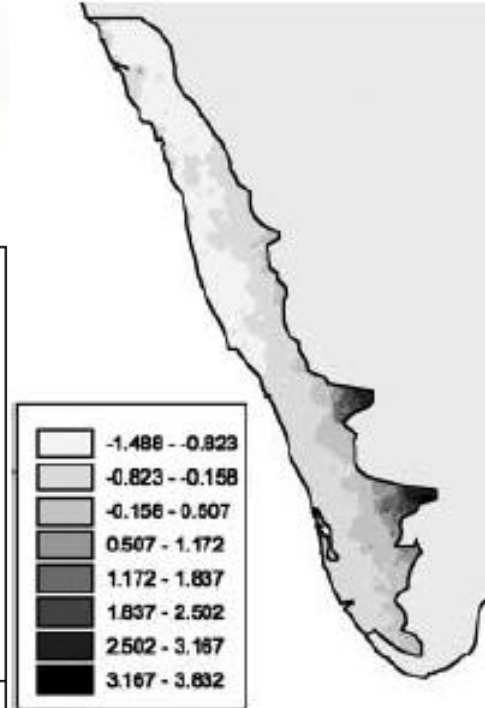
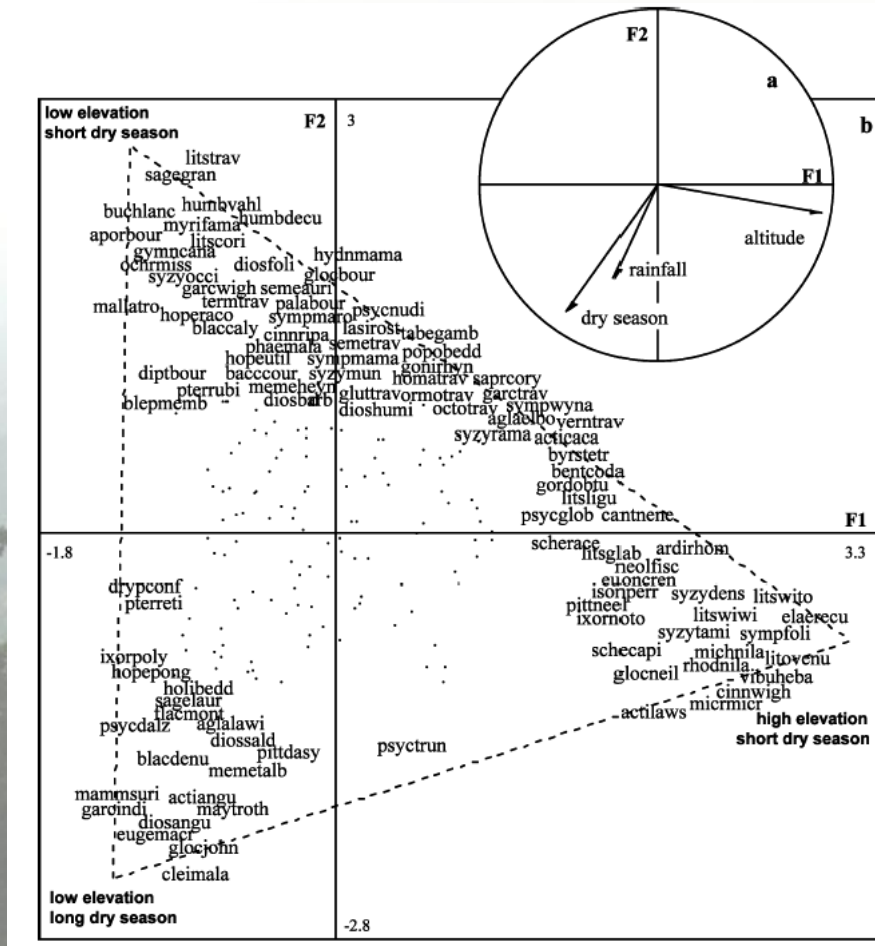
Objectifs principaux :

- Préciser les liens entre la **modélisation neutraliste** de la dynamique des communautés et l'**analyse phytoécologique** des relations entre espèces et environnement
- Tester ces méthodes sur les **forêts des Ghâts occidentaux de l'Inde** afin de mesurer l'importance relative de la **dispersion** et du **déterminisme environnemental** dans l'organisation spatiale de la diversité

Questions :

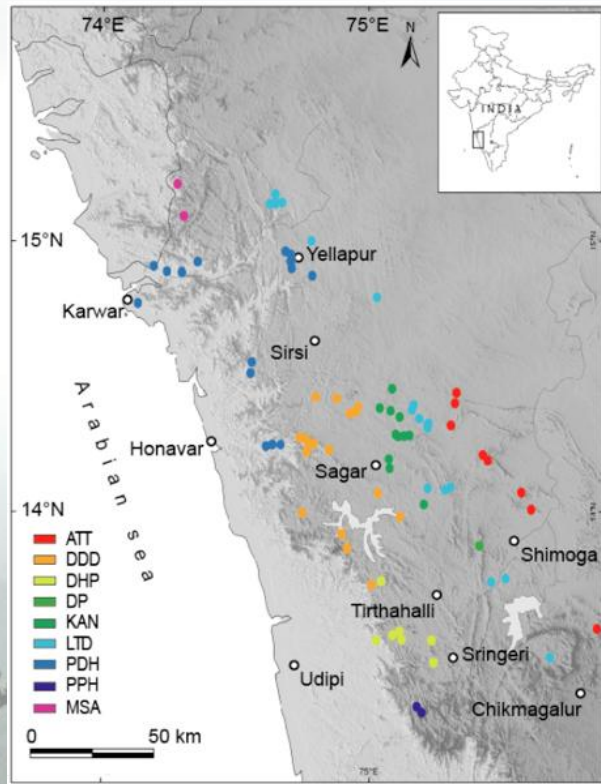
- Les paradigmes de la **niche écologique** et de **l'équilibre dérive-migration** sont-ils compatibles ?
- Amènent-ils une meilleure compréhension/caractérisation de **l'organisation spatiale de la diversité des forêts tropicales** ?

La niche écologique :



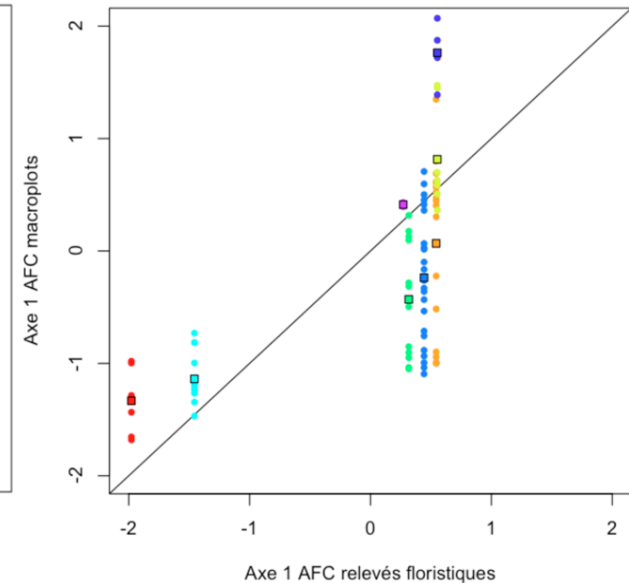
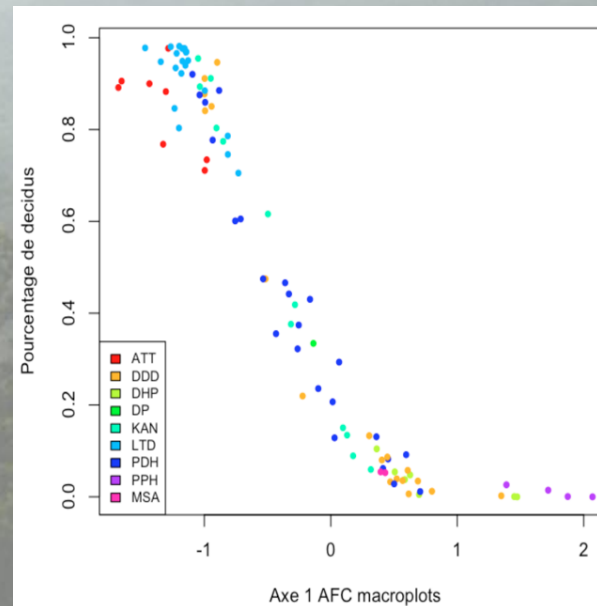
Source : Gimaret-Carpentier et al. 2003

La niche écologique :



Type forestier	N	P (mm)	T (°C)	MS (mois)
ATT = <i>Anogeissus latifolia</i> - <i>Tectona grandis</i> - <i>Terminalia tomentosa</i>	8	750-1500	> 20	5-8
DDD(+P) = <i>Dipterocarpus indicus</i> - <i>Diospyros candolleana</i> - <i>Diospyros oocarpa</i> (facies à <i>Poeciloneuron indicum</i>)	18	3500-7000	> 20 (alt. 0-850 m)	5-7
DHP = <i>Dipterocarpus indicus</i> - <i>Humboldtia brunonis</i> - <i>Poeciloneuron indicum</i>	7	5000-8000	> 20 (alt. 700-850 m)	4,5-5,5
DP = <i>Dipterocarpus indicus</i> - <i>Persea macrantha</i>	1	> 2000	> 20 (alt. 650-850 m)	5-6
KAN = <i>Diospyros</i> spp. - <i>Dysoxylum malabaricum</i> - <i>Persea macrantha</i> (facies édaphique ou kan forest)	12	1500-2000	23-24,5 (alt. 550-750 m)	6-7
LTD = <i>Lagerstroemia microcarpa</i> - <i>Tectona grandis</i> - <i>Dillenia pentagyna</i>	20	1500 - 2000	> 20	4-7
MSA = <i>Memecylon umbellatum</i> - <i>Syzygium cumini</i> - <i>Actinodaphne angustifolia</i>	2	5000-6500	17-23 (alt. 700-1400 m)	5-7
PDH = <i>Persea macrantha</i> - <i>Diospyros</i> spp. - <i>Holigarna</i> spp.	24	2000-6000	> 23 (alt. 0-800 m)	6-7
PPH = <i>Palaquium ellipticum</i> - <i>Poeciloneuron indicum</i> - <i>Hopea ponga</i>	4	5000-7000	18-20 (alt. 750-1300 m)	4-5

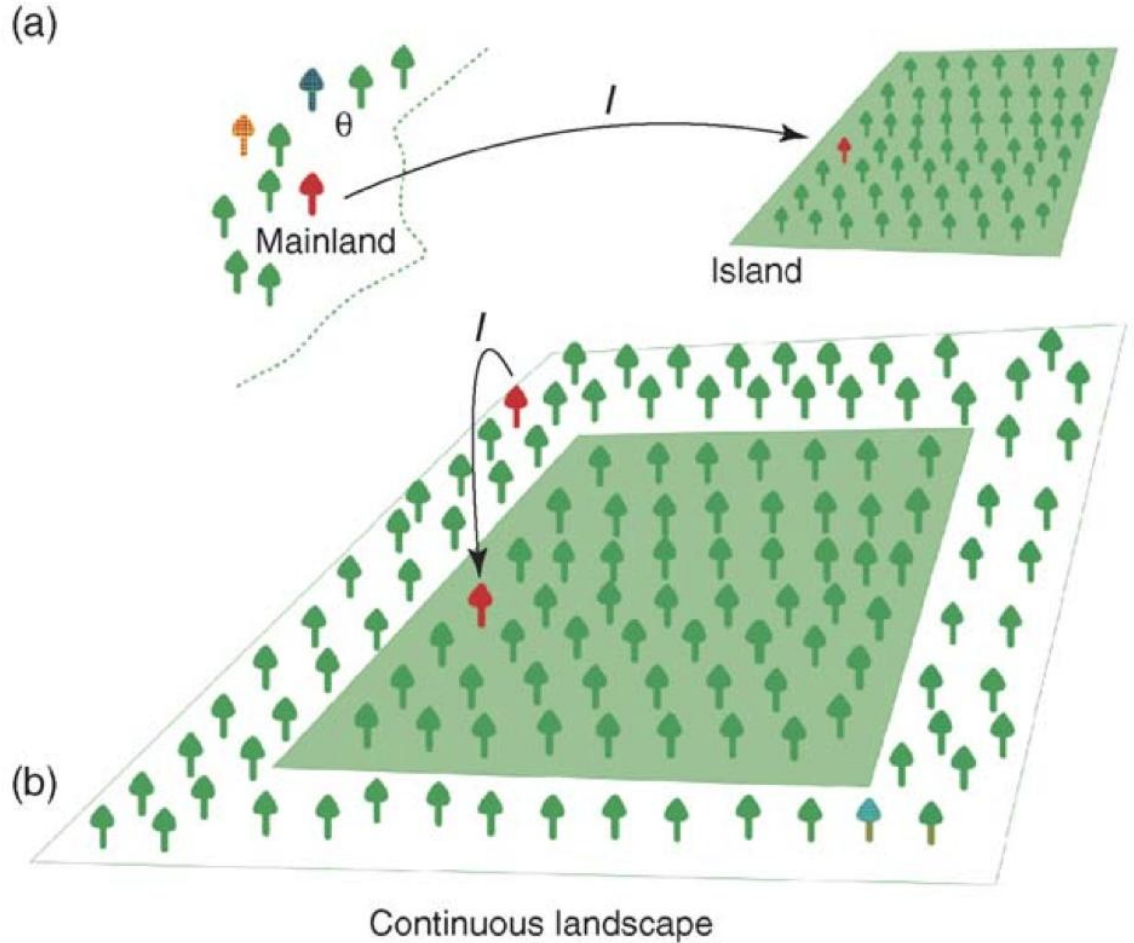
D'après Pascal 1984



Limites de la niche écologique :

- **Vision statique** des communautés supposées en équilibre avec les conditions de milieu
- La **composition pas toujours prédictible** par l'habitat seul, notamment dans le domaine sempervirent
- **Pas de preuve empirique, ni de modèle théorique** montrant que les effets de niche permettent la coexistence de plusieurs centaines d'espèces, notamment la persistance d'un **grand nombre d'espèces rares**

L'équilibre dérive-migration :



Source : Alonso et al. 2006

Théorie de la biogéographie des îles (MacArthur et Wilson 1967)

Théorie neutre de la biodiversité (Hubbell 2001)

Le modèle neutre d'Hubbell (2-LSINM) :

- Prédiction de la **diversité alpha** d'une communauté locale

Métacommunauté

(équilibre spéciation-extinction)

$$f(\theta) = P_1, P_2, \dots$$

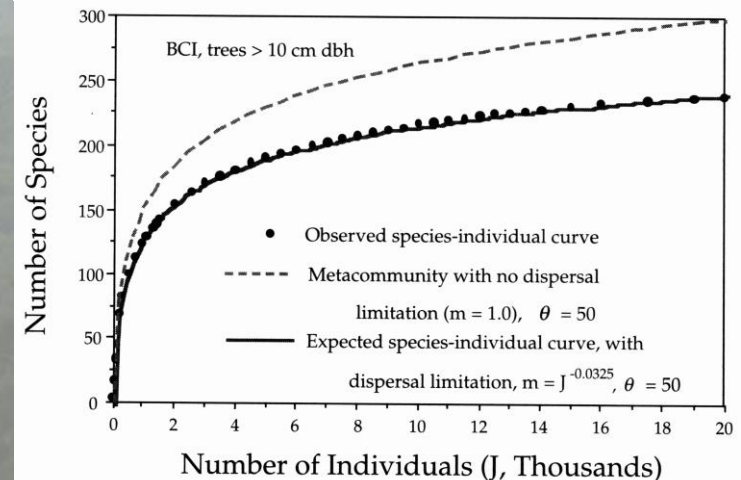
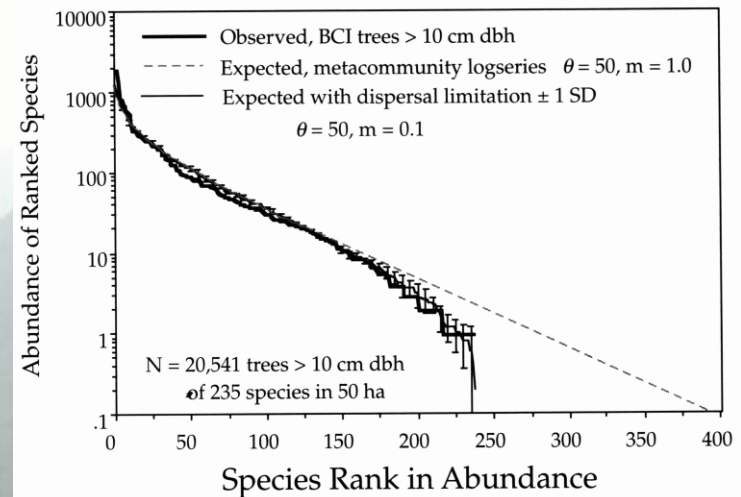
θ = nombre fondamental de biodiversité

Taux de migration : $m < 1$

$$f(\theta, m) = N_1, N_2, \dots$$

Communauté locale

(équilibre dérive-migration)



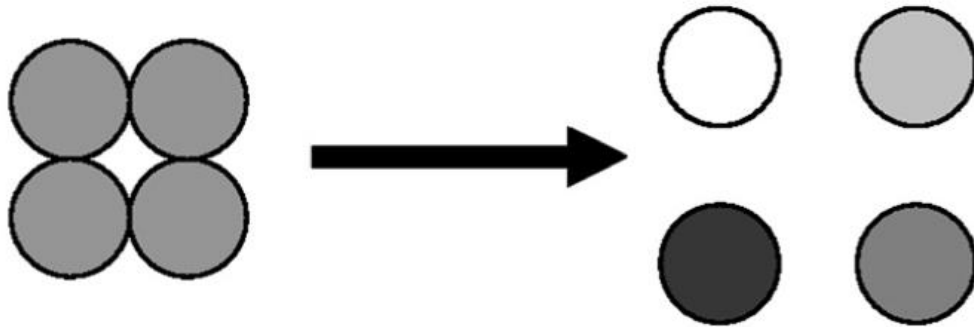
Source : Hubbell 2001

Intérêt du débat pour la gestion :

- La polémique « **Single Large Or Several Small** » (Simberloff & Abele 1982)

A surface totale constante :

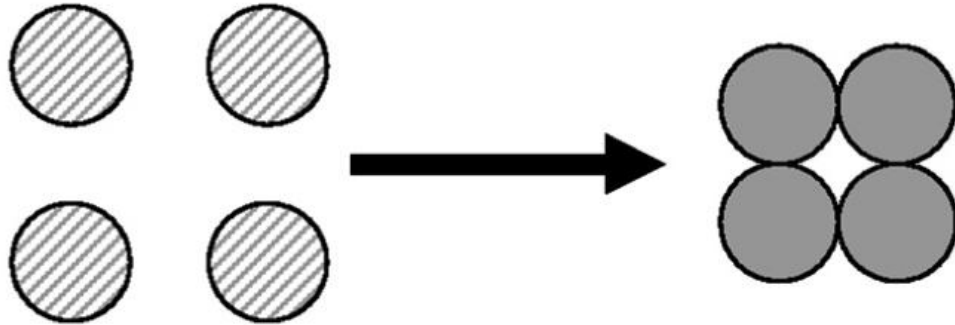
a) Si la distance entre les réserves **augmente**



=> diminution du « niche overlap » (théorie de la niche)

=> **diversité accrue** dans un réseau de **petites réserves**

b) Si la distance entre les réserves **diminue**



=> moins d'extinctions locales par augmentation des migrations (théorie neutre)

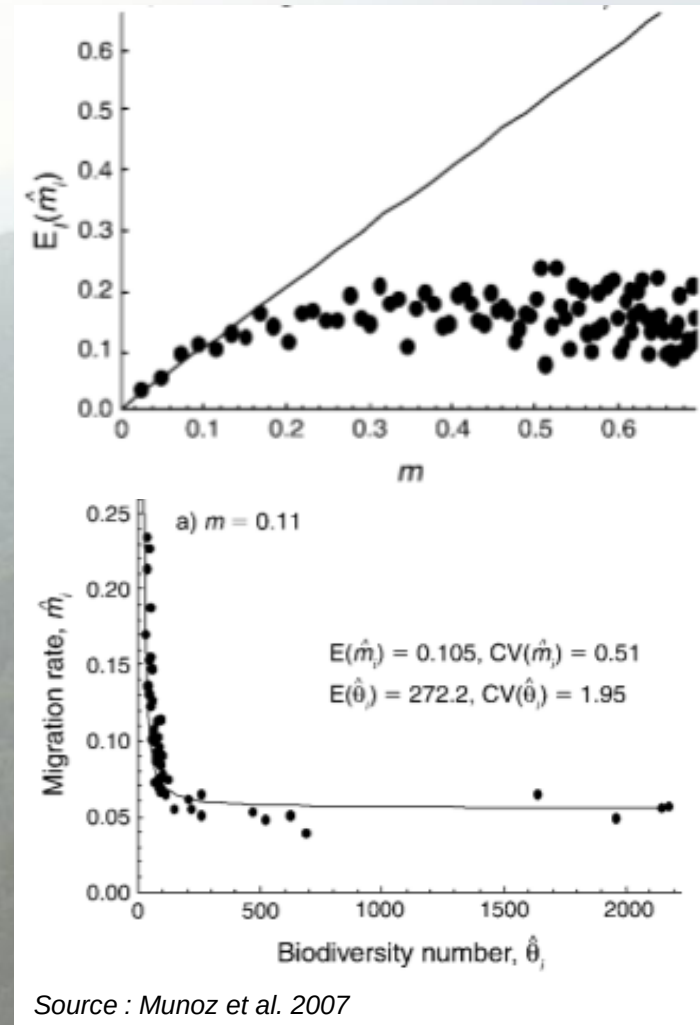
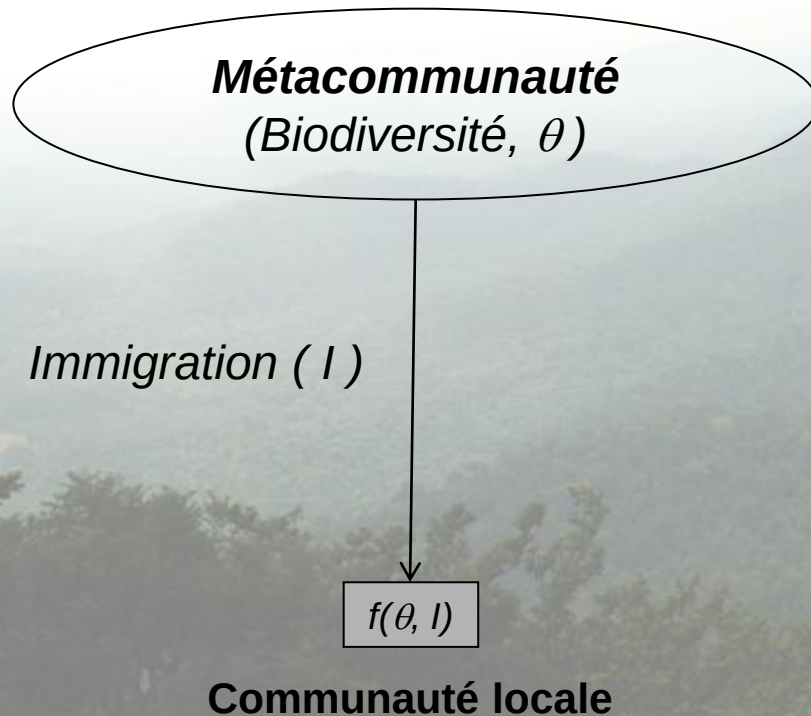
=> **diversité accrue** dans une seule **grande réserve**

Source : Tjorve 2010

Application du modèle neutre à un réseau de parcelles :

- Biais d'estimation conjointe de θ et m (I) par la formule d'Etienne (2005)

Modèle 2L-SINM d'Hubbell (2001)

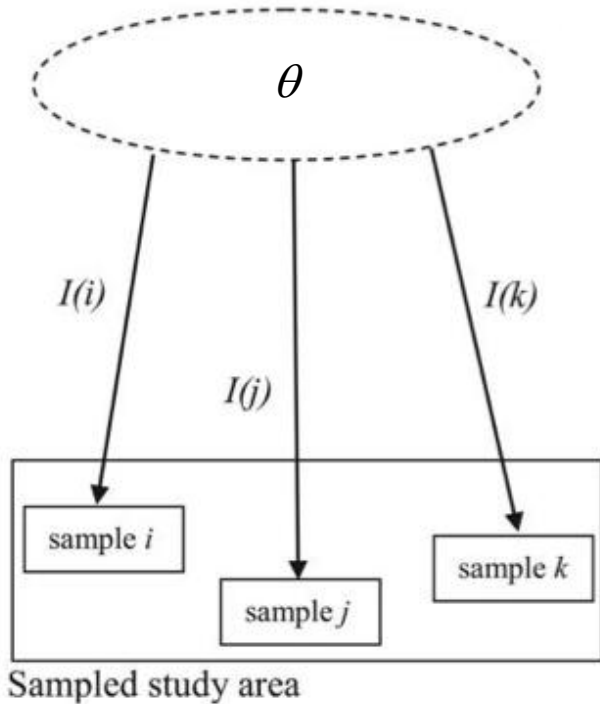


Source : Munoz et al. 2007

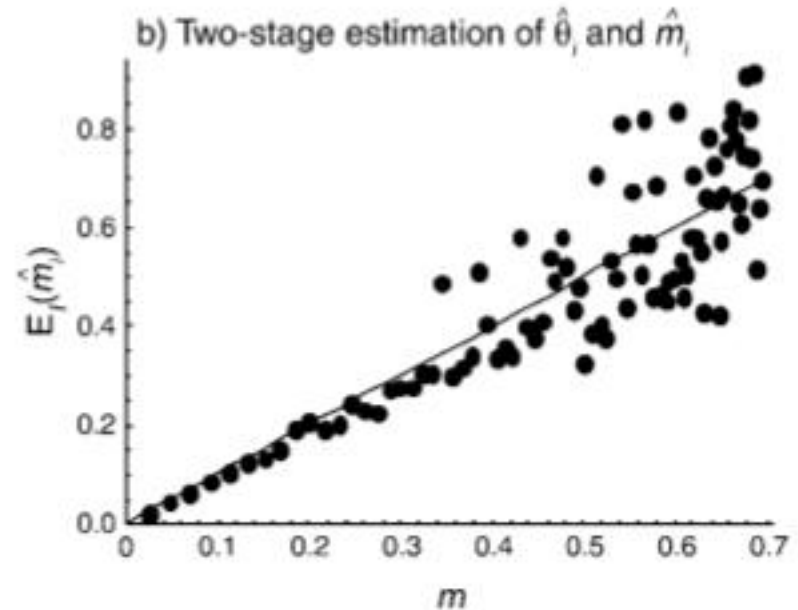
Deux améliorations du modèle neutre :

- Estimations séquentielles de θ et $I(k)$

2L-SINM



Source : Munoz et al. 2008



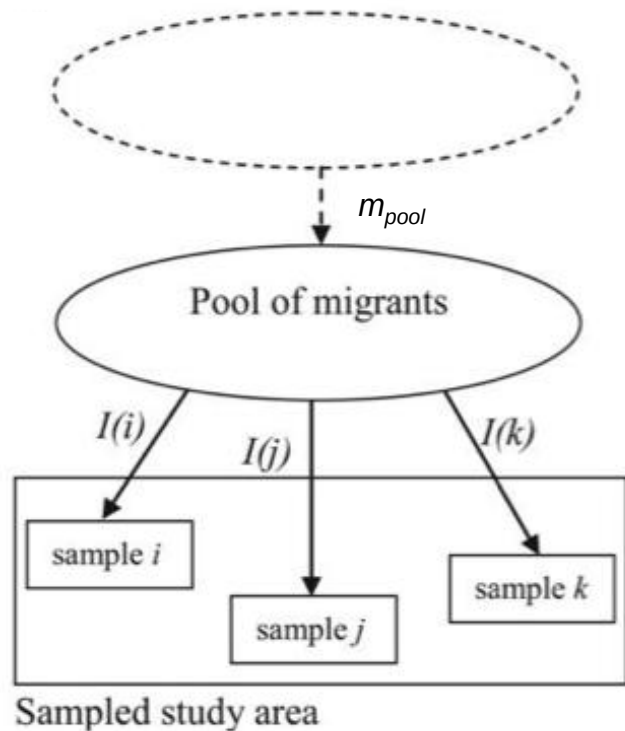
Source : Munoz et al. 2007

I variables selon les parcelles (diversité beta)

Deux améliorations du modèle neutre :

- Estimations des $I(k)$ par $G_{ST}(k)$

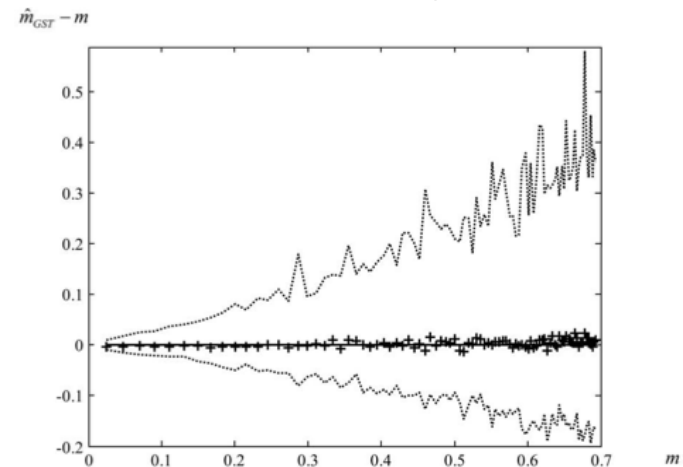
3L-SINM



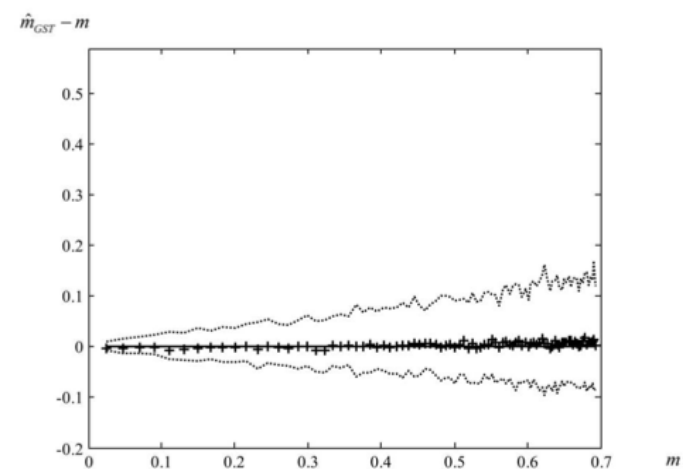
Source : Munoz et al. 2008

Relâchement des hypothèses
sur la métacommunauté

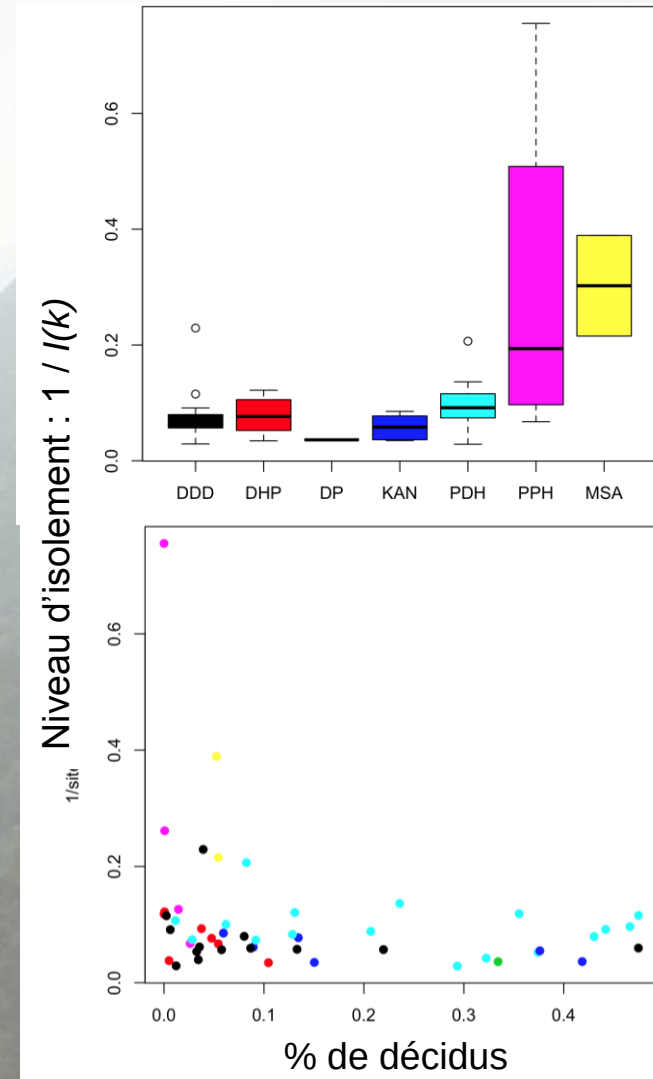
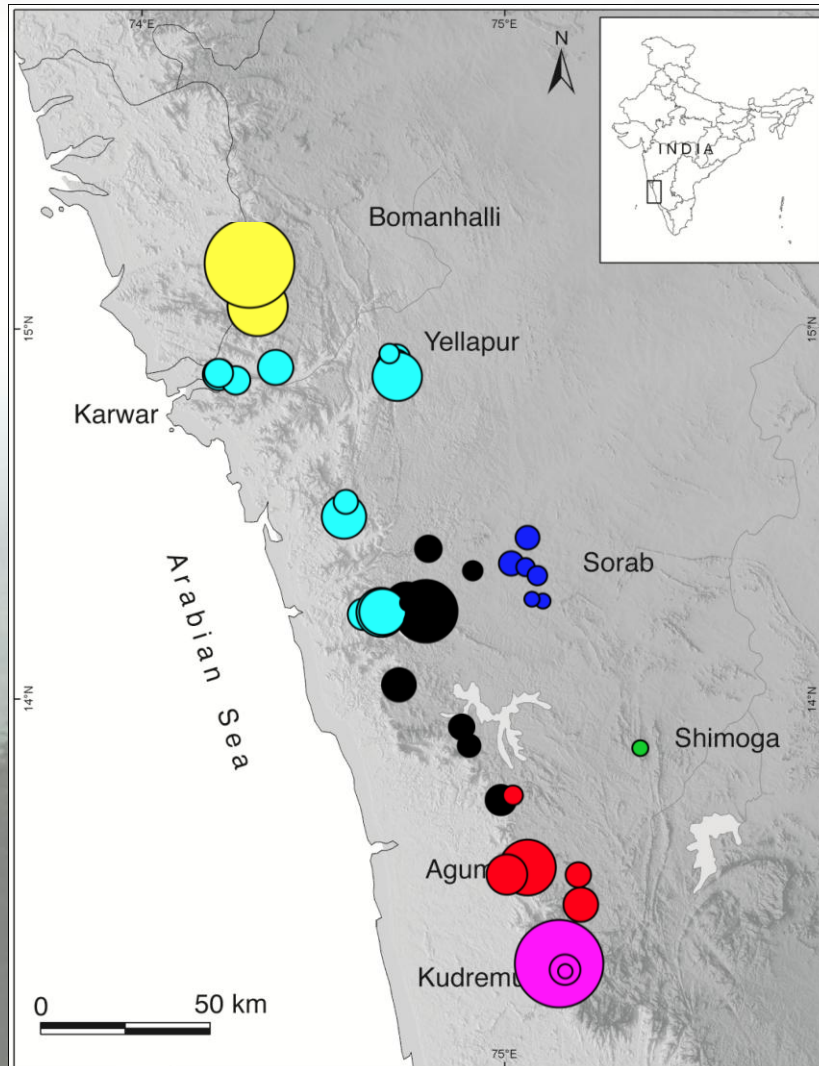
Sans migration limitée ($m_{pool} = 1$)



Migration fortement limitée ($m_{pool} = 0,01$)



Niveau d'isolement apparent d'une communauté locale : $1 / I(k)$



Autres pistes explorées et résultats obtenus :

- Etude des propriétés d'échantillonnage de la statistique $I(k)$
- Décomposition du niveau d'isolement des communautés locales $I(k)$ entre effets de l'environnement et de la migration
- Comparaison des estimations obtenues par les modèles neutres hiérarchiques et en espace continu
- Tests de l'hypothèse neutraliste du point de vue de ces attendus en termes de structure phylogénétique des communautés

Listes des publications relatives au projet :

- ◆ Munoz *et al.* 2007. Estimating parameters of neutral communities: from one Single Large to Several Small samples. *Ecology*, 88: 2482-2488.
- ◇ Pélissier & Couteron 2007. An operational, analytical framework for species diversity partitioning and beta-diversity analysis. *Journal of Ecology*, 95: 294-300.
- ◇ Hardy 2008. Testing the spatial phylogenetic structure of local communities: statistical performances of different null models and test statistics on a locally neutral community. *Journal of Ecology*, 96: 914-926.
- ◇ Hardy & Jost 2008. Interpreting and estimating measures of community phylogenetic structuring. *Journal of Ecology*, 96: 849-852.
- ◆ Munoz *et al.* 2008. Beta-diversity in spatially implicit neutral models: a new way to assess species migration. *The American Naturalist*, 172: 116-127.
- ◇ Pélissier *et al.* 2008. Analyzing or explaining beta diversity? Comment. *Ecology*, 89: 3227-3232.
- ◆ Beeravolu *et al.* 2009. Studying ecological communities from a neutral standpoint: a review of models' structure and parameter estimation. *Ecological Modelling*, 220: 2603-2610.
- ◆ Ramesh *et al.* 2010a. Mesoscale patterns in the floristic composition of forests in the central Western Ghats of Karnataka, India. *Biotropica*, 42: 435-443.
- ◆ Ramesh *et al.* 2010b. Forest stand structure and composition in 96 sites along environmental gradients in the central Western Ghats of India. *Ecology*, 91: 3118.
- ◆ Munoz & Couteron 2010. Unbiased estimation of immigration in neutral communities using the $G_{ST}(k)$ statistic: analytical results and practical insights. *Submitted*.
- ◇ Pélissier *et al.* 2010. Twenty years tree demography in an undisturbed dipterocarp Permanent Sample Plot at Uppangala, Western Ghats of India. *Submitted*.
- ◆ Beeravolu *et al.* 2010. Does spatially implicit neutral migration limitation imply seed dispersal limitation among tropical forest communities? *To be submitted*.
- ◇ Dray *et al.* 2010. Community ecology in the age of spatial analysis. *To be submitted*.
- ◇ Hardy *et al.* 2010. Phylogenetic turnover in tropical tree communities: impact of biogeography and environmental filtering along a rainfall gradient. *To be submitted*.
- ◆ Munoz *et al.* 2010. Immigration intensity as measured by a neutral approach at several taxonomic levels: insights from tropical forests in India and Central America. *To be submitted*.