

Connectivité fonctionnelle des réseaux écologiques

Interactions entre grains des paysages et comportements de dispersion

Michel Baguette

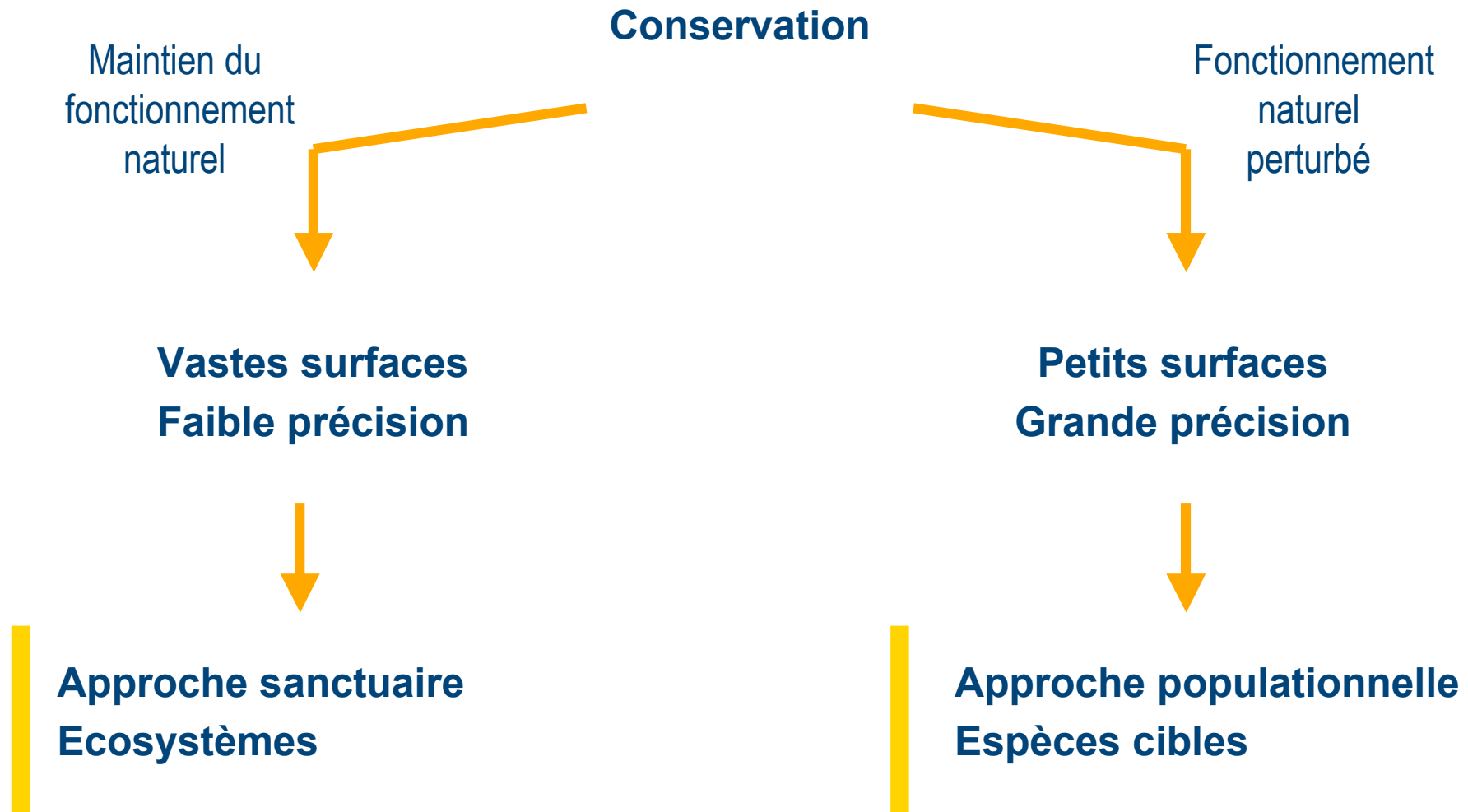
Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

CNRS UMR MNHN 7179

Mécanismes adaptatifs: des organismes aux communautés



Deux approches en biologie de la conservation, suivant l'état de naturalité du paysage



Boîte noire

Dynamique des
populations:

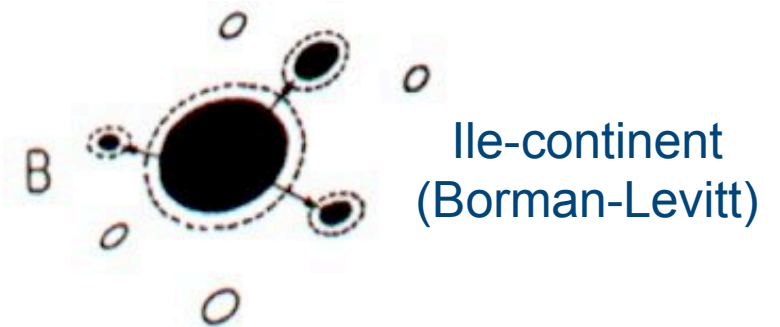
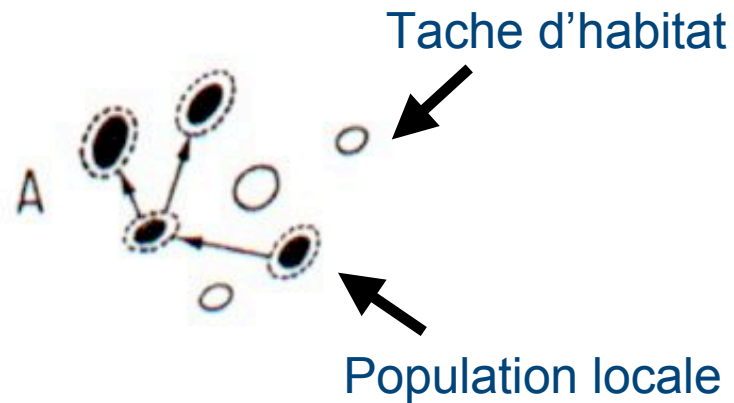
$$N_{t+1} = N_t + B - D + \text{[Boîte noire]} \quad (1950)$$

Les populations sont structurées dans l'espace (1990):

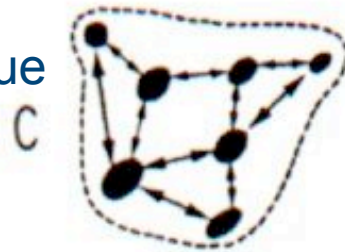
- B, D: démographie des populations locales
- I, E: démographie de la population de populations (*métapopulation*) dans le paysage
 - (re)colonisation
 - effet de sauvetage (rescue effect)
 - > moteurs de la dynamique de la métapopulation,
 - > responsables du mode de distribution de l'espèce à l'échelle du paysage

Distribution d'une espèce dans le paysage

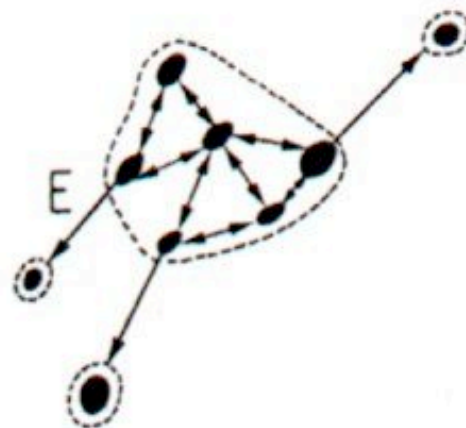
Métopopulation
(Levin)



Population mosaïque



Archipel

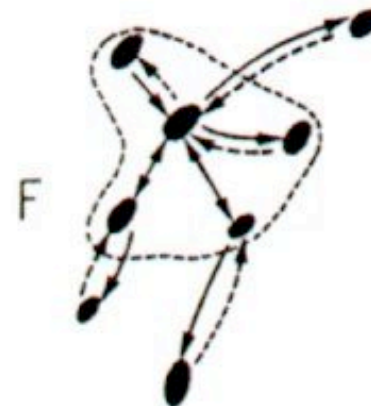


Extinction

Populations
locales isolées



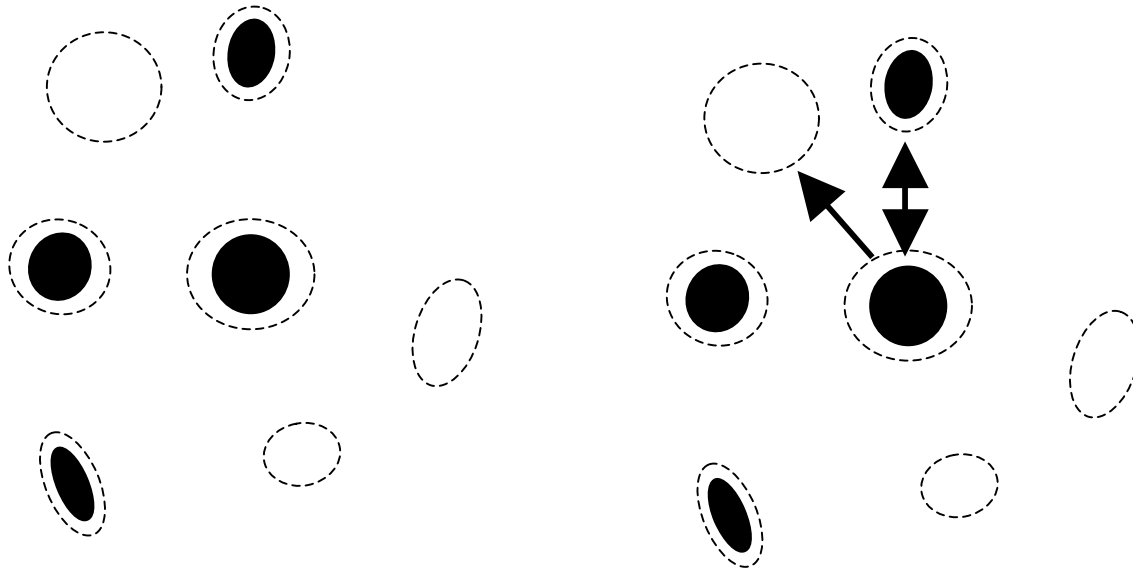
Puits-source



Conséquences de l'isolement: la spirale de l'extinction



Eviter l'isolement: augmenter la connectivité



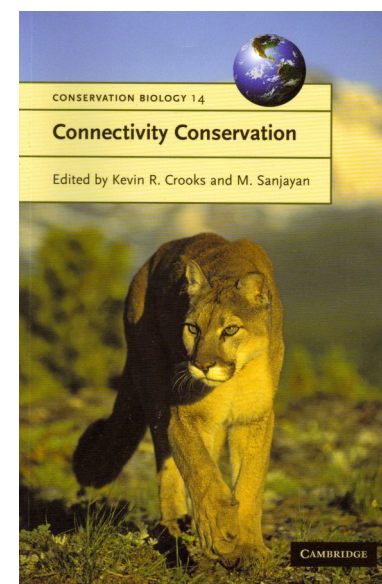
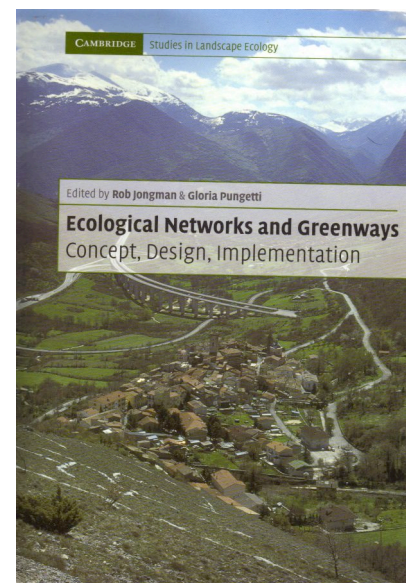
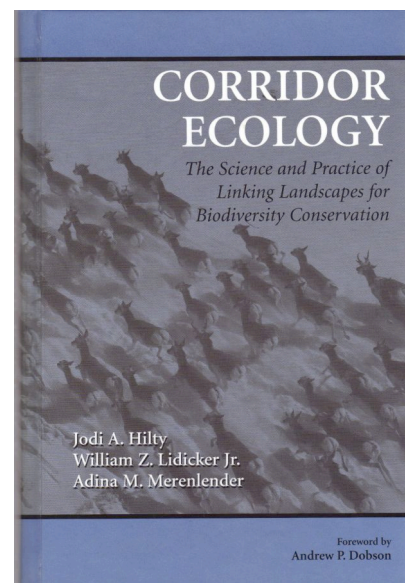
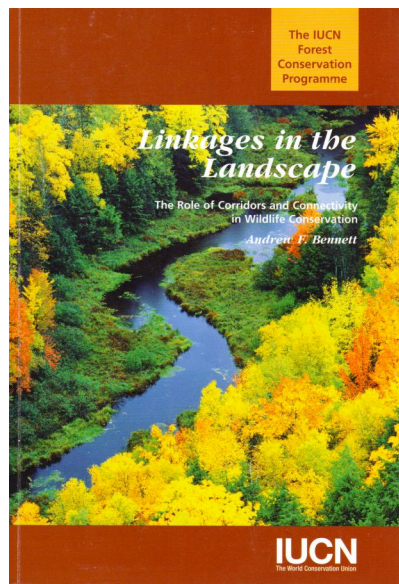
Analyse de viabilité des (méta)populations

- dynamique des populations locales
- modélisation de la connectivité

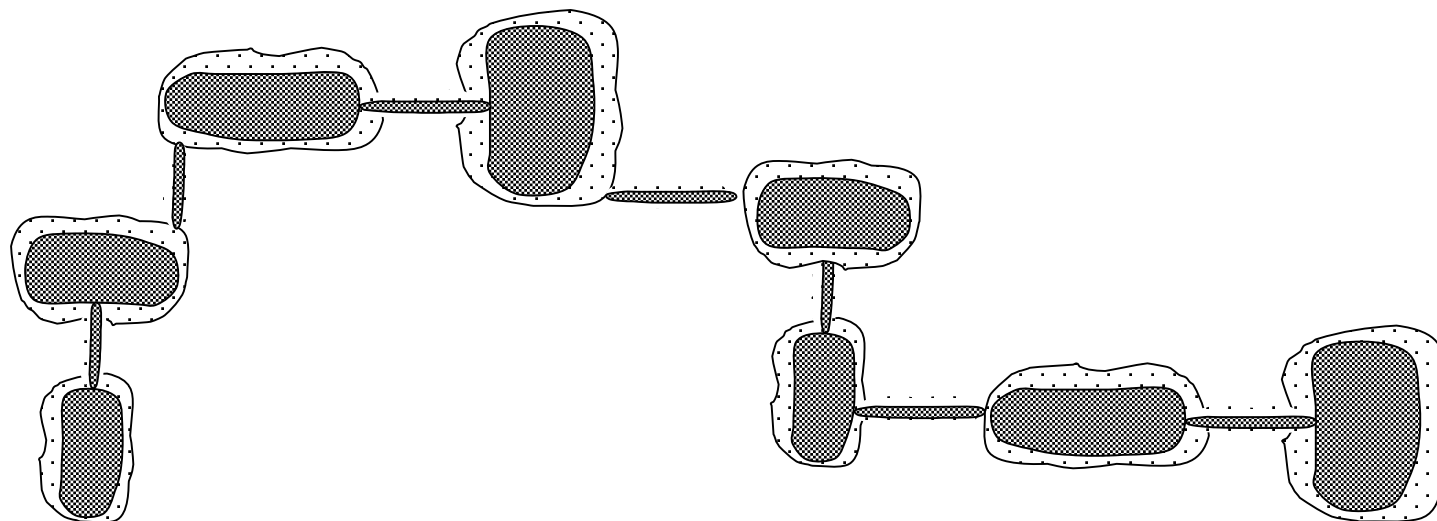


Proposition de scénarios

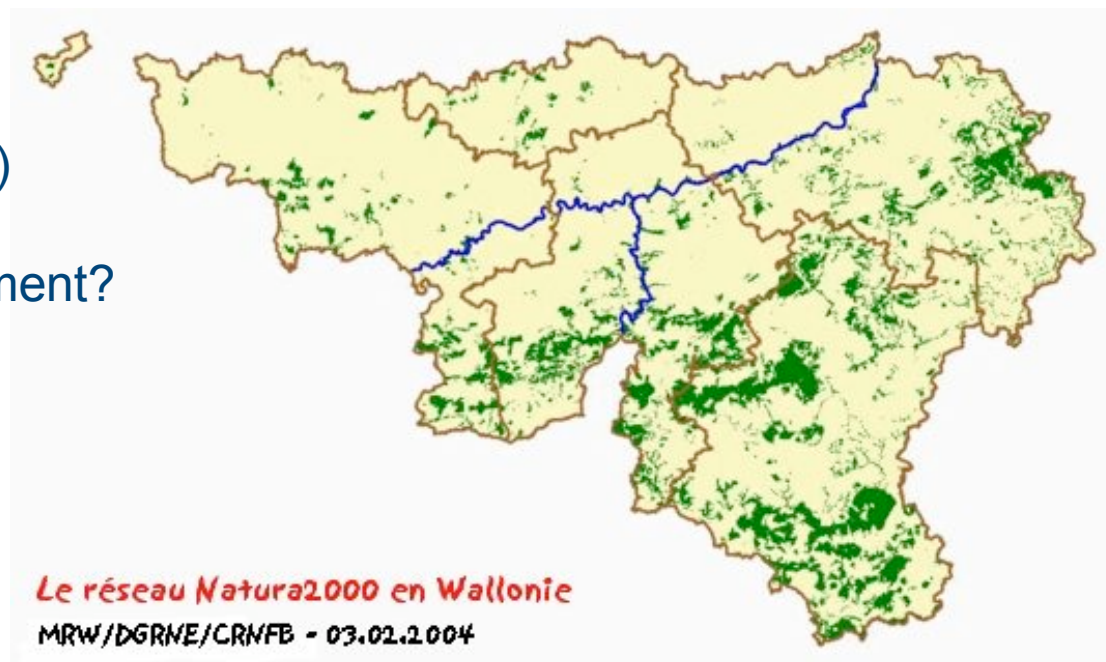
- d'aménagement du territoire
- de priorités en matière de gestion/restauration d'habitats favorables



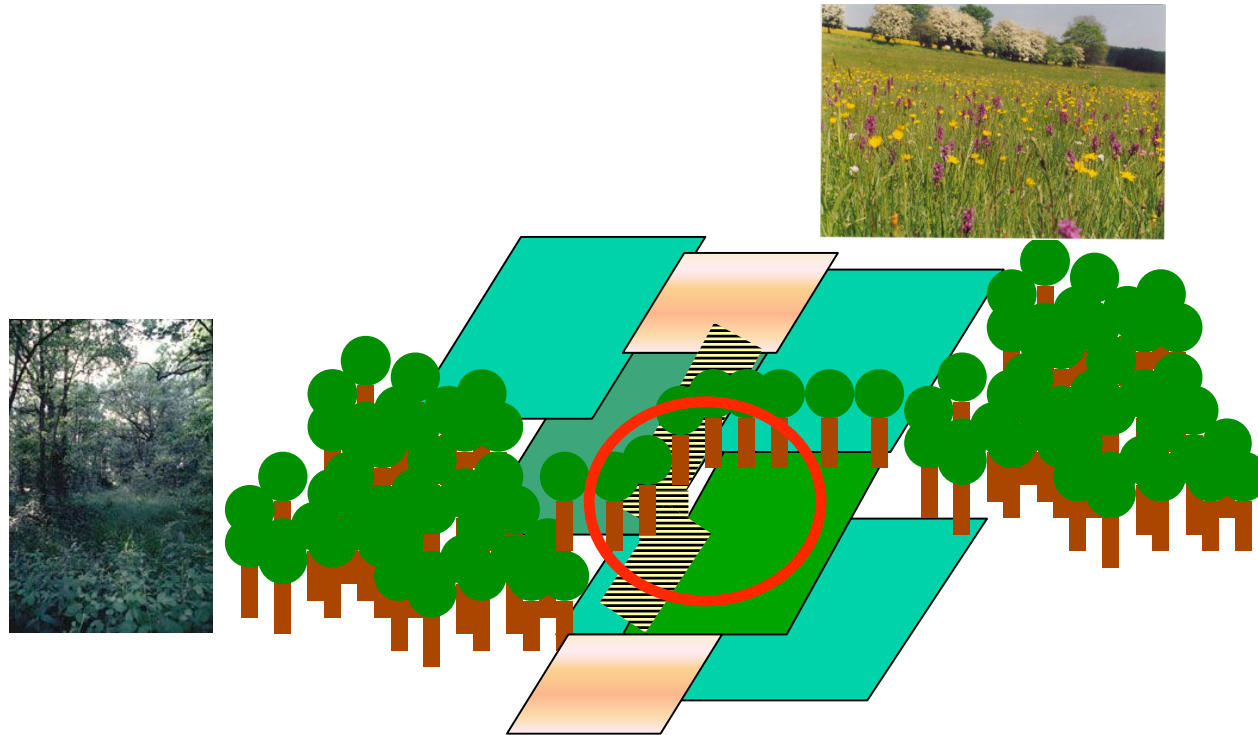
Connectivité structurelle: propriété du paysage



- ➔ approche habitat (=écosystème)
 - quels habitats?
 - dans quel état d'appauvrissement?
- ➔ conflits possibles
 - entre écosystèmes
 - entre organismes



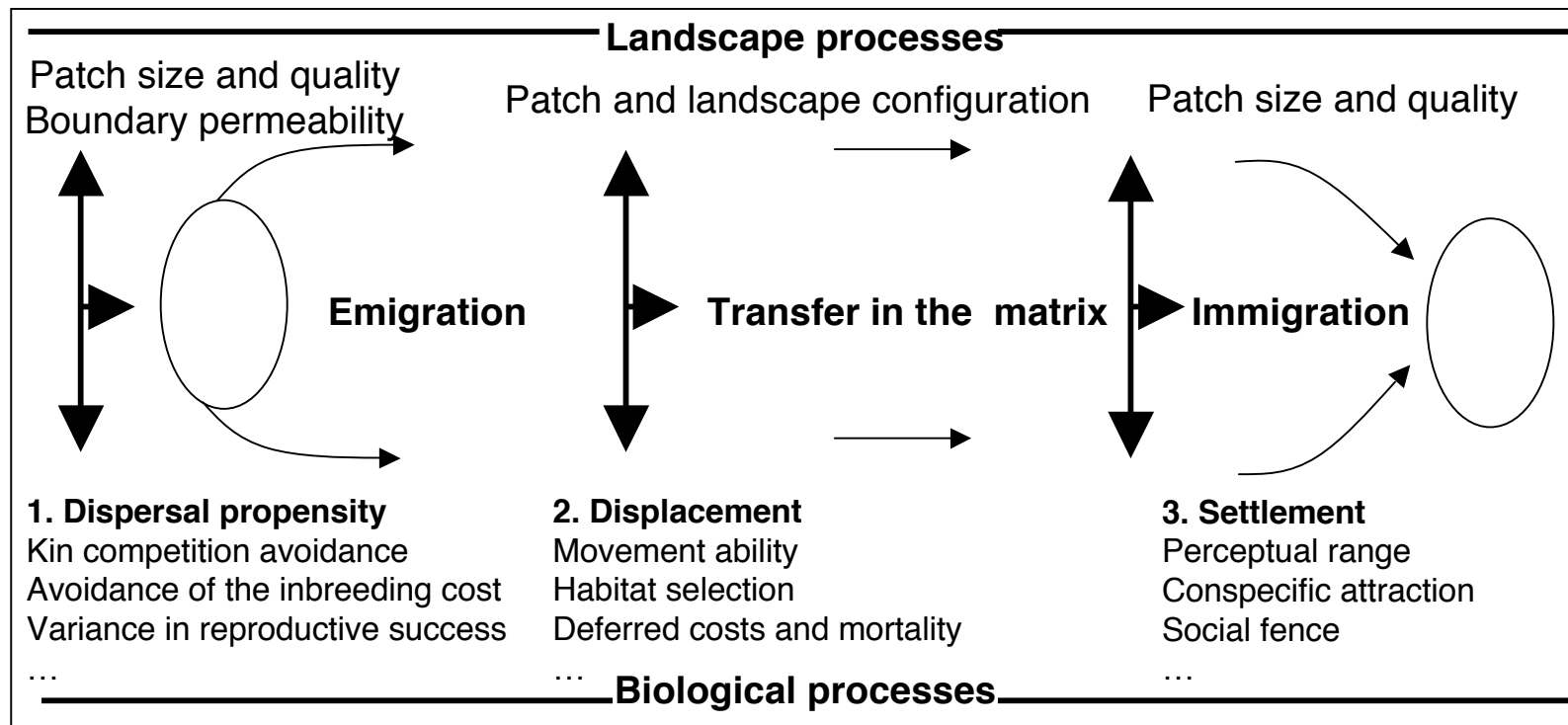
Premier message en aménagement du territoire



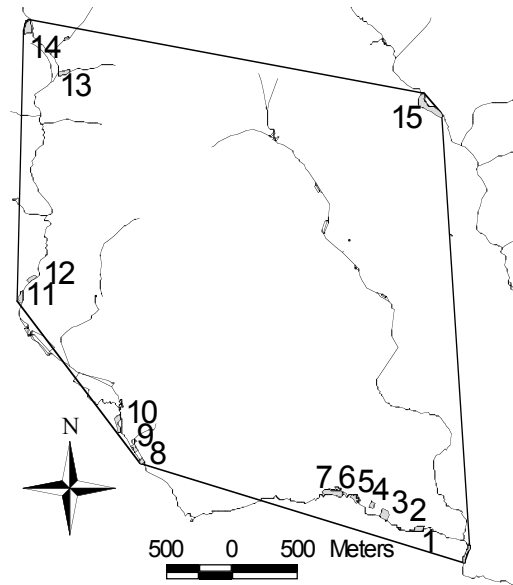
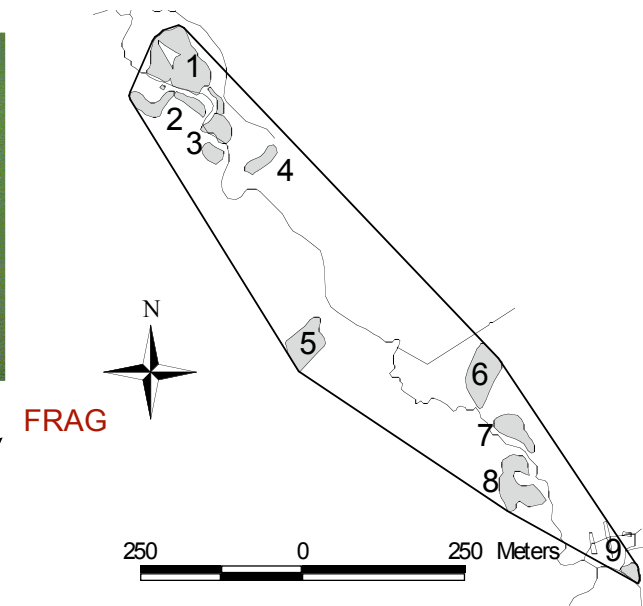
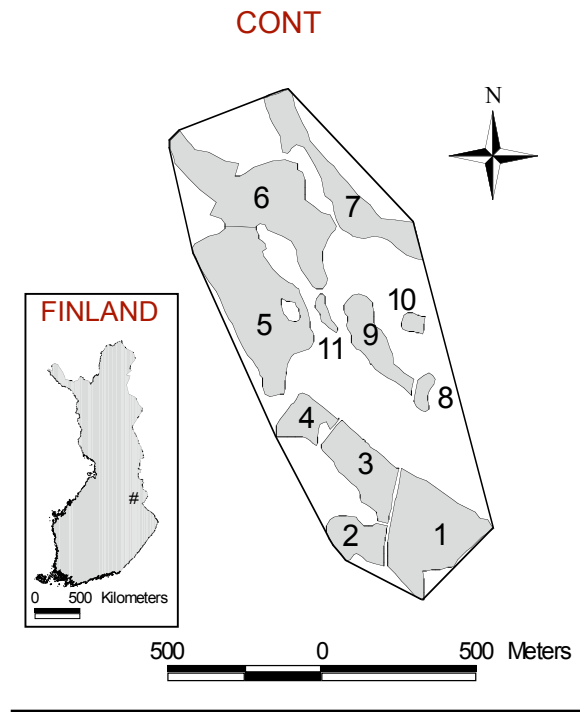
- Un paysage contient DES réseaux écologique (et pas UN réseau écologique)

Dispersion: trait individuel, paramètre clé du fonctionnement des métapopulations

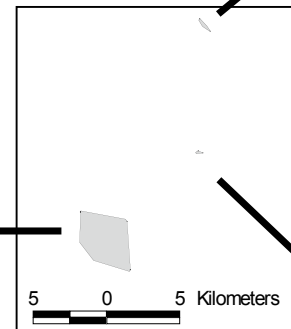
Interactions processus biologiques - configuration du paysage



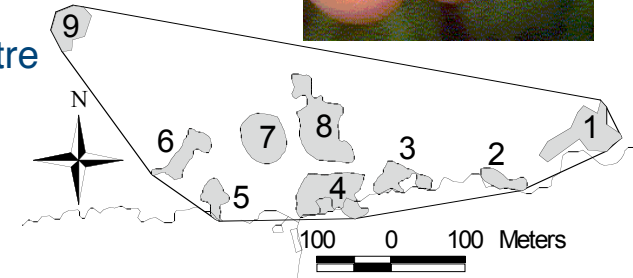
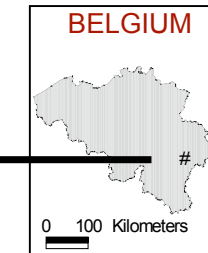
Quatre paysages suivant un gradient de fragmentation



HIFRAG



AGREG



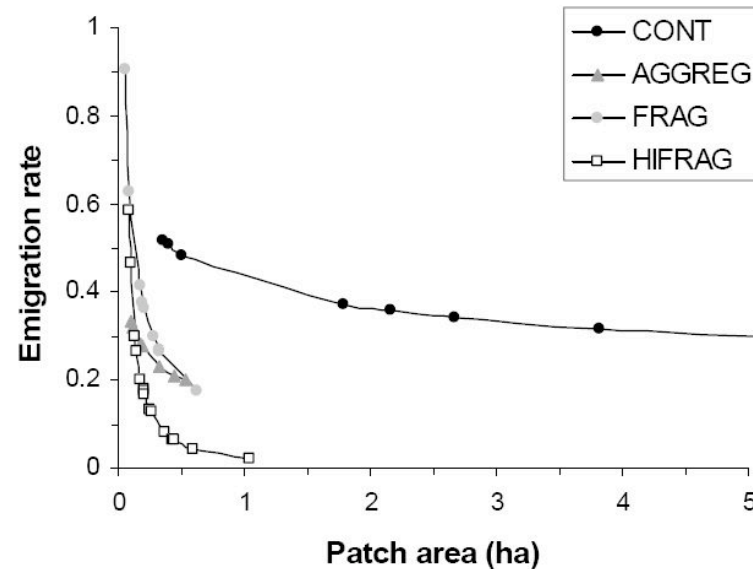
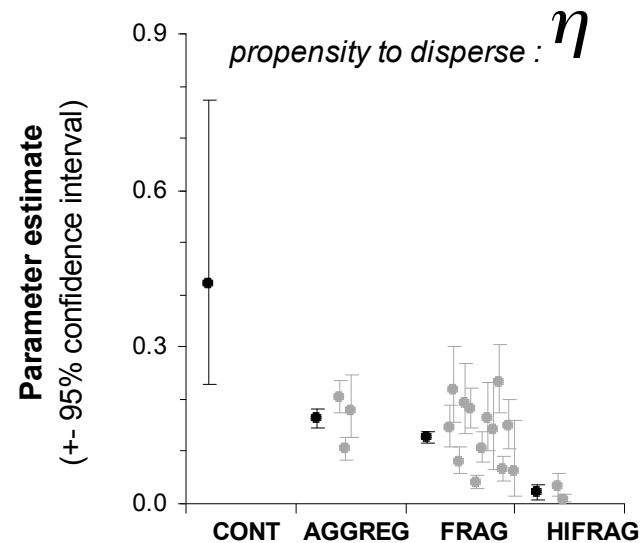
- 19 jeux de données CMR collectés entre 1992 et 2005
- 6779 individus marqués, 15573 captures, 2725 mouvements de dispersion

Changement de la propension à émigrer

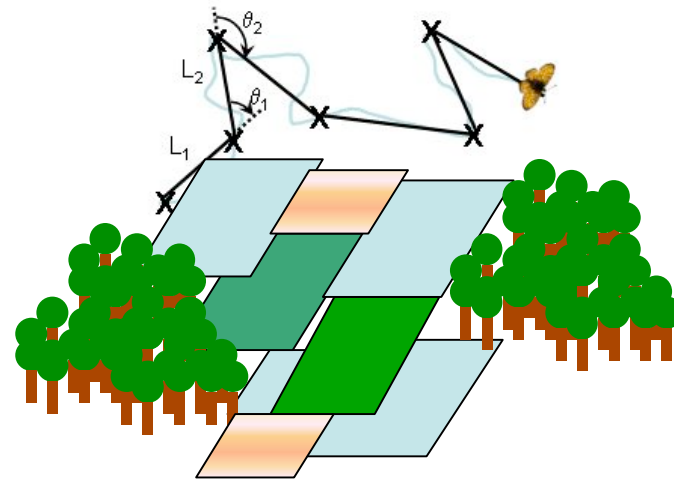
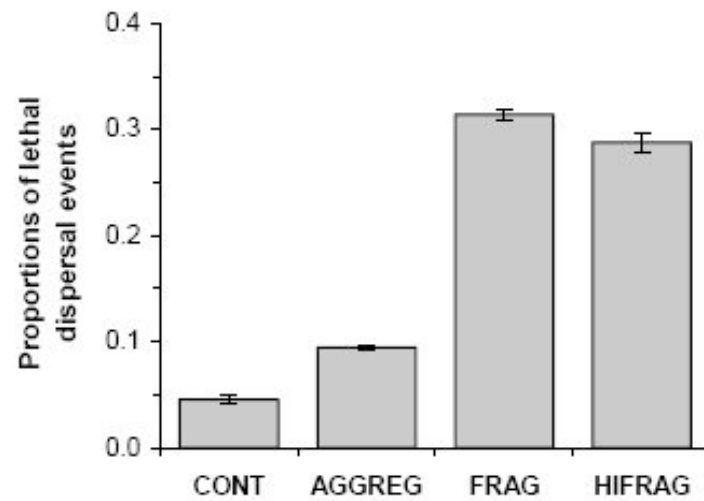
✕ Virtual Migration model (VM)

Hanski, I., J. Alho, and A. Moilanen. 2000. Estimating the parameters of survival and migration of individuals in metapopulations. *Ecology* 81, 239-251.

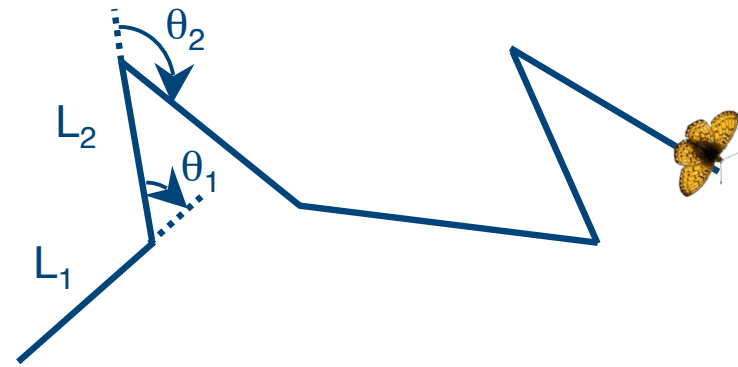
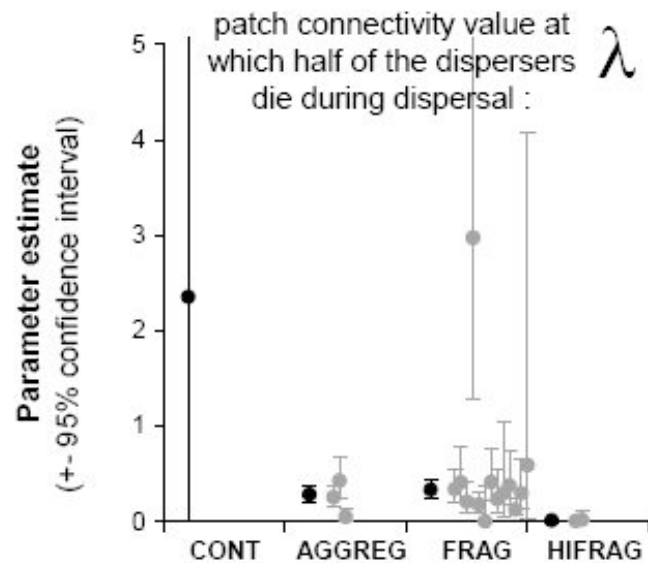
- ✕ Forte diminution de la propension à émigrer lorsque le grain du paysage se relâche
- ➔ les taux d'émigration diminuent dans les paysages fragmentés



Augmentation de la mortalité durant la dispersion



Meilleure survie durant la dispersion



✗ La connectivité structurelle à laquelle la moitié des individus dispersants meurent diminue lorsque le grain du paysage se relâche

→ Les individus survivent mieux à la dispersion dans les paysages fragmentés, pour une valeur donnée de connectivité structurelle¹

→ Changements dans la morphologie du mouvement²

→ Sélection d'attributs morphologiques et physiologiques

✗ Ailes plus longues chez un zygoptère³

✗ Taux métabolique plus élevé chez un papillon⁴

¹Schtickzelle, N., Mennechez, G. & Baguette, M. (2006) Dispersal depression with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly. *Ecology*, 87, 1057-1065

²Schtickzelle, N. & Baguette, M. (2003) Behavioural responses to habitat patch boundaries restrict dispersal and generate emigration-patch area relationship in fragmented landscapes with low quality matrix. *Journal of Animal Ecology*, 72, 533-545.

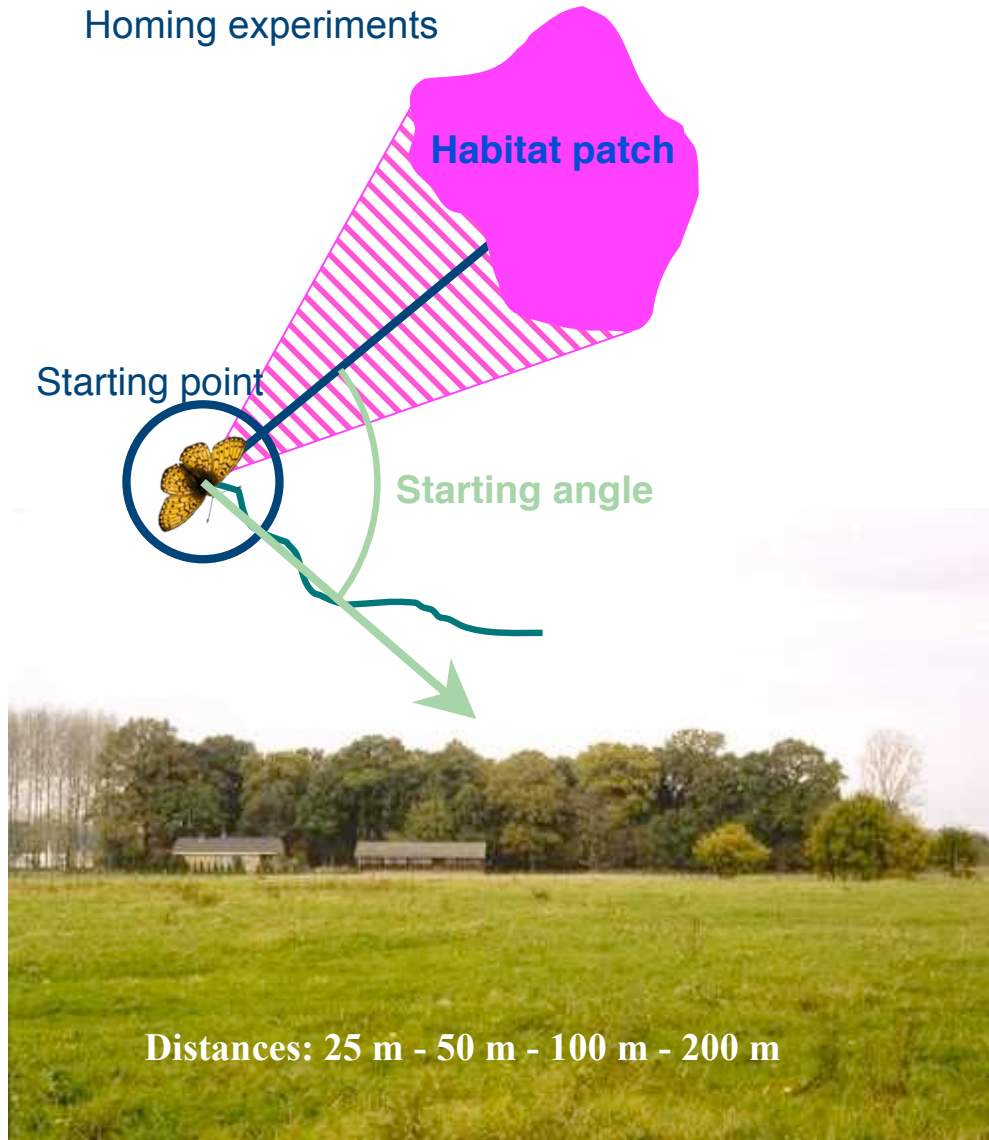
²Schtickzelle, N., Joiris, A., Van Dyck, H. & Baguette, M. (2007). Quantitative analysis of changes in movement behaviour within and outside habitat in a specialist butterfly *BMC Evolutionary Biology*, 7, 4

³Taylor P.D. & Merriam G. (1995) Wing morphology of a forest damselfly is related to landscape structure. *Oikos* 73, 43-48

⁴Hanski I., Eralahti C., Kankare M., Ovaskainen O. & Siren H. (2004) Variation in migration propensity among individuals maintained by landscape structure. *Ecology letters* 7, 958-966

Double distance de perception

Homing experiments

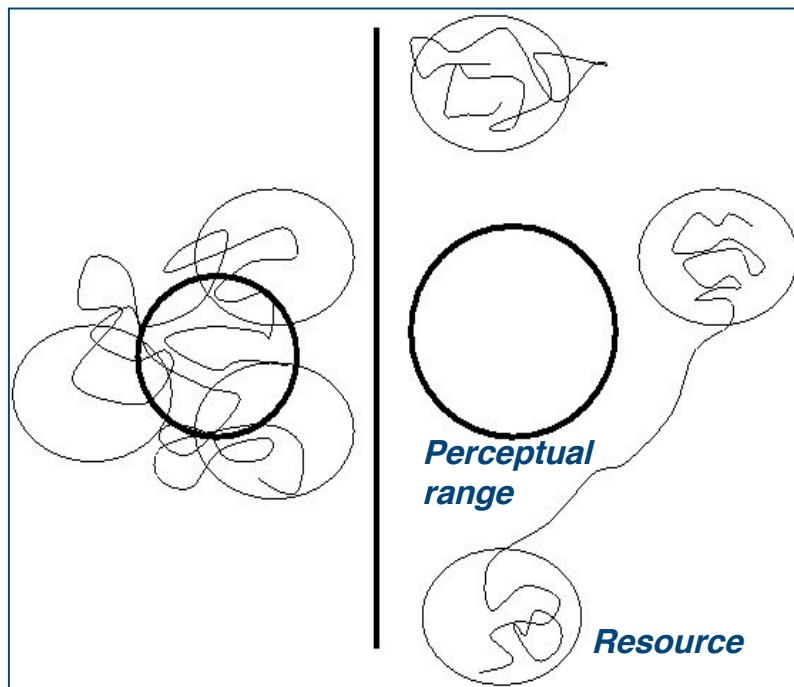


Directedness toward habitat (Rayleigh tests)

Distance	Forest (CONT)	Agricultural (FRAG)
25 m	0.00	0.00
50 m	0.02	0.01
75 m	0.12	0.00
100 m	0.82	0.01
125/150 m	0.41	0.65
175/200 m	0.32	-

Deuxième message en aménagement du territoire

- ➔ Augmentation des distances de dispersion
- ➔ Augmentation des coûts associés/délayés et du risque de mortalité
- ➔ Changements à chacune des trois étapes du processus de dispersion

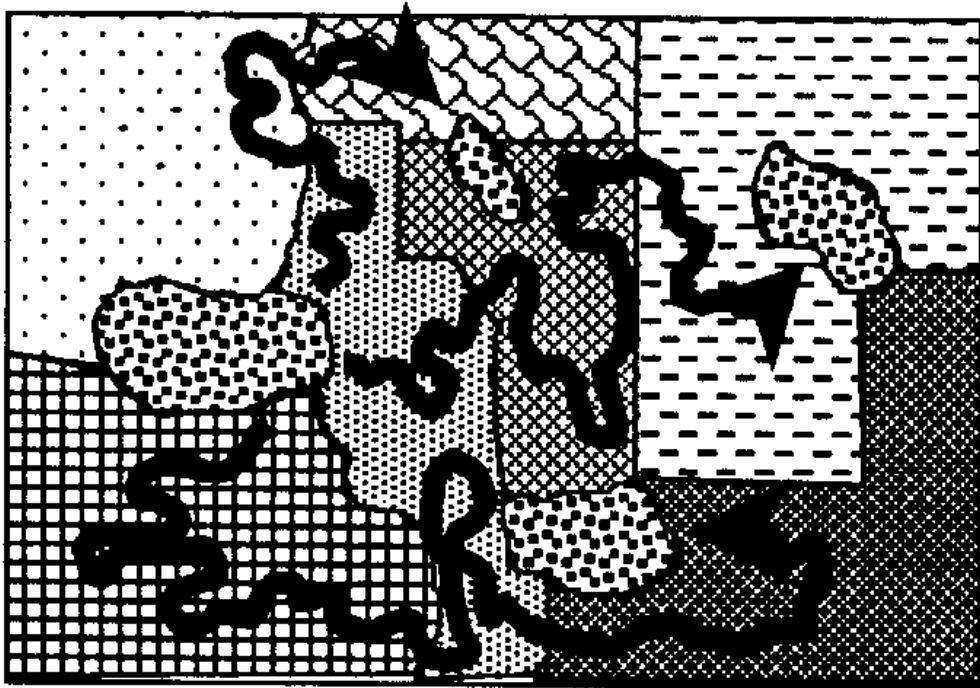


- diminution de la propension à se disperser:
- trajectoires directes:
- distances de perception plus élevées

- La fragmentation des habitats induit des réponses adaptatives
- La dispersion et donc la connectivité sont des propriétés des systèmes populations-environnement

Modélisation de la connectivité

Least cost distance: l'organisme suit le parcours du moindre coût

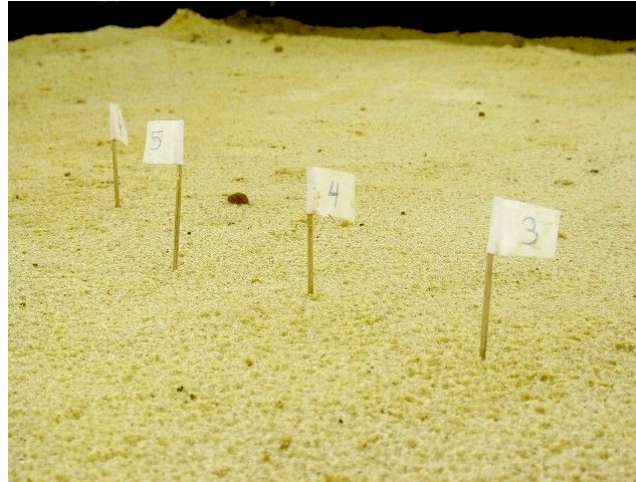


Détermination du coût:
-avis d'experts
(subjectifs)
-approche expérimentale

Landscape genetics: la structure génétique des populations permet de tracer les événements de dispersion

1. Détermination expérimentale des règles de mouvements

1. Résistance des différents compartiments du paysage (vitesse)



2. Sélection de l'habitat (choix)



¹Stevens V.M., Polus E., Wesselingh R.A., Schtickzelle N. & Baguette M. (2004) Quantifying functional connectivity: experimental evidence for patch-specific resistance in the Natterjack toad (*Bufo calamita*). *Landscape Ecology* 19, 829-842

²Stevens, V., Le Boulengé, E., Wesselingh R.A. & Baguette M. (2006) Quantifying functional connectivity : experimental assessment of boundary permeability for the Natterjack toad *Bufo calamita*. *Oecologia* 150, 161-171

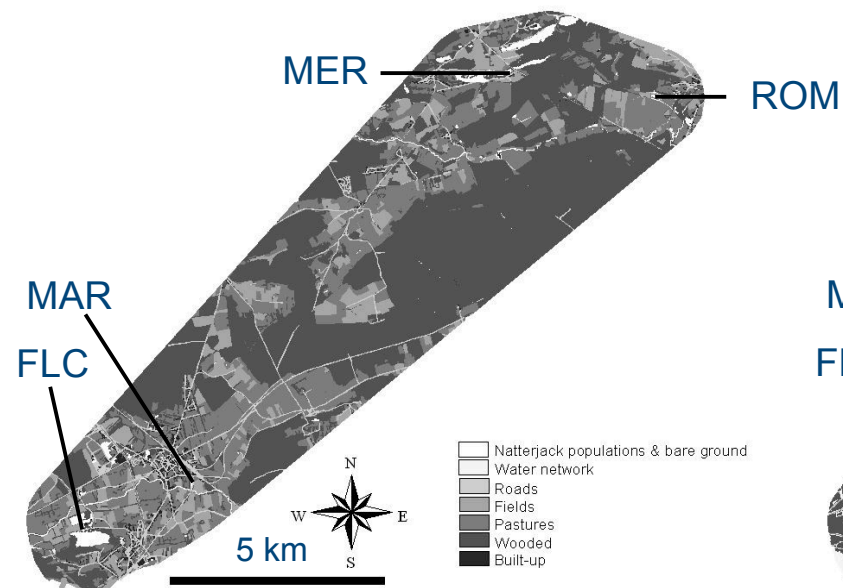
2. Transfert sur SIG et construction de scénarios

Sur SIG,

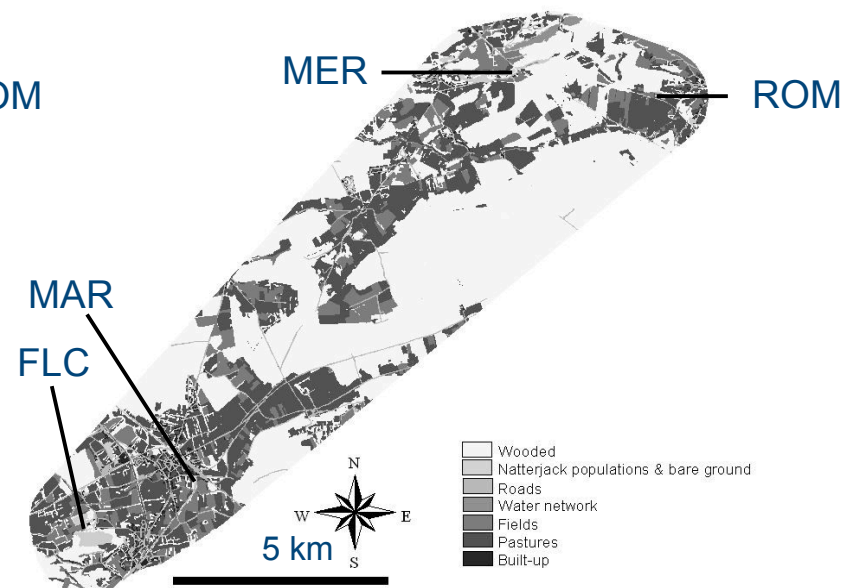
- Attribution de valeurs propres à chaque compartiment du paysage
- Recherche des distances de moindre coût suivant différents scénarios



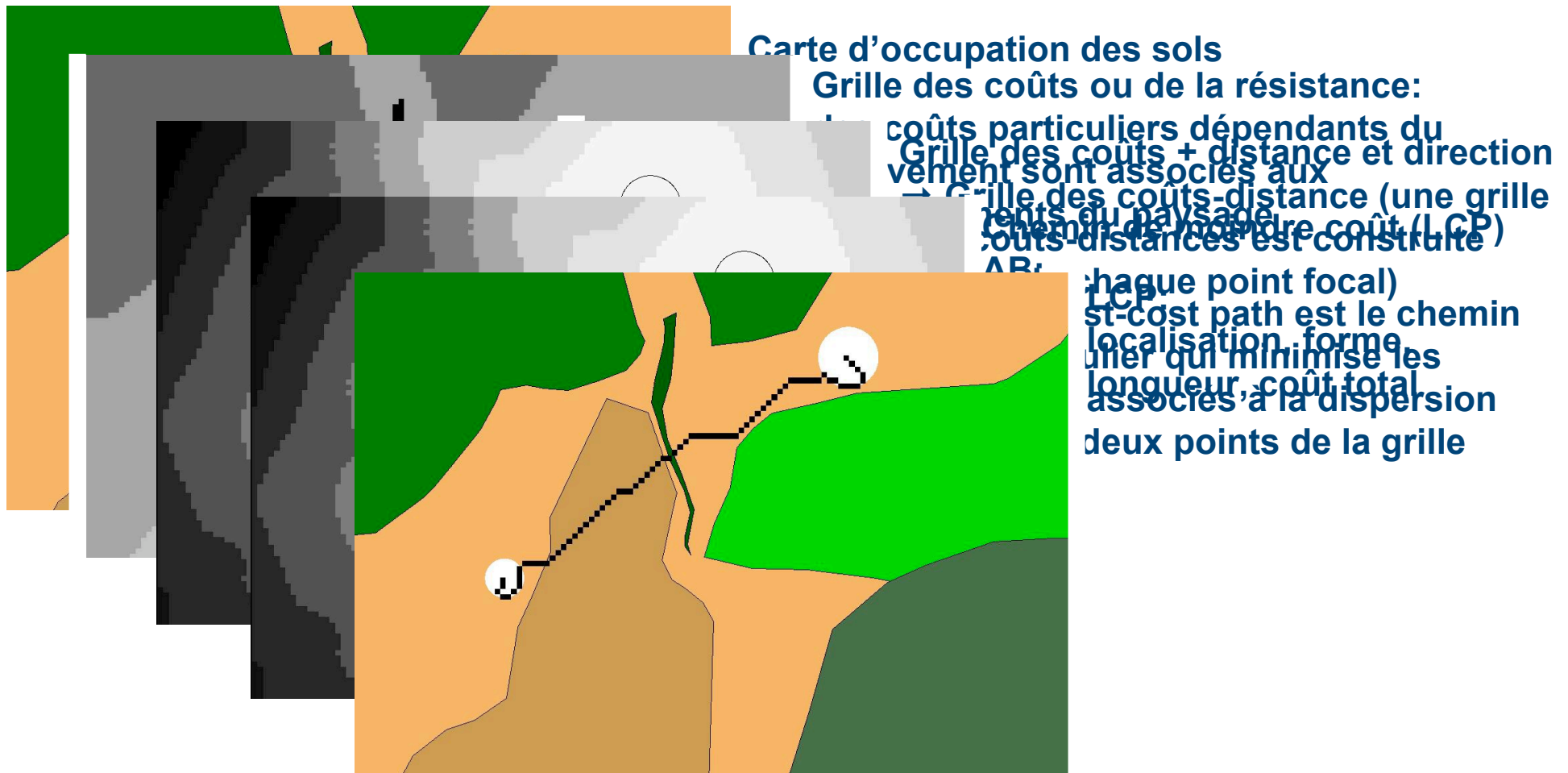
RESISTANCE



HABITAT SELECTION



3. Modélisation par la distance du moindre coût

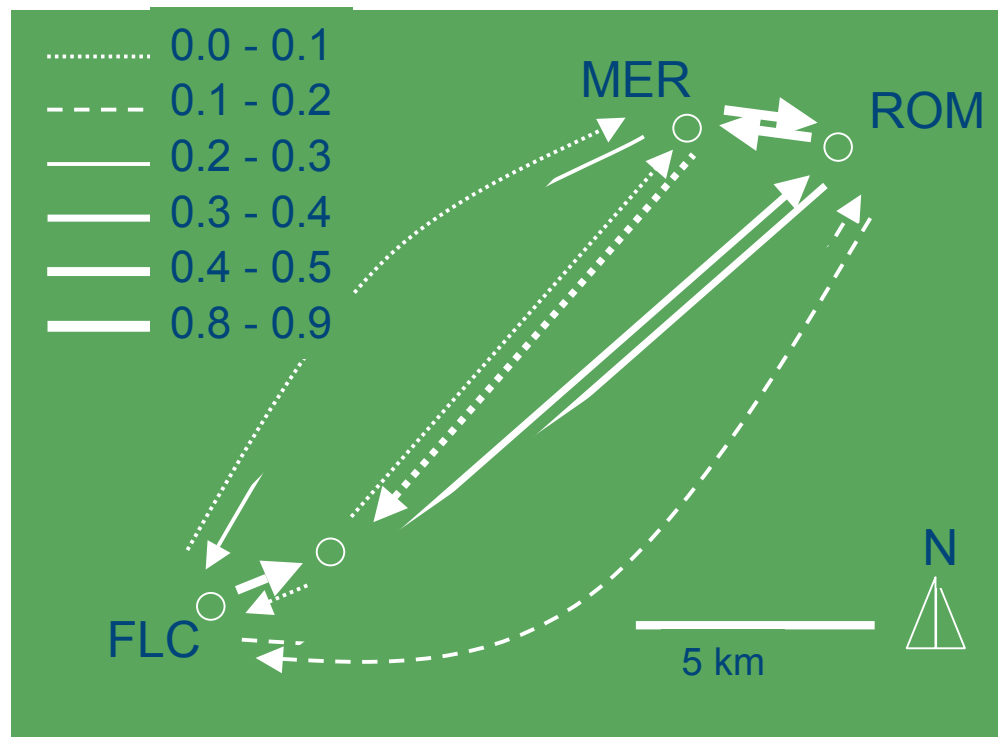


→ Modélisation de la connectivité fonctionnelle:

Les distances euclidiennes sont pondérées par les coûts des LCP pour estimer les distances de dispersion entre paires de populations

4. Validation

1. Analyse des distances génétiques entre populations et calcul du nombre d'immigrants

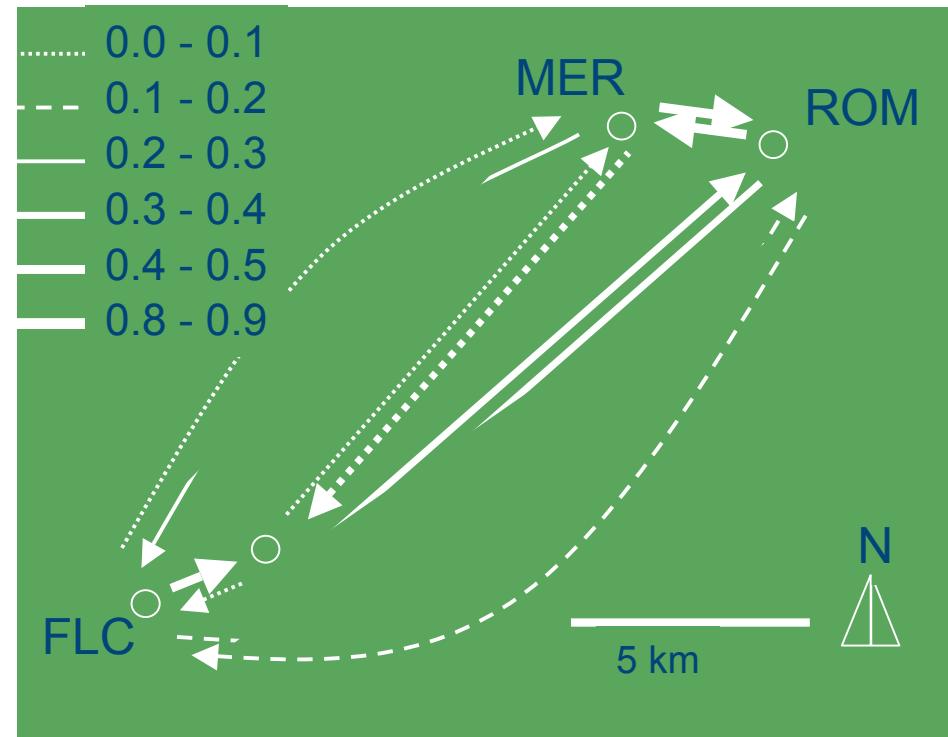
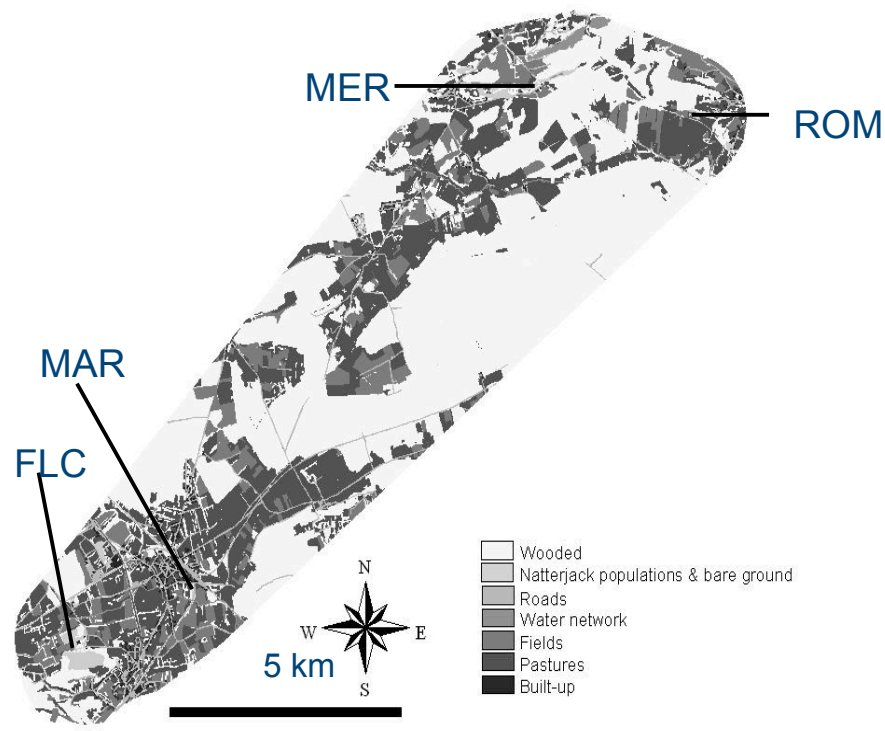


2. Comparaison des matrices de distance (euclidienne ou de moindre coût) à la matrice de distances génétiques

Scenario	Mantel correlation	Partial Mantel correlation	Right-tailed P
Euclidian	0.65 (0.49 – 0.82)		0.26 (0.08-0.30)
Resistance		-0.74 (-0.87 – -0.41)	0.96 (0.87 – 1.00)
Habitat selection		0.75 (0.44 – 0.95)	0.04 (0.03 – 0.16)
Mixed		-0.73 (-0.93 – -0.31)	0.90 (0.82 – 0.97)

Conclusion: importance des corridors forestiers

HABITAT SELECTION



Merci à

Vous pour votre attention et à
Jean Clobert
Virginie M. Stevens
Thomas Hovestadt
Nicolas Schtickzelle
Hans Van Dyck

