

Les dynamiques spatio-temporelles des communautés et des populations.

Plusieurs exemples de modélisation.

Romain Lorrillière | romain.lorrilliere@mnhn.fr

Paris Saclay : M1 EBE Module DYNA (Dec 2020)

10 Décembre 2020

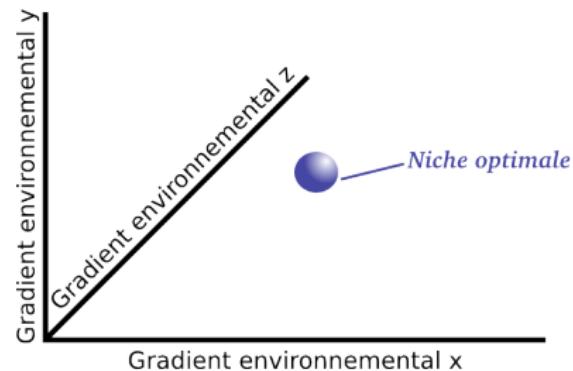
Plan

Introduction

L'écologie définition

Écologie

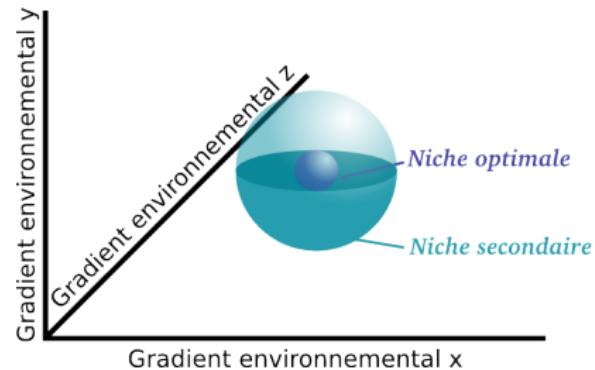
Compréhension des relations entre les espèces et leur environnement



L'écologie définition

Écologie

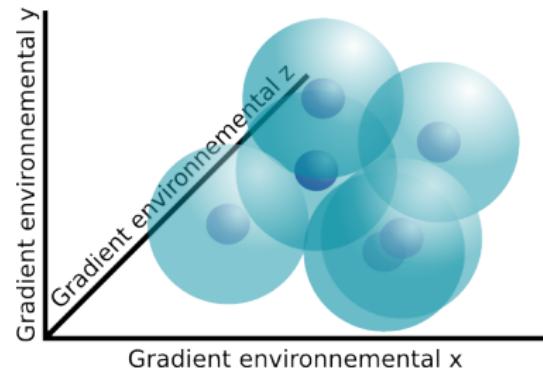
Compréhension des relations entre les espèces et leur environnement



L'écologie définition

Écologie

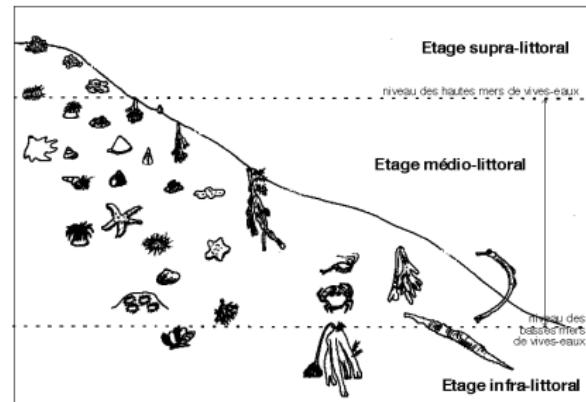
Compréhension des relations entre les espèces et leur environnement



L'écologie définition

Écologie

Compréhension des relations entre les espèces et leur environnement



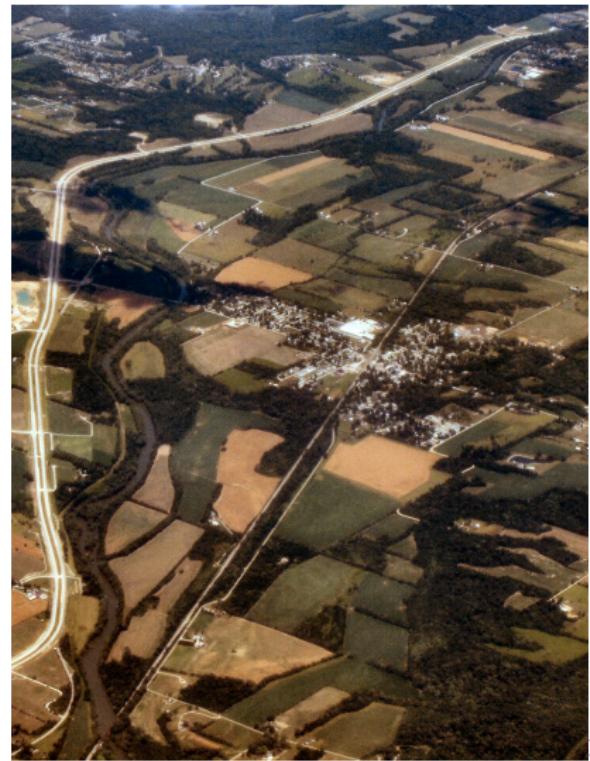
L'écologie définition

Écologie

Compréhension des relations entre les espèces et leur environnement

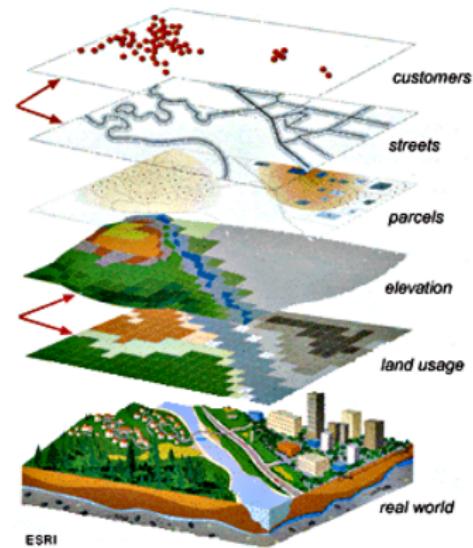
Écologie du paysage

Prise en compte de l'Hétérogénéité, de l'homme et des différentes échelles



L'écologie du paysage

- Caractérisation du rôle de la structure du paysage
 - habitat
 - linéaire (route, rivière)
- Utilisation des Système d'Information Géographique (SIG ou GIS)
 - QGIS
 - R library(sf)
 - PostgreSQL Postgis

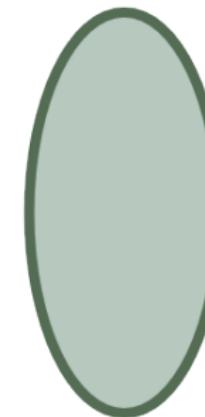
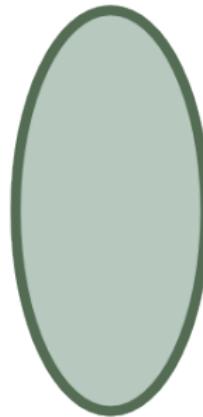
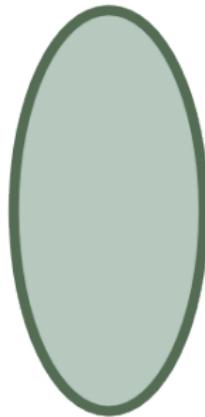


Les dynamiques spatio-temporelles

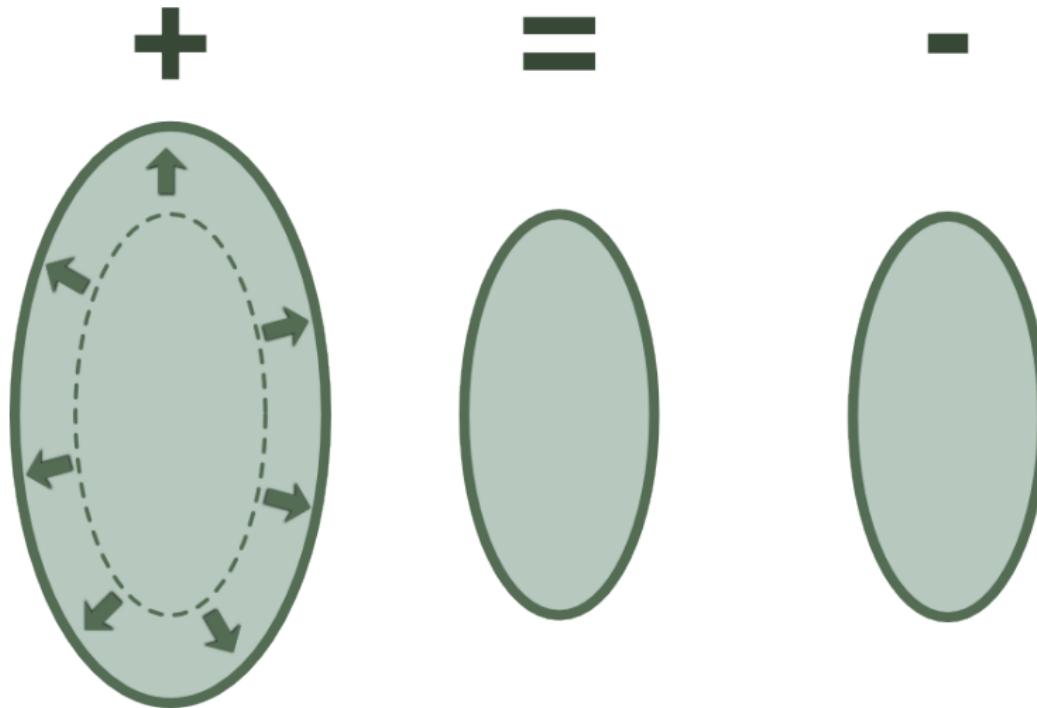
+

=

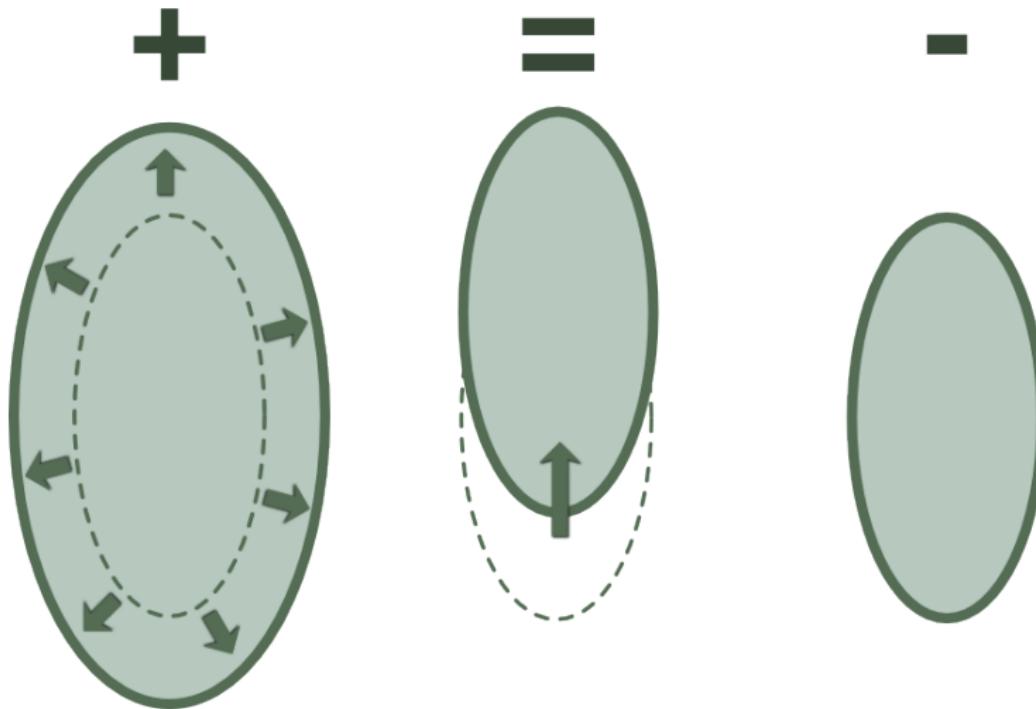
-



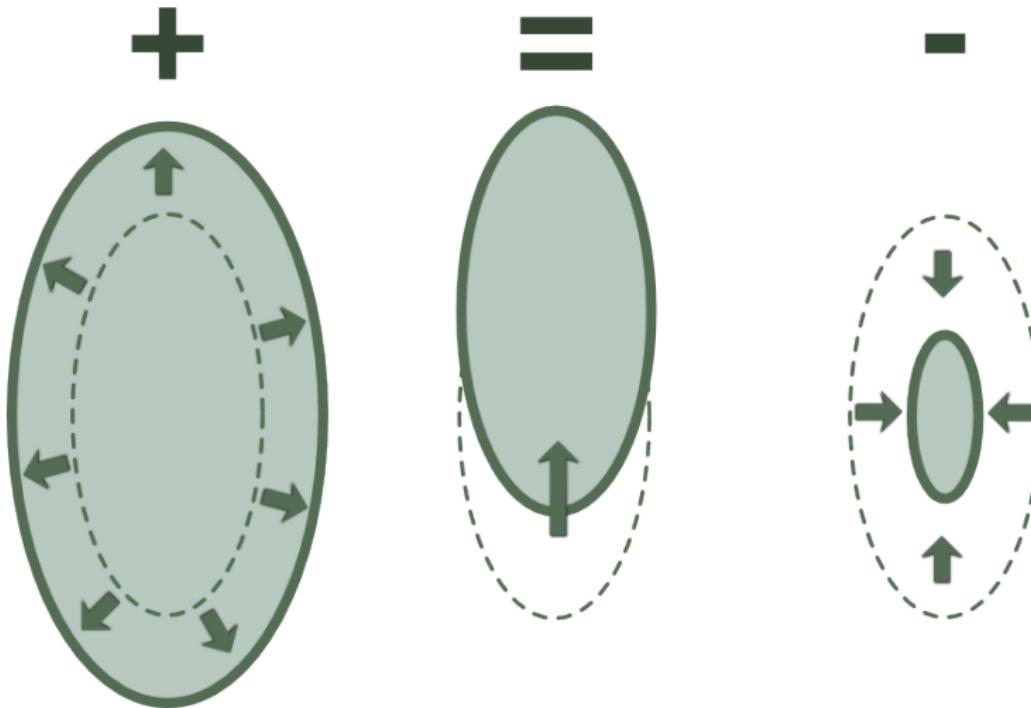
Les dynamiques spatio-temporelles



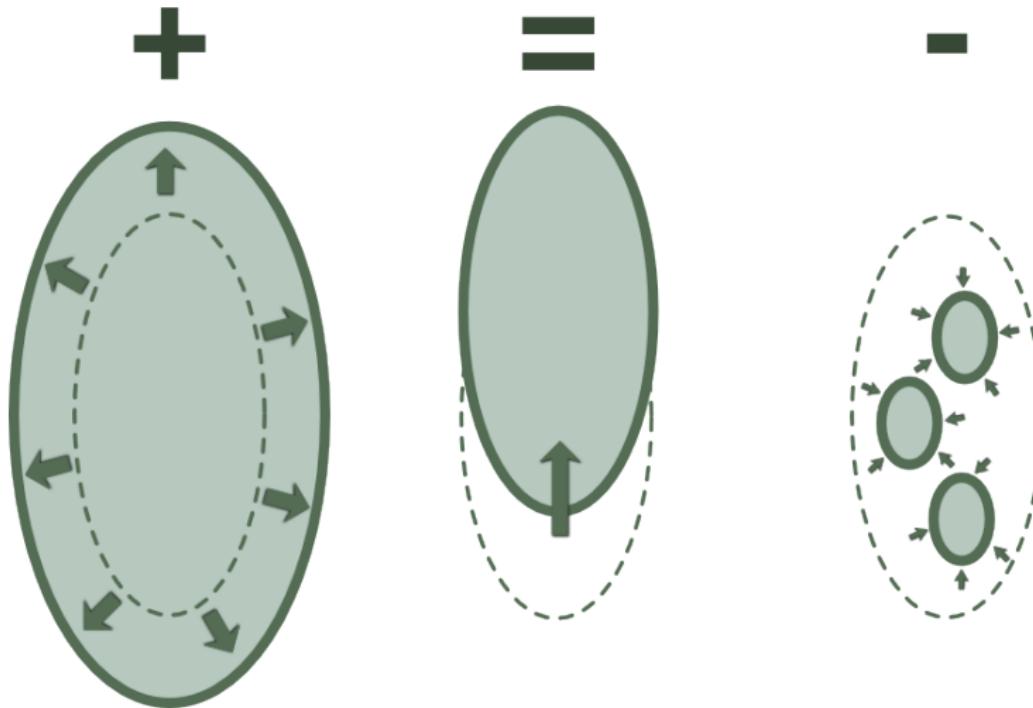
Les dynamiques spatio-temporelles



Les dynamiques spatio-temporelles



Les dynamiques spatio-temporelles



Définition

Définition : Modèle

- Petit Robert (1996): [...] 7. Sc. Représentation simplifiée d'un processus, d'un système.
- Wikipedia : un concept ou objet considéré comme représentatif d'un autre, déjà existant ou que l'on va s'efforcer de construire .
exemple : le « modèle réduit » ou maquette, le « modèle » du scientifique

Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de population

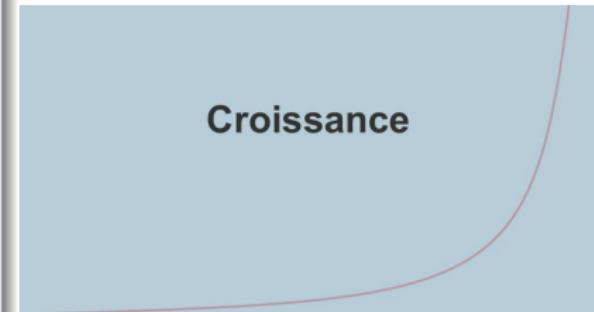
Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de population
 - Si pas de contrainte croissance exponentielle

$$N_{t+1} = rN_t$$

où r est le taux de croissance



Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de population

- Si pas de contrainte croissance exponentielle

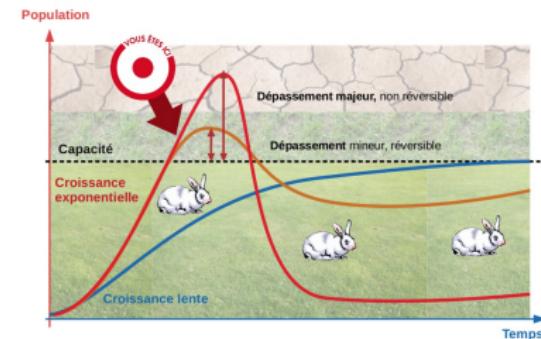
$$N_{t+1} = rN_t$$

où r est le taux de croissance

- mais croissance pas infinie
→ densité dépendance négative

$$N_{t+1} = rN_t \left(1 - \frac{N_t}{K}\right)$$

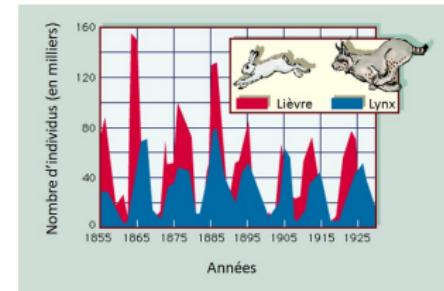
où K est la capacité de charge pour l'espèce



Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de proie prédateur (Lotka-Volterra)

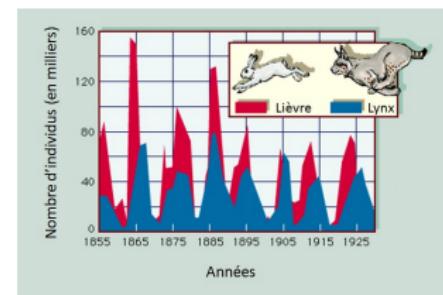


Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de proie prédateur (Lotka-Volterra)

- $\frac{dH}{dt} = r_H H - b_H HP$

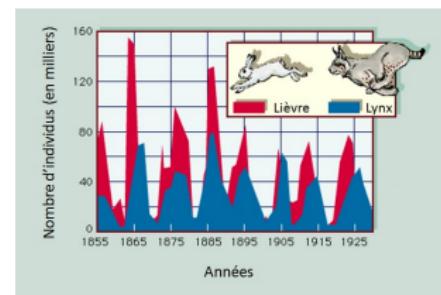


Des outils très variés

Mathématique appliquées

- Dynamique de proie prédateur (Lotka-Volterra)

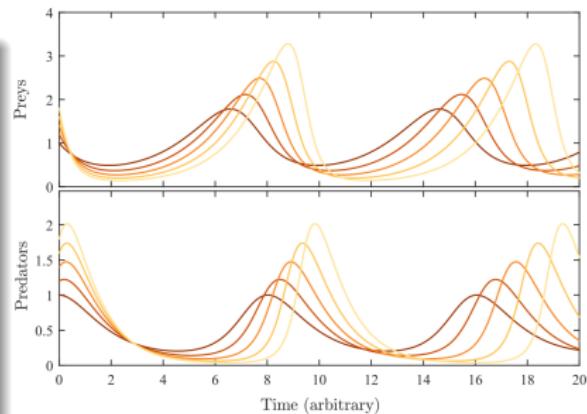
- $$\frac{dH}{dt} = r_H H - b_H HP$$
- $$\frac{dP}{dt} = r_P b_H HP - b_P P$$



Des outils très variés

Mathématique appliquées

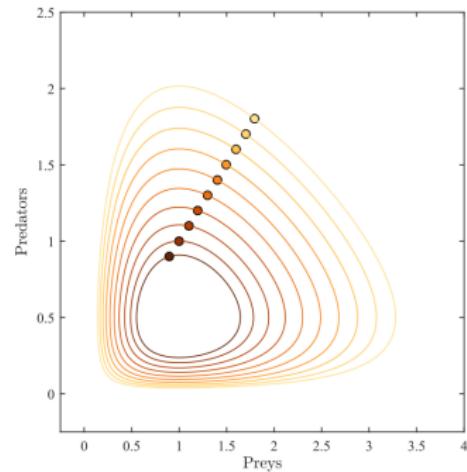
- Dynamique de proie prédateur (Lotka-Volterra)
 - $\frac{dH}{dt} = r_H H - b_H HP$
 - $\frac{dP}{dt} = r_P b_H HP - b_P P$
 - où r les coefficient d'accroissement et b les taux de mortalité



Des outils très variés

Mathématique appliquées

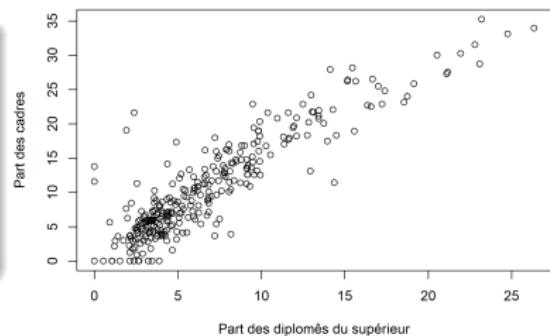
- Dynamique de proie prédateur (Lotka-Volterra)
 - $\frac{dH}{dt} = r_H H - b_H HP$
 - $\frac{dP}{dt} = r_P b_H HP - b_P P$
 - où r les coefficient d'accroissement et b les taux de mortalité



Des outils très variés

Statistiques

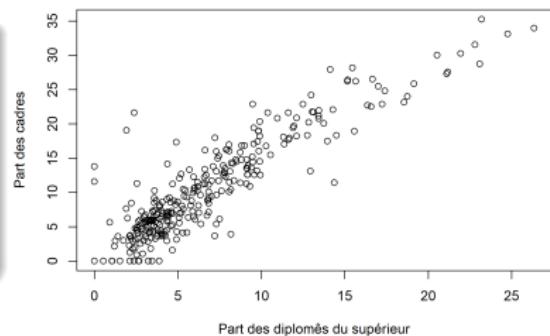
- Recherche de corrélation significative, c'est à dire de relation



Des outils très variés

Statistiques

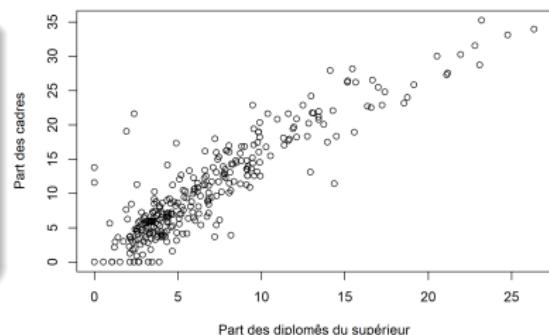
- Recherche de corrélation significative, c'est à dire de relation
 - sens de la relation



Des outils très variés

Statistiques

- Recherche de corrélation significative, c'est à dire de relation
 - sens de la relation
 - force de la relation



Des outils très variés

Statistiques

- Attention à l'effet cigogne



Des outils très variés

Statistiques

- Attention à l'effet cigogne
 - Corrélation n'est pas causalité



Des outils très variés

Statistiques

- Attention à l'effet cigogne
 - Corrélation n'est pas causalité
 - https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2019/03/01/correlations-ou-causalite-generez-vos-propres-cartes-pour-ne rien-demontrer-du-tout_5430063_4355770.html



www.thegraphicrocker.com

Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt

Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie

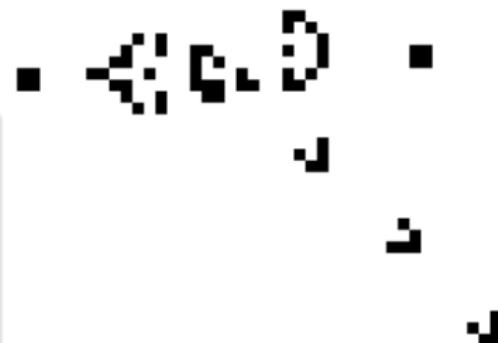


Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie

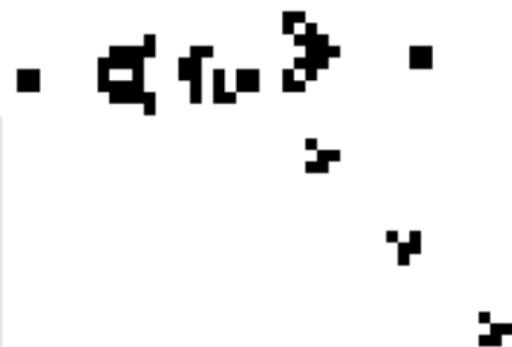


Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie

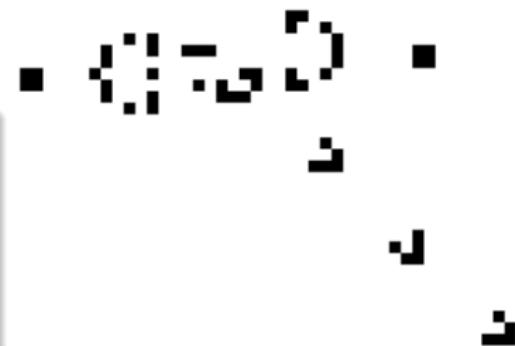


Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie

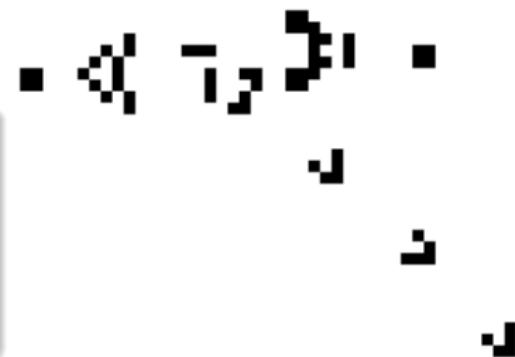


Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie

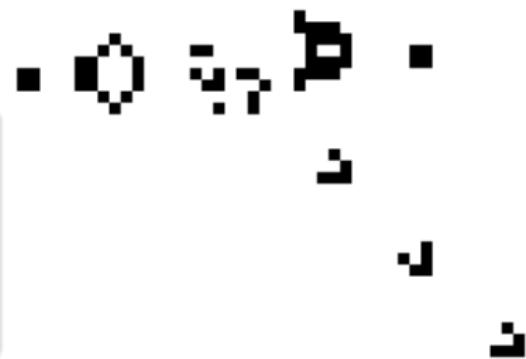


Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie
 - Combien de règles ?



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie
 - Combien de règles ?
 - 2



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie
 - Combien de règles ?
 - 2
 - une cellule morte possédant exactement trois voisines vivantes devient vivante (elle naît)



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie
 - Combien de règles ?
 - 2
 - une cellule morte possédant exactement trois voisines vivantes devient vivante (elle naît)
 - une cellule vivante possédant deux ou trois voisines vivantes le reste, sinon elle meurt.



Des outils très variés

Automates cellulaires

Règles simples de dynamique spatiale dans un espace discret

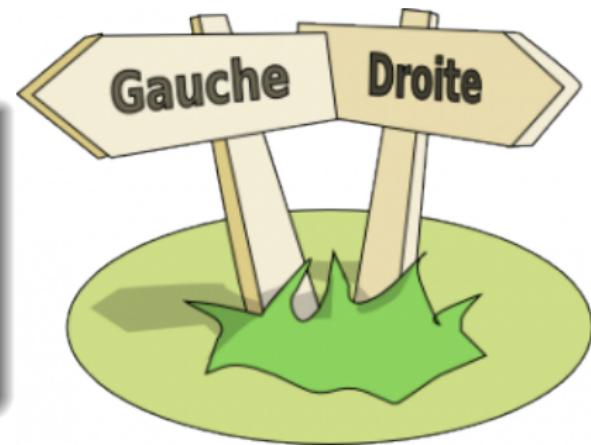
- Modélisation des incendies de forêt
- Jeu de la vie
 - Combien de règles ?
 - 2
 - une cellule morte possédant exactement trois voisines vivantes devient vivante (elle naît)
 - une cellule vivante possédant deux ou trois voisines vivantes le reste, sinon elle meurt.



Des outils très variés

Modèles individus centrés

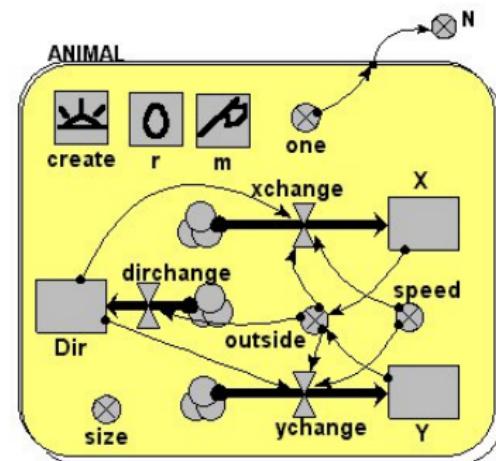
- Modélisation des individus et de la gestion de leur choix de forêt



Des outils très variés

Modèles individus centrés

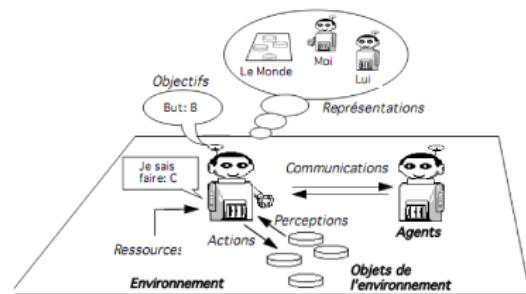
- Modélisation des individus et de la gestion de leur choix de forêt
- Peut être très complexe



Des outils très variés

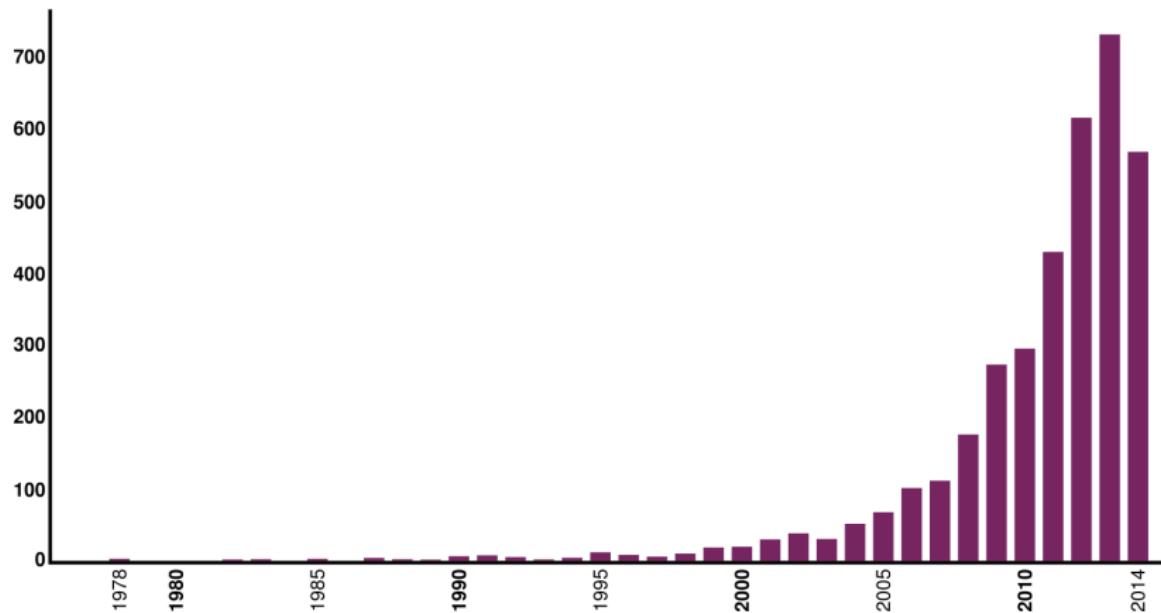
Modèles individus centrés

- Modélisation des individus et de la gestion de leur choix de forêt
- Peut être très complexe
- SMA: Système multi-agent (outil : cormas)

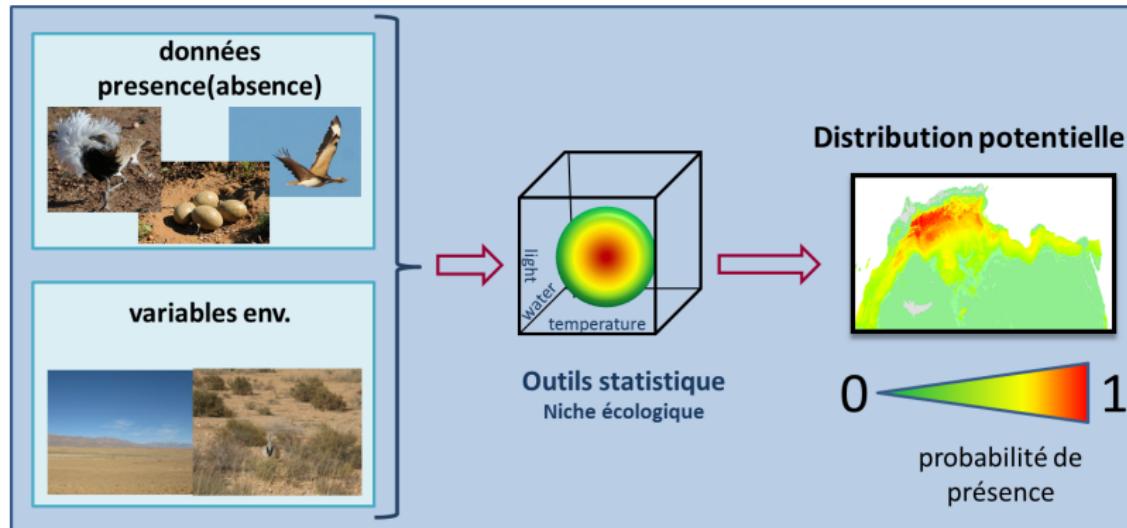


Dynamiques de populations

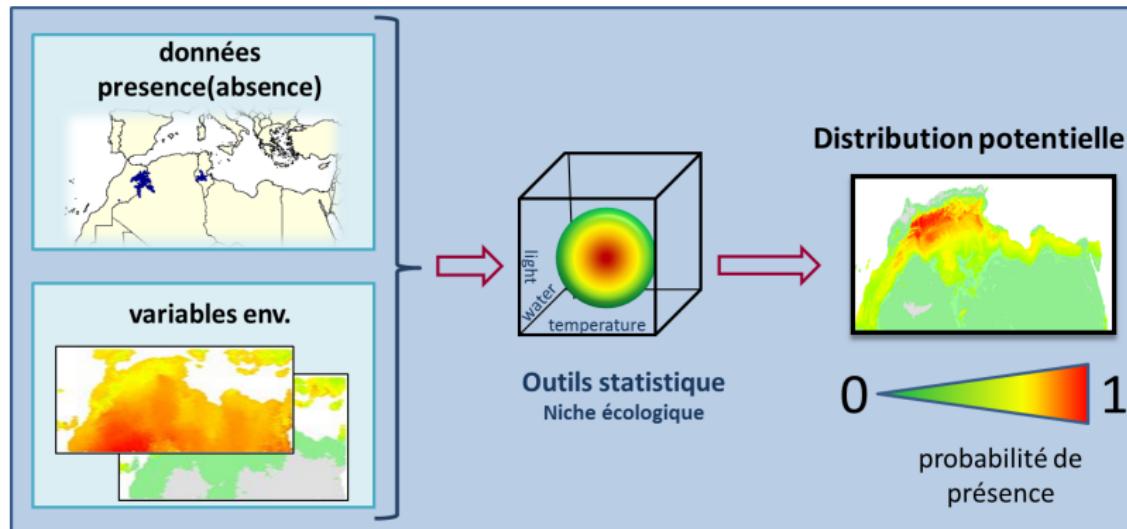
Modélisation de niche actuelle



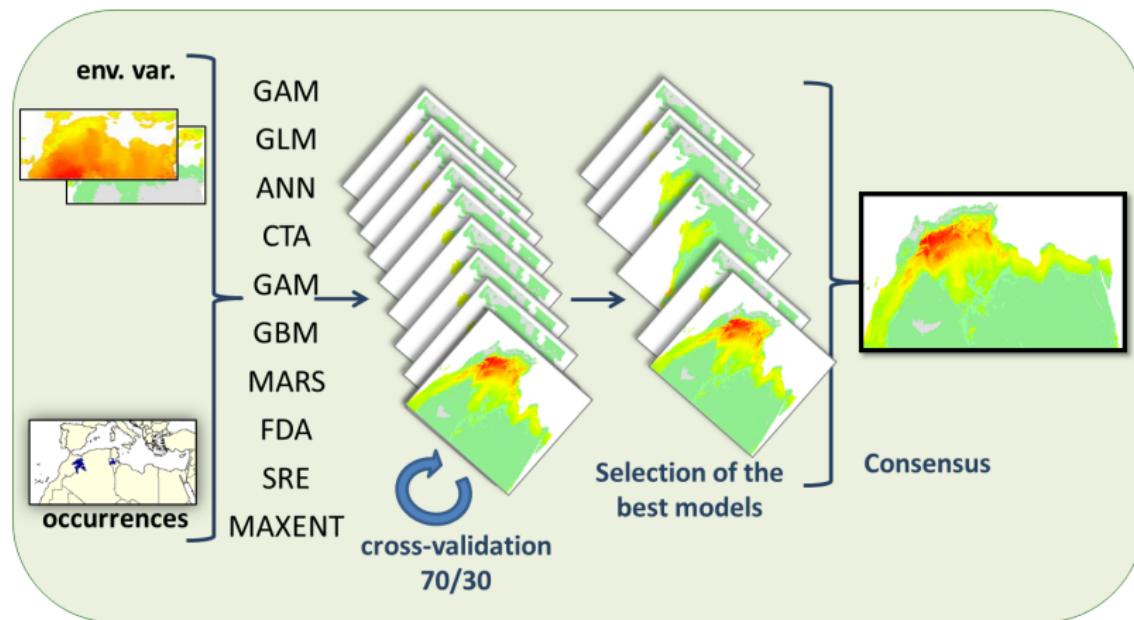
Modélisation de niche actuelle



Modélisation de niche futur



Modélisation... les consensus (BIOMOD)

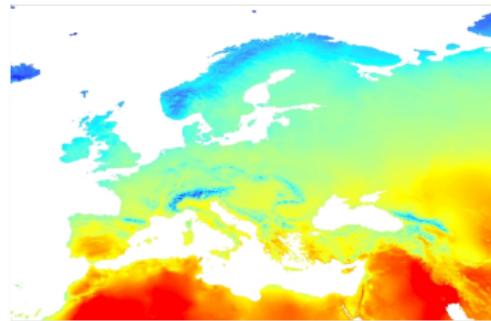


x pseudo-absences sampling

BIOMOD, Thuiller et al. 2009

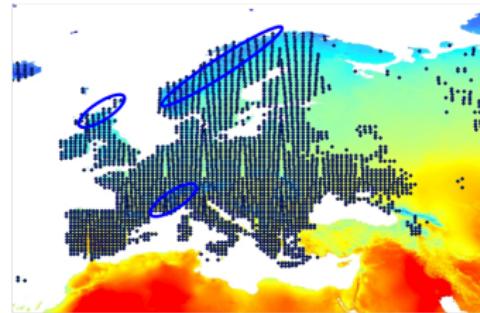
Niche thermique

www.worldclim.org

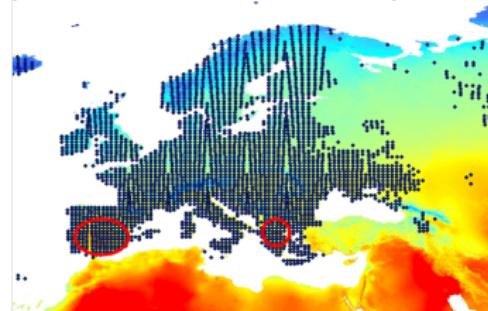


Range thermique =
maximum - minimum

Minimum thermique



Maximum thermique

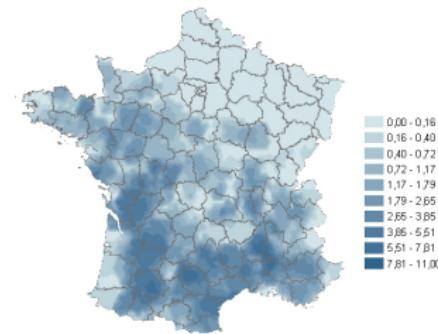
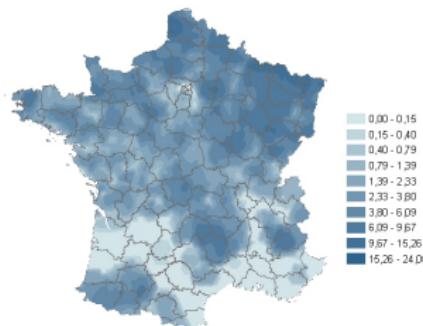


Niche thermique exemple

Bruant jaune *Emberiza citrinella*

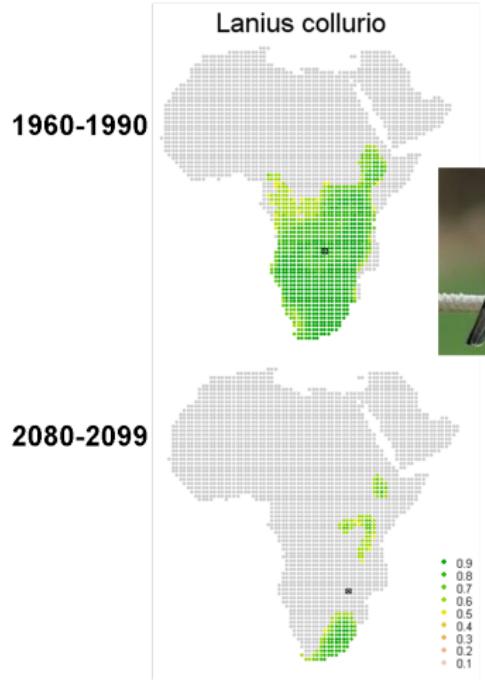


Bruant zizi *Emberiza cirlus*

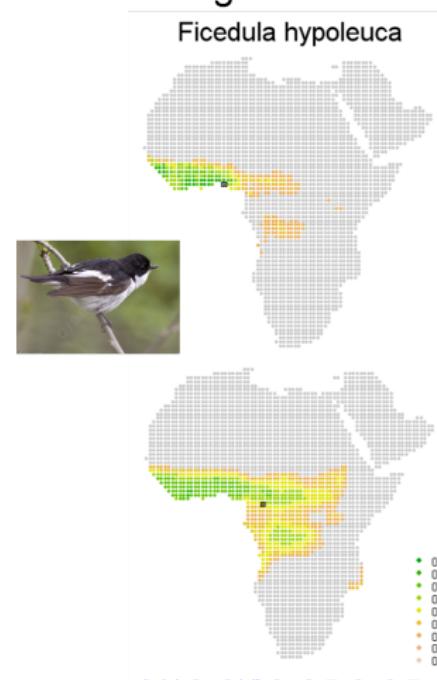


Distribution hivernal: Des dynamiques différentes

Aire en diminution



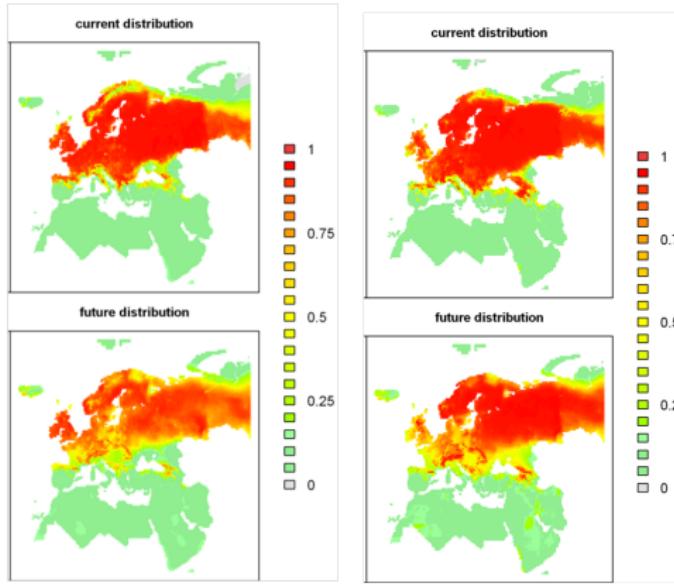
Aire en augmentation



Aire de distribution estival

▪ Climate niche projections

- Climate suitability of each species (niche modeling from IPCC scenario)



*Saxicola
rubetra*

Dyna: Dynamiques spatiales

Dynamiques de populations

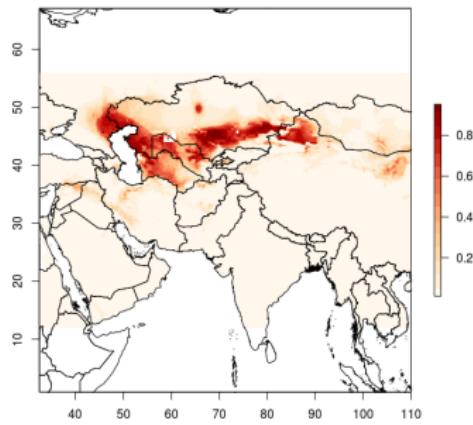
Digression: Les modèles de niche

Ex: Outarde de Macqueen *Chlamydotis macqueenii*

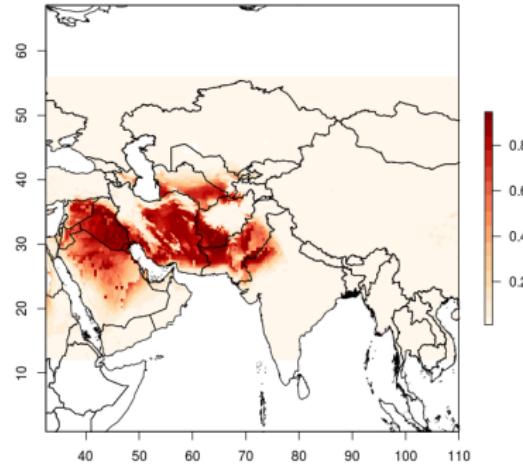


Ex: Outarde de Macqueen - le présent

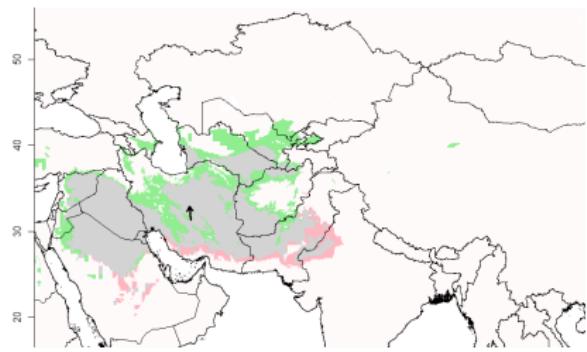
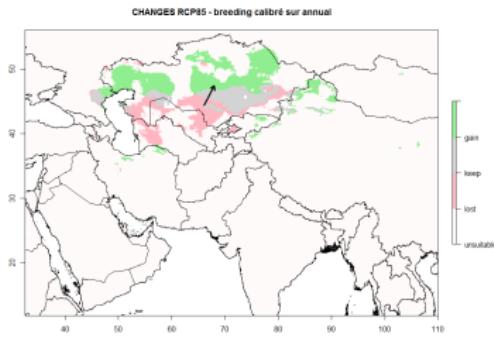
breeding_TotalConsensus_TSS_EMmean summer



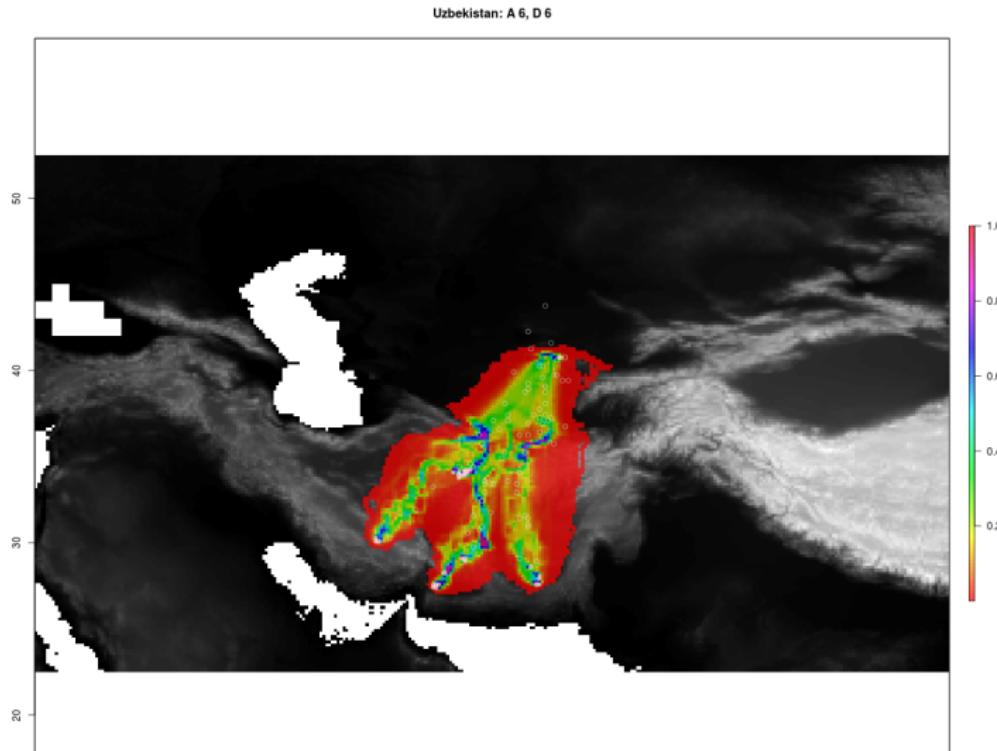
wintering_TotalConsensus_TSS_EMmean winter



Ex: Outarde de Macqueen - le futur



Ex: Outarde de Macqueen - la migration



Héron cendré : Biologie

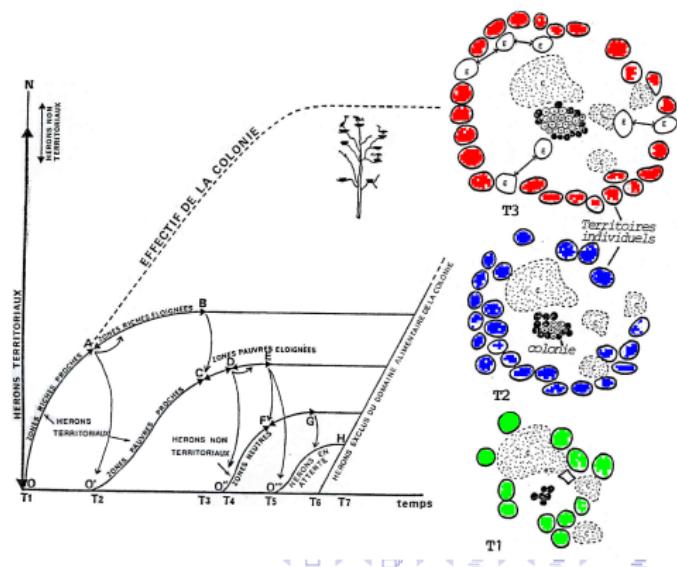
- *Ardea cinerea*
- Durée du vie : 25 ans
- 1ère reproduction en général à 2 ans



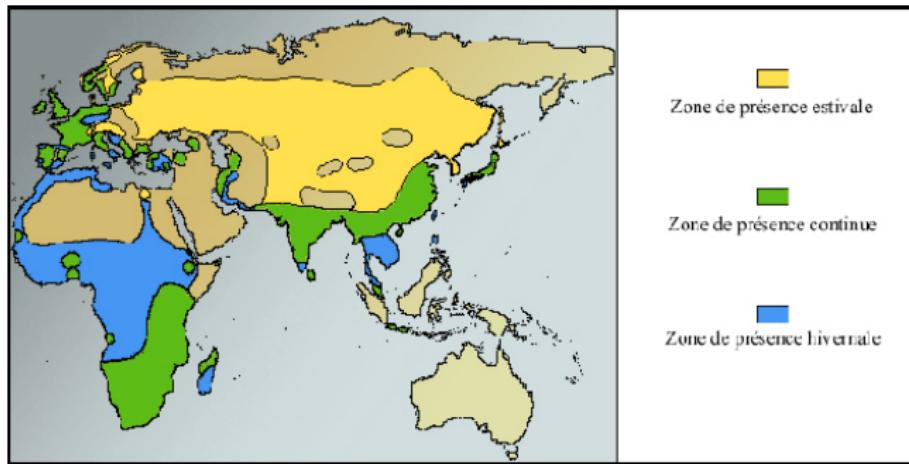
- Se reproduit au sein d'une colonie
- Essentiellement piscivore durant la reproduction
- Territorial pour l'aire d'alimentation
- La distance de l'aire de prospection alimentaire à la colonie ne peut dépasser 40 km (pour être compatible avec l'élevage des jeunes)

Héron cendré : Biologie

Mécanisme de régulation de la colonies



Héron cendré : Distribution actuel



- La majeur partie de l'ancien continent sans l'Australasie, les déserts, et la plupart de l'Océanie
- Population mondiale : 236 000 – 281 000 couples nicheurs
- Population européenne : 150 000 – 180 000 couples nicheurs

Héron cendré : Histoire

- Considéré comme nuisible jusqu'en 1974
- 2 colonies au début du XX^{me} siècle
- Recolonisation depuis 1974 (espèce protégé)
- Progression lente des effectifs à la faveur des deux guerres



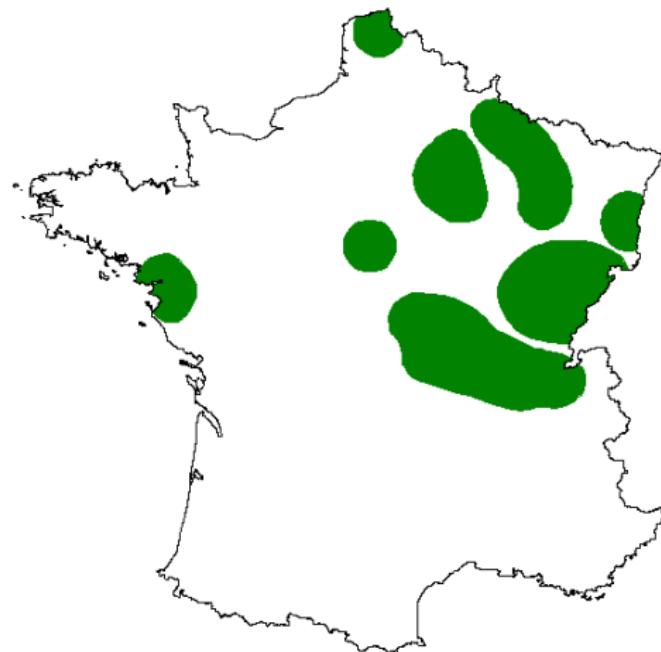
Héron cendré : Histoire

- Considéré comme nuisible jusqu'en 1974
- 2 colonies au début du XX^{me} siècle
- Recolonisation depuis 1974 (espèce protégé)
- Progression lente des effectifs à la faveur des deux guerres



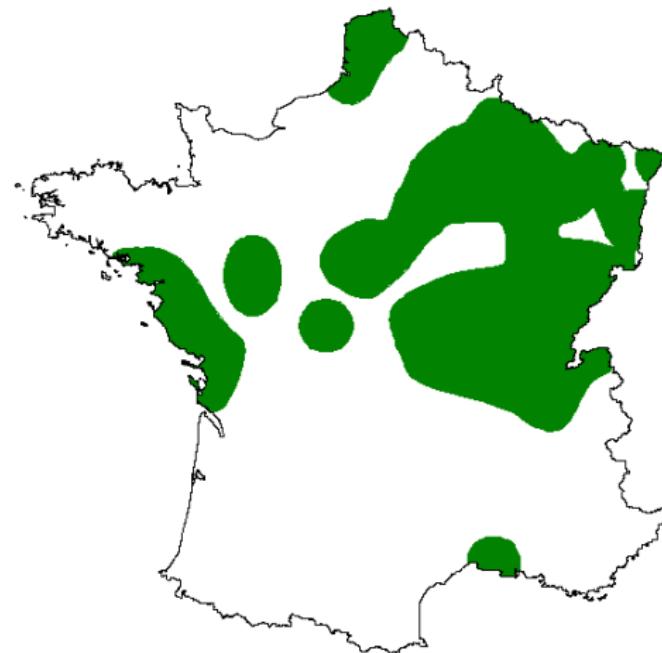
Héron cendré : Re-colonisation

● 1962



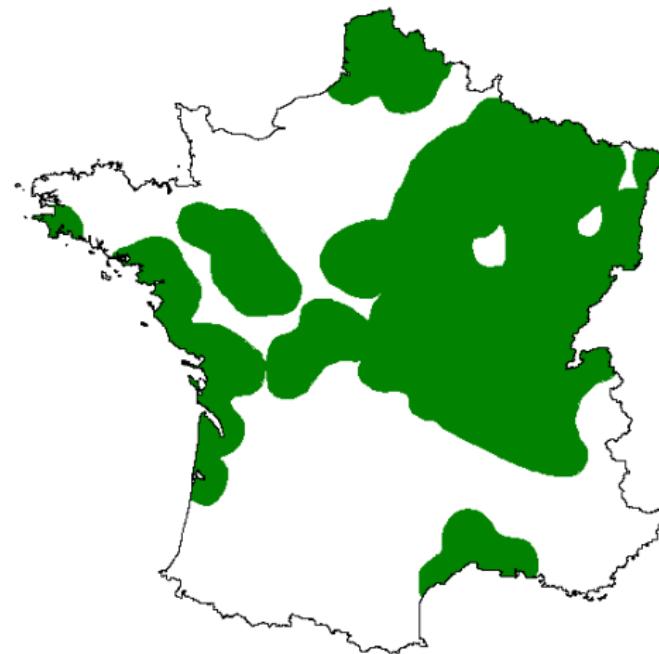
Héron cendré : Re-colonisation

- 1962
- 1974



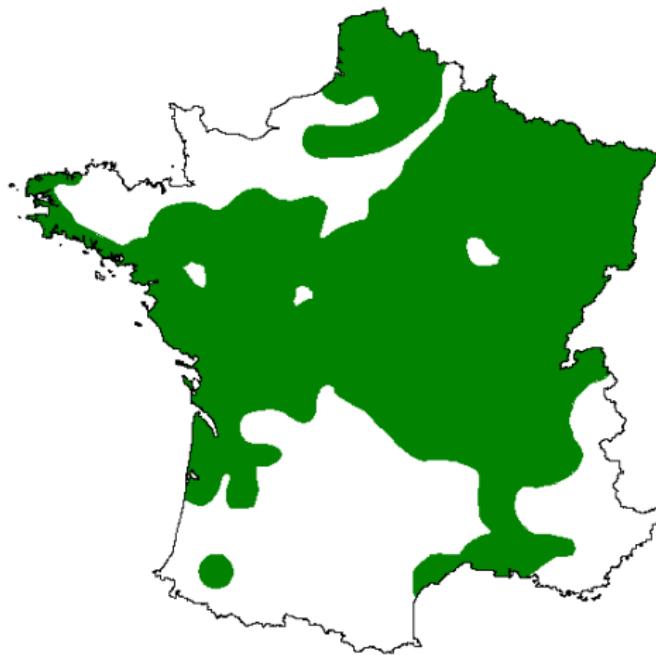
Héron cendré : Re-colonisation

- 1962
- 1974
- 1981



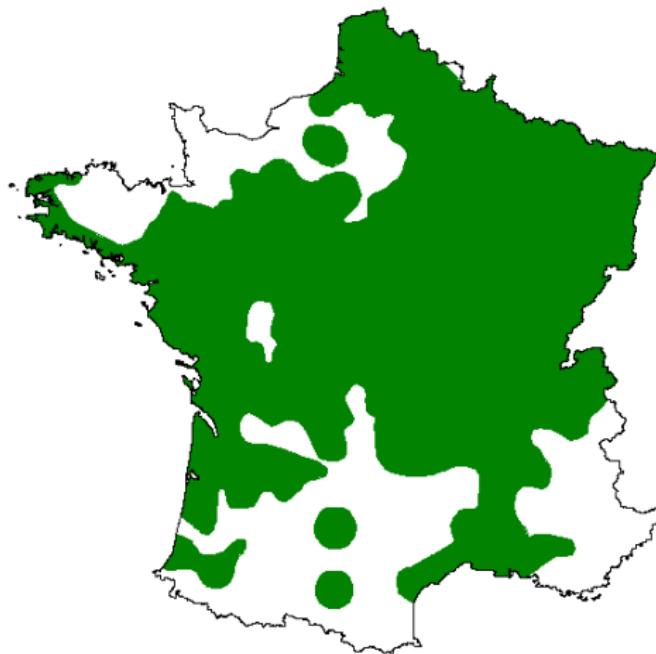
Héron cendré : Re-colonisation

- 1962
- 1974
- 1981
- 1989



Héron cendré : Re-colonisation

- 1962
- 1974
- 1981
- 1989
- 1994



Héron cendré : Re-colonisation

- 1962
- 1974
- 1981
- 1989
- 1994
- 2000



Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale

Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale
 - Déterminer les zones favorables à l'espèces

Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale
 - Déterminer les zones favorables à l'espèces
 - Modéliser la dynamiques spatio-temporelles

Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale
 - Déterminer les zones favorables à l'espèces
 - Modéliser la dynamiques spatio-temporelles
 - Paramètres du paysage

Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale
 - Déterminer les zones favorables à l'espèces
 - Modéliser la dynamiques spatio-temporelles
 - Paramètres du paysage
 - Inter-action entre les individus

Objectif

- Modéliser le rôle du paysage dans le choix de la localisation des colonies d'une échelle locale à une échelle nationale
 - Déterminer les zones favorables à l'espèces
 - Modéliser la dynamiques spatio-temporelles
 - Paramètres du paysage
 - Inter-action entre les individus
 - Gérer le risque de conflits avec les pisciculteurs

La niche écologique

Ecological Niche Factor Analysis (ENFA)

- Méthode de modélisation des habitats potentiels
- Analyse factorielle (proche de l'ACP) de la niche écologiques
- Utilisation des seules données de présence de l'espèce pour la modélisation
- Caractérisation de la niche écologique de l'espèce étudiée par les variables écogéographiques prises en compte
- Utilisation de la caractérisation de la niche écologique pour créer les cartes d'habitats favorables

Les variables éco-géographiques

Prise en compte de 20 Variables Ecogéographiques

- Réseau hydrographique



Les variables éco-géographiques

Prise en compte de 20 Variables Ecogéographiques

- Réseau hydrographique
- Paysage



Les variables éco-géographiques

Prise en compte de 20 Variables Ecogéographiques

- Réseau hydrographique
- Paysage
- Topographie



Les variables éco-géographiques

Prise en compte de 20 Variables Ecogéographiques

- Réseau hydrographique
- Paysage
- Topographie
- Perturbations anthropiques



Caractérisation de la niche

Caractérisation de la niche écologique par :

- Importance des zones de marais



Caractérisation de la niche

Caractérisation de la niche écologique par :

- Importance des zones de marais
- La densité de canaux et de fossés



Caractérisation de la niche

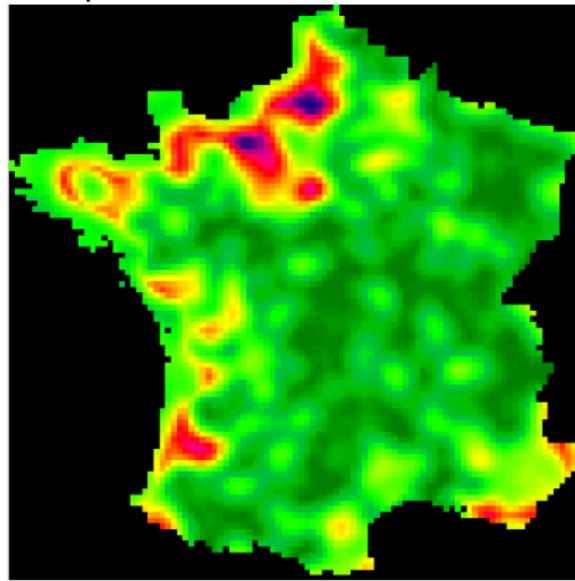
Caractérisation de la niche écologique par :

- Importance des zones de marais
- La densité de canaux et de fossés
- Hétérogénéité des habitats



Sur la France

Les habitats potentiels sur l'ensemble du territoire:

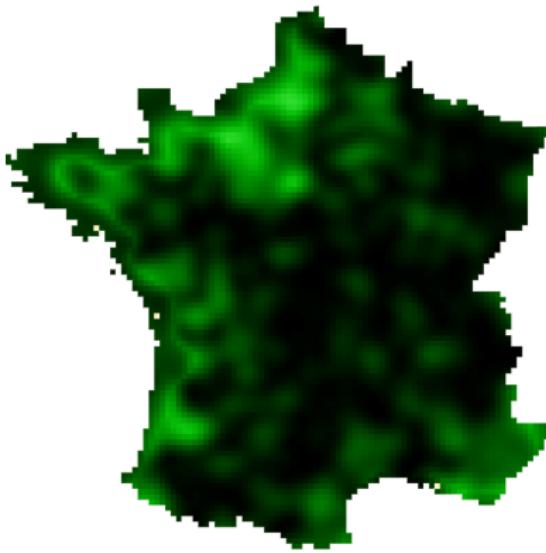


La grille

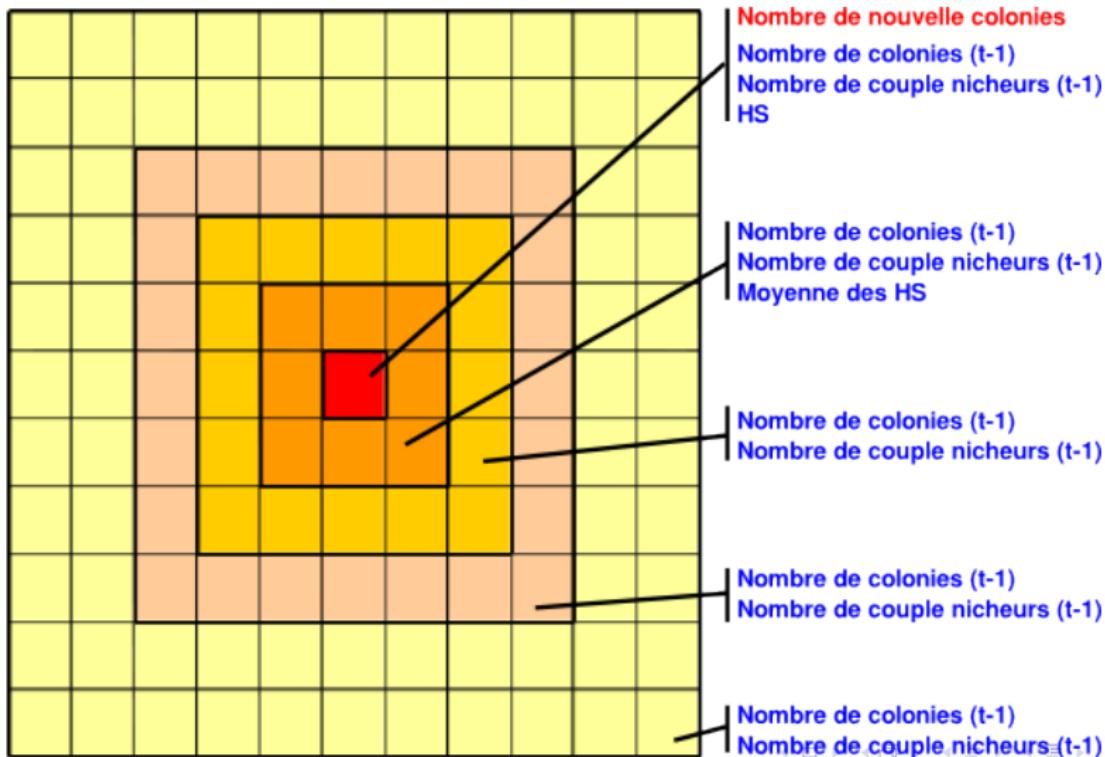
- France découpée selon une grille
- Chaque cellule 10 Km sur 10 Km
- Une cellule possèdent 2 attributs :
 - le nombre de colonies qu'elle contient (issu des recensement)
 - une valeur de qualité d'habitat (HS)

La grille : les rasters

Préparation des données sous SIG



Paramètres de la dynamique



Les règles d'installation

Les règles d'installations sont définies par analyse statistique (GLM):

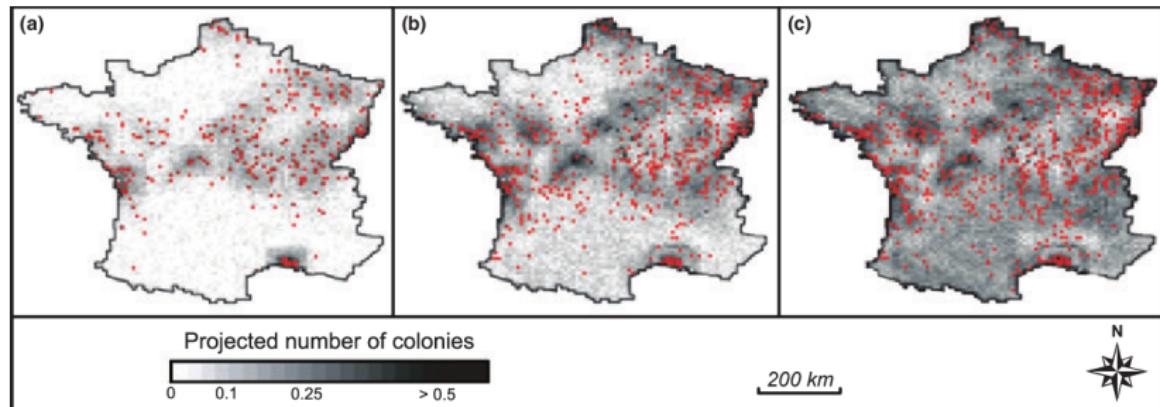
Loire-Atlantique

- Pas d'effets des colonies et des effectifs
- Seul HS (Habitat Suitability) est conservé

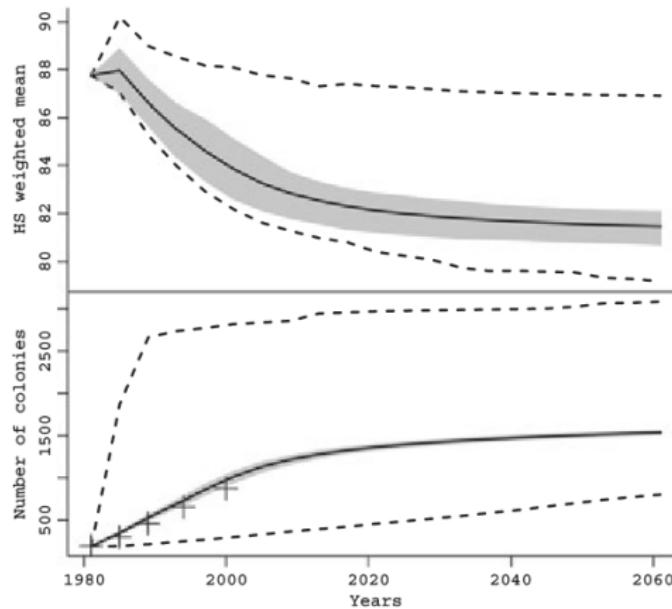
France

- Présence de colonies à plus ou moins proximité
- Pas d'effet des effectifs
- Densité dépendance : les variables au carré possèdent des estimateurs négatifs

Dynamique spatio-temporelle



Changement de comportement



Conclusion

- Projection de la dynamique futur
- Définition des zones à risque d'interaction avec activités humaines

L'Ecureuil à ventre rouge



L'Ecureuil à ventre rouge

Callosciurus erythraeus

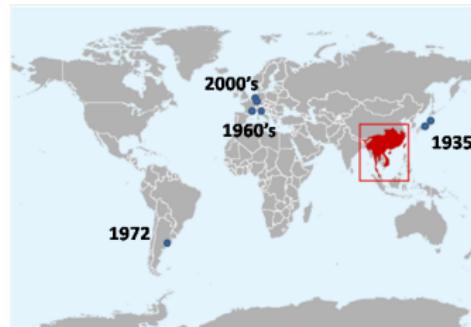
Similarity with the red squirrel :

- Systematic**
- Order : Rodentia
 - Family : Sciuridae

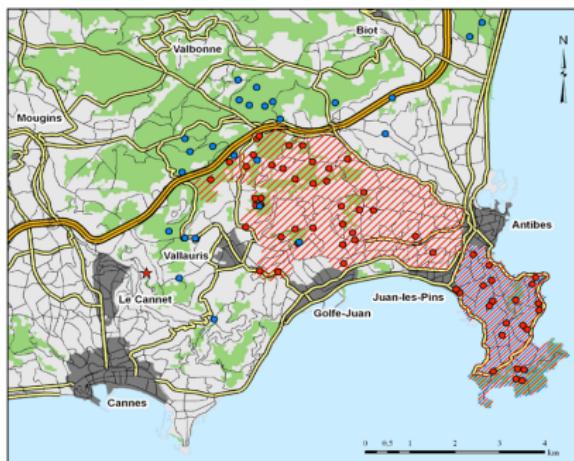
- Behavior**
- Diurnal
 - Arboreal

- Morphology**
- Weight : $\approx 350\text{g}$
 - No sexual dimorphism

- Reproduction**
- 1-2 young/litter
 - ≈ 2 litter/yr

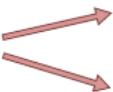


L'espèce



Pallas's and red squirrel repartitions



Two hypotheses 

Competitive exclusion

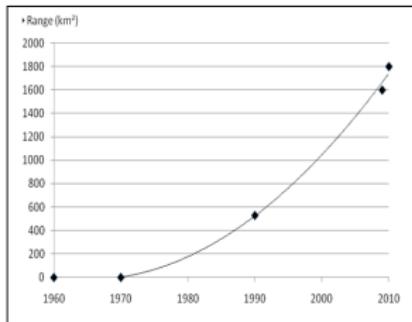
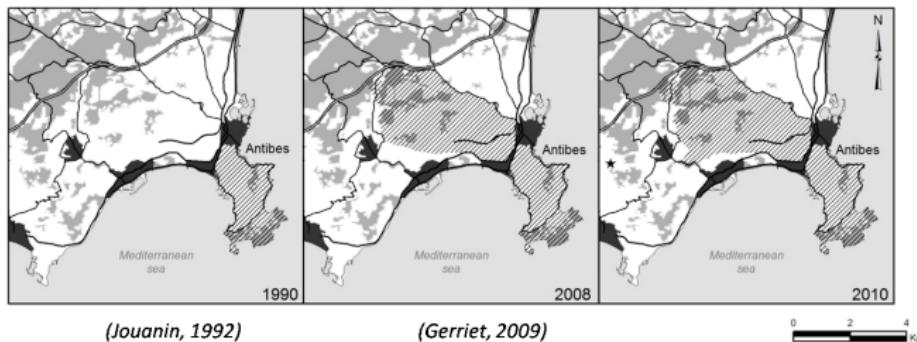
Empty niche

- Absence of competitor
- High level of urbanization

- Similar ecological niche
- Trophic competition?

Monitoring the evolution of the two species distributions could support a finding

Dynamique de colonisation



Increase of species range : 12 km² in two decades

Structuration du modèle

SPATIALLY EXPLICIT POPULATION MODEL (SEPM)

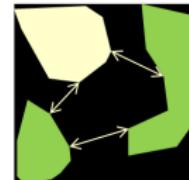


Modeling approach

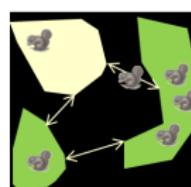
1. Creation of a **landscape map** including suitable and unsuitable habitats



2. Assessment of connectivity between patches of suitable habitat: **cellular automaton**

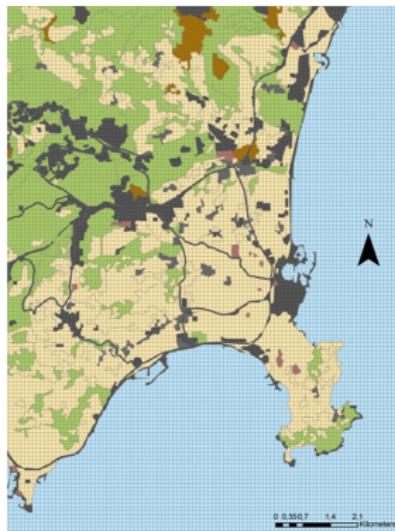


3. Projection of the spread using a **SEPM**



Discrétisation de l'habitat

1. Creation of a landscape map including suitable and unsuitable habitats



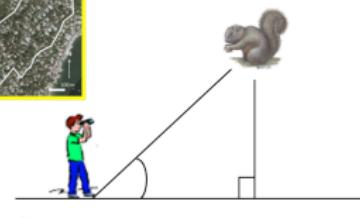
- Land cover data
- Study area: 25*25km
- Map resolution: 100*100m
single habitat type in each cell
- Habitat permeability: depends on squirrel densities in these habitats
- Definition of suitable patches
- Carrying capacities



HABITAT SUITABILITY

Estimations des capacités de charges

1. Creation of a landscape map including suitable and unsuitable habitats



Quantify species habitat preferences

Estimations des capacités de charges

1. Creation of a landscape map including suitable and unsuitable habitats



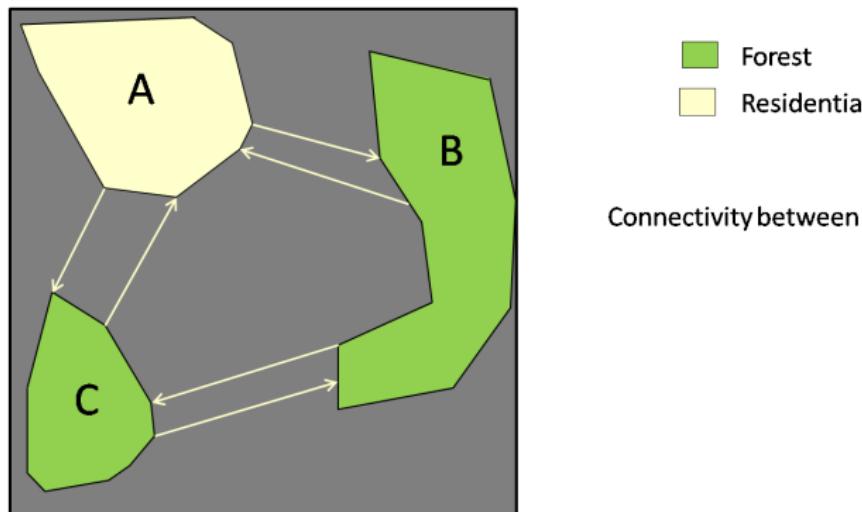
- Two trapping sessions (march-june 2009)
- 13 individuals radiocollared (7 ♀, 6 ♂)
- Monitored for 7 months



→ Quantify surface required to establish

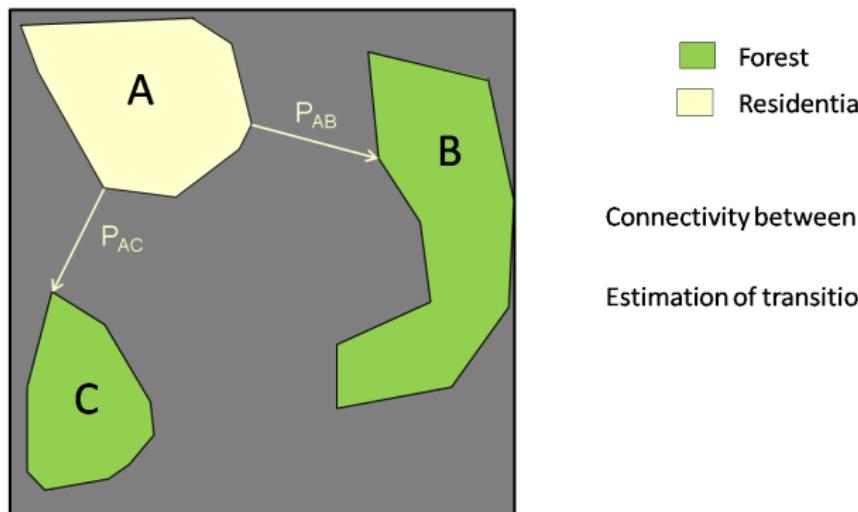
Estimations de la connectivité

2. Assessment of connectivity between patches of suitable habitat : cellular automaton



Estimations de la connectivité

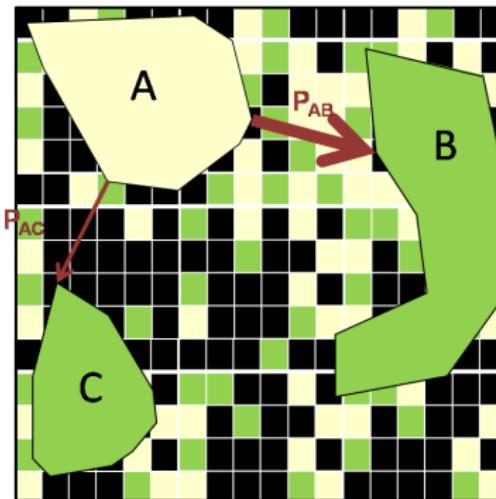
2. Assessment of connectivity between patches of suitable habitat : cellular automaton



Estimation of transition probabilities

L'automate cellulaire

2. Assessment of connectivity between patches of suitable habitat : cellular automaton



Forest

Residential

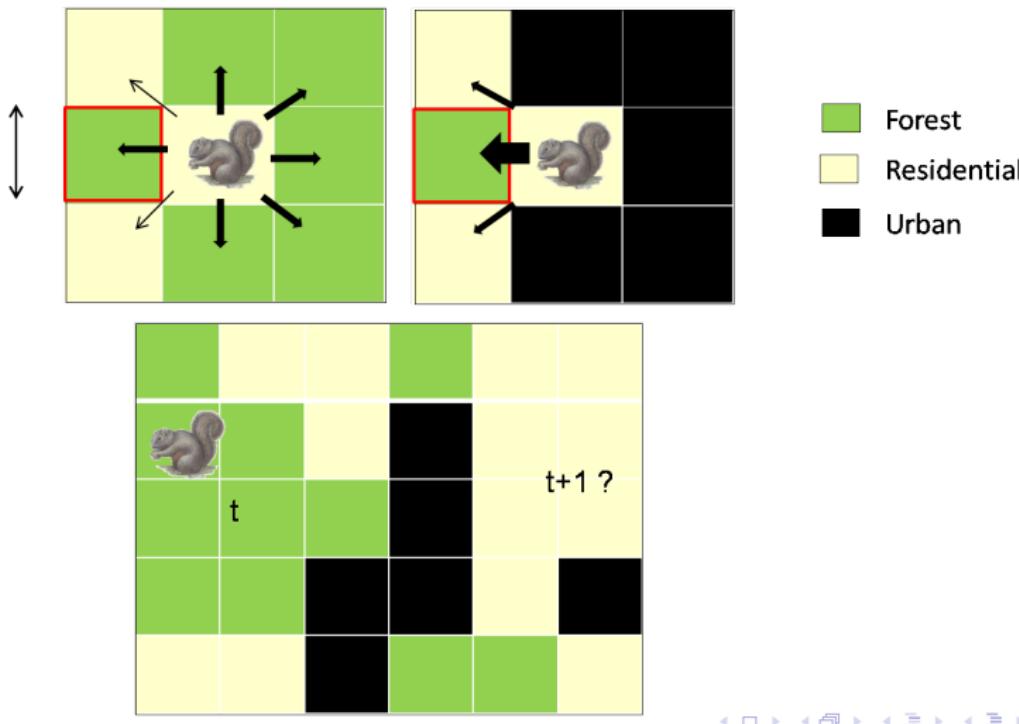
Urban

Connectivity between patches?

Estimation of transition probabilities

Dispersion step by step depending on cells permeability

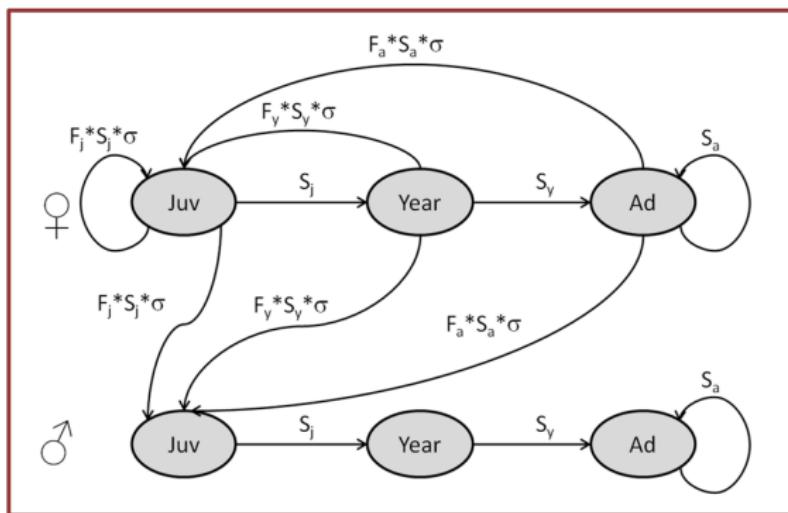
L'automate cellulaire



Dynamique de populations

3. Projection of the spread using a SEPM

Population dynamics within each habitat patch



F = fecundity

S = survival

σ = sex-ratio

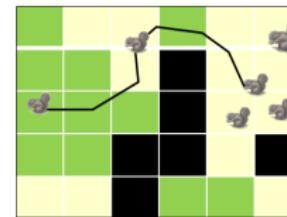
Projection

3. Projection of the spread using a SEPM

Dispersal

Density dependant process occurring once a year

Density > patch carrying capacity

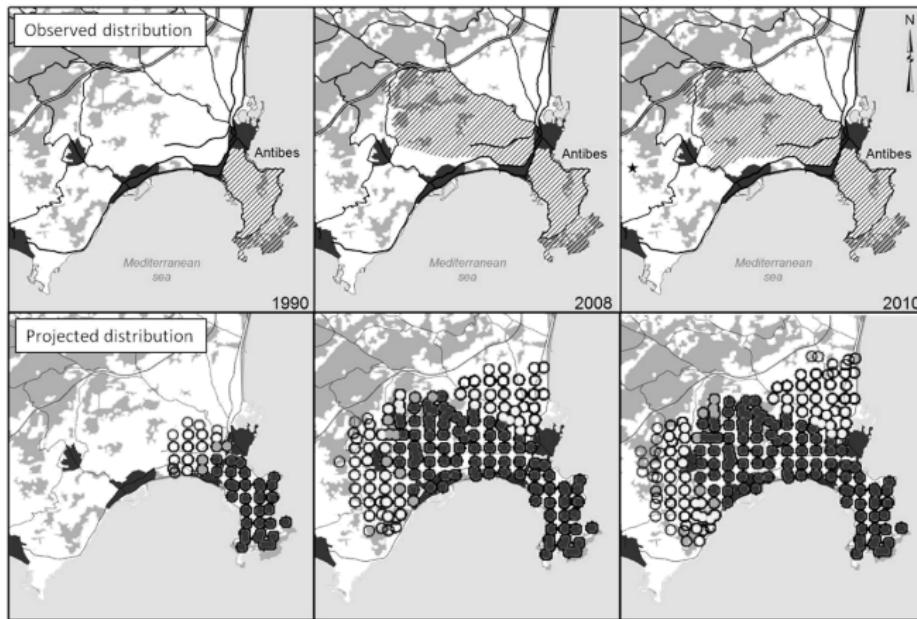


Patch carrying capacity —————> estimated with density estimates

Depending on transition probabilities between patches

Calibration

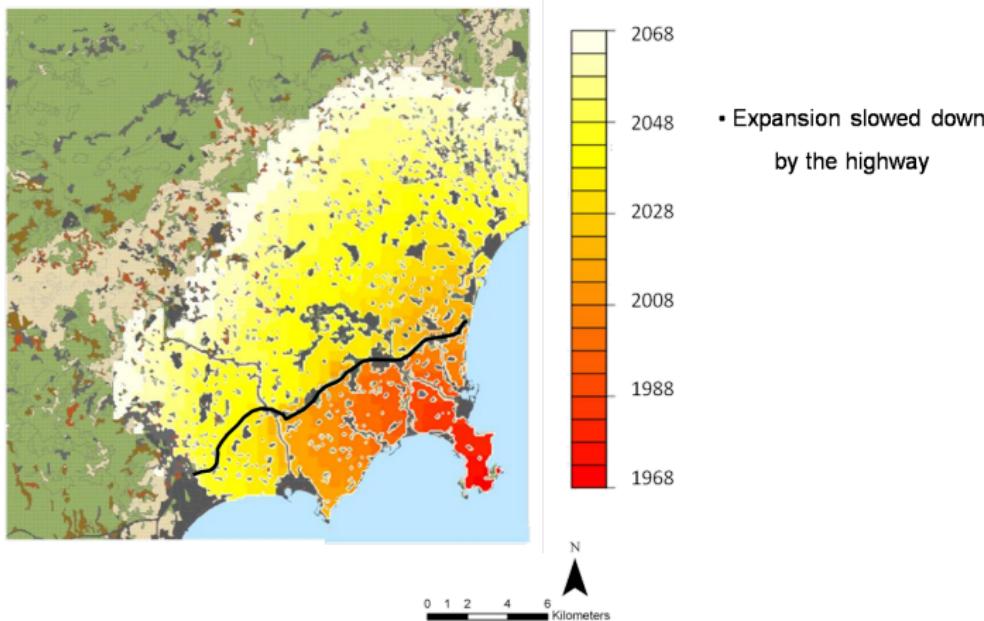
Model calibration



overlap index of 86% between the two distributions

Projection de l'expansion

Projection of Pallas's squirrel spread



Scénario de gestion

Management scenarios

- Duration of the management
- Surface impacted
- Control strategy
- Areas of implementation

→ 108 scenarios

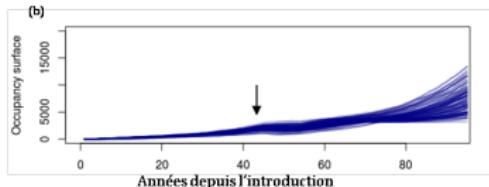
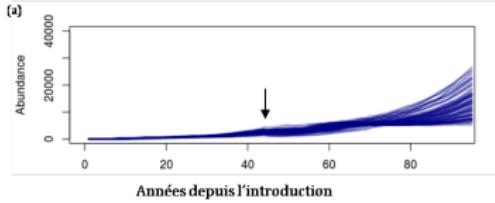
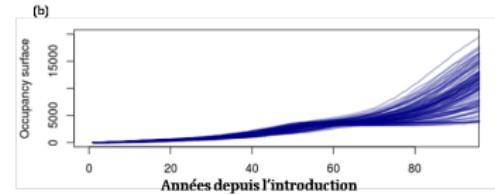
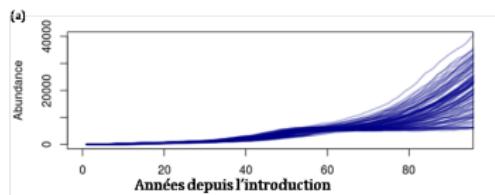
EFFECT ON



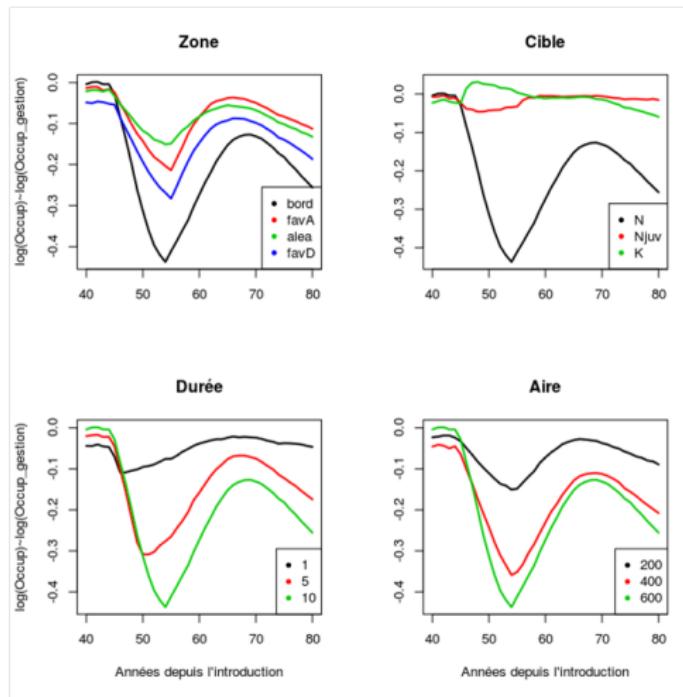
Area occupied by the species (A)

Population abundance (N)

Effet de la capture sur la dynamique

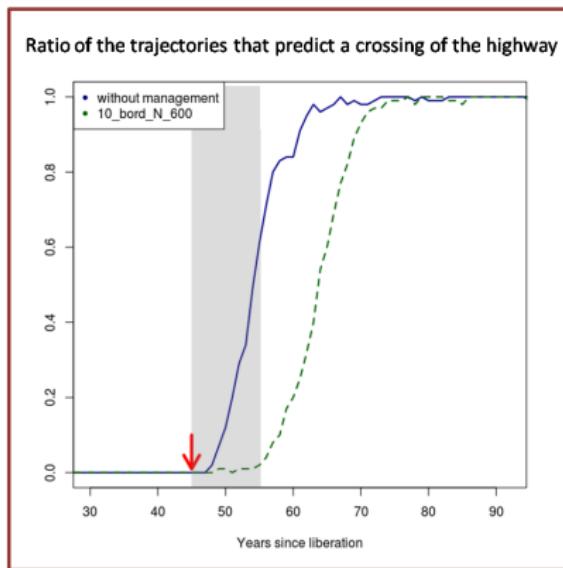


Effet des scénarios de capture



L'autoroute une barrière valorisable

The highway effect



Conclusion

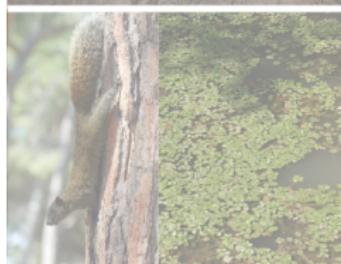
Management scenarios

- No management scenario led to a decrease of N or A
- In all of the investigated scenarios: resumption of growth after the cessation of interventions
- Some strategies however more effective than others
- Strategies concerning management actions cannot be considered independently of the location, duration and demographic components

Dynamique des communautés

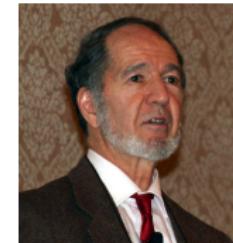
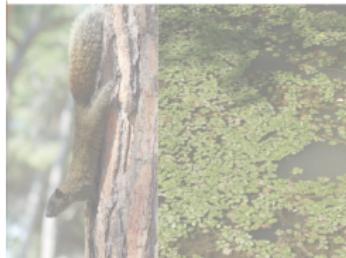
Les typologies des menaces

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



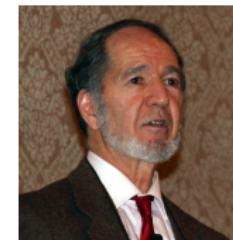
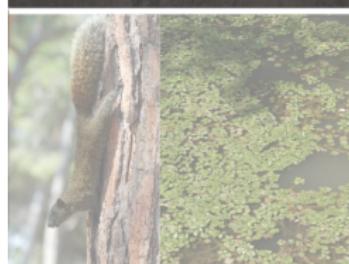
Les typologies des menaces

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



Les typologies des menaces

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



Les typologies des menaces

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



Les typologies des menaces

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



Destruction des habitats



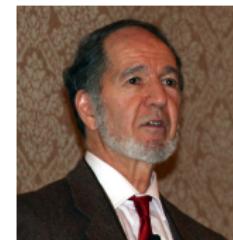
Surexploitation



Invasions biologiques

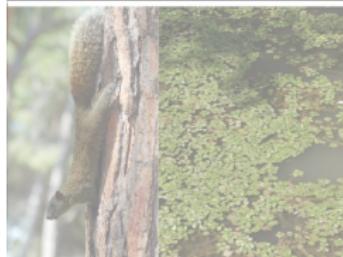


Extinction secondaire



Importance la connectivité

J. Diamond (1989) : *Evil quartet*



- Contexte de changements globaux
- Besoins des populations :
 - dispersion
 - installation
- Conditionnés par :
 - qualité des habitats
 - fragmentation
 - connectivité

La connectivité

Définition

Capacité d'un paysage, à faciliter ou à limiter le déplacement des organismes entre deux patchs d'habitats à travers la matrice paysagère (Taylor, 1993, Merriam 1984).

La connectivité

Définition

Capacité d'un paysage, à faciliter ou à limiter le déplacement des organismes entre deux patchs d'habitats à travers la matrice paysagère (Taylor, 1993, Merriam 1984).

Les mesures

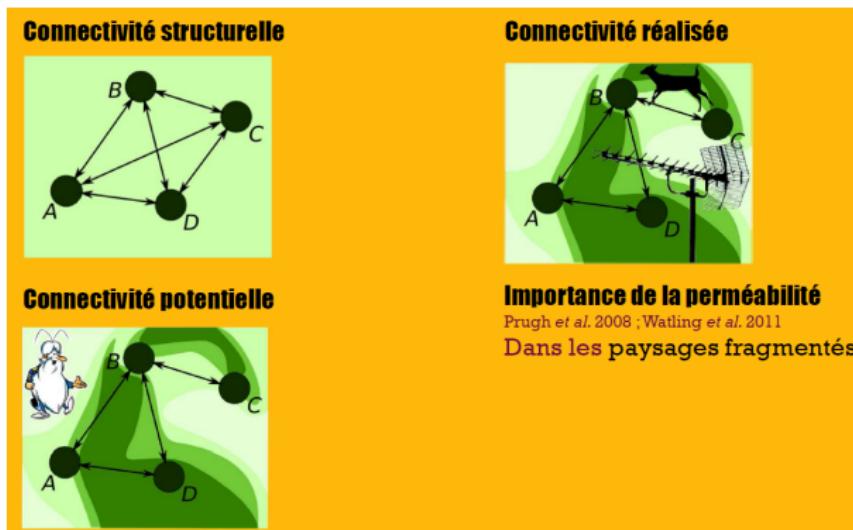
Définition très vague → Pas de consensus sur les méthodes de mesure.

Les mesures de connectivités du paysage

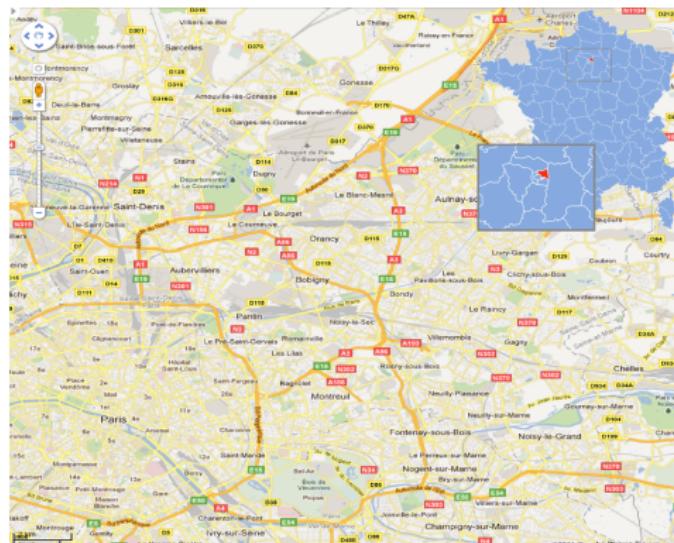
Pas de consensus

Classement des mesures en fonction des données utilisées

Calabrese *et al.* 2004, : Minor *et al.* 2009



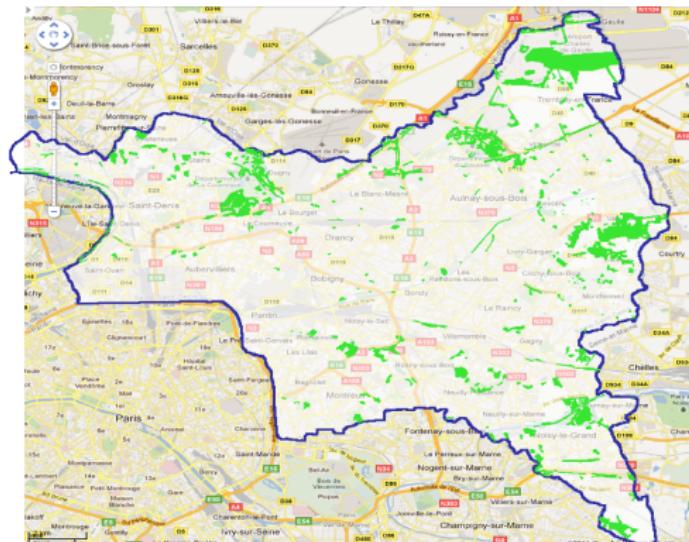
Étude à l'échelle du paysage



- Seine Saint Denis
- CBNBP
*Conservatoire Botanique National
du Bassin Parisien*

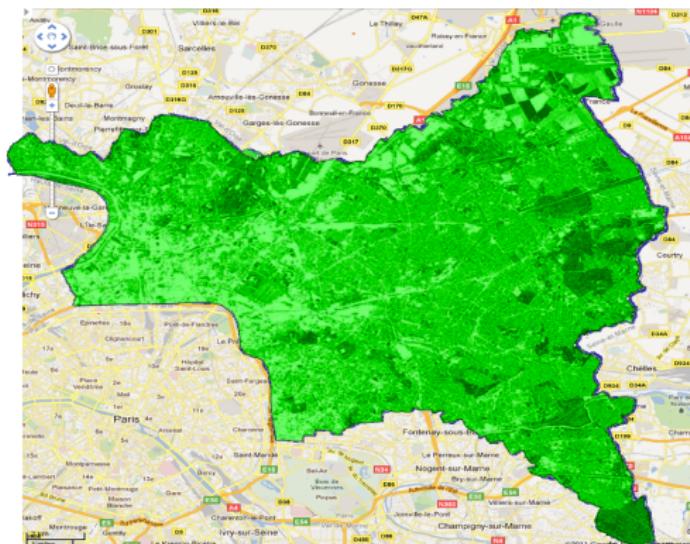


Données de connectivité *a priori*



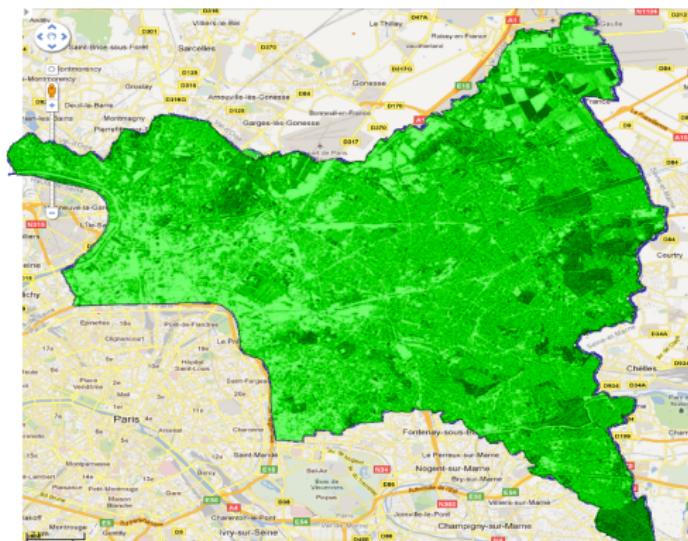
- Cartographie des habitats:
446 milieux naturelles ouverts
 - connectivité "distance"

Données de connectivité *a priori*



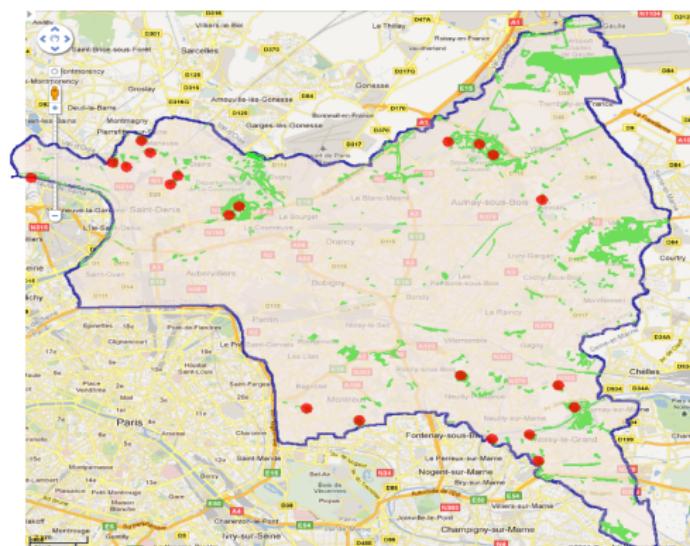
- Cartographie des habitats:
446 milieux naturelles ouverts
 - connectivité "distance"
- Matrice de vert
 - connectivité "chemin de moindre coût"

Données de connectivité *a priori*



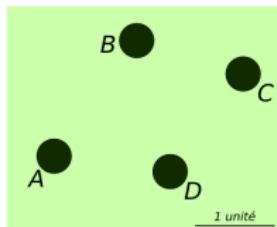
- Cartographie des habitats: 446 milieux naturelles ouverts
 - connectivité "distance"
- Matrice de vert
 - connectivité "chemin de moindre coût"
- HYPOTHÈSE: indice quantitatif standardisé corrélé à la perméabilité

Données de connectivité *a posteriori*



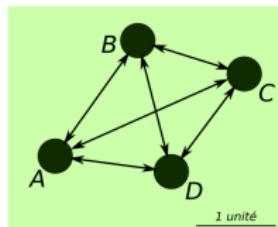
- Inventaire floristique standardisé dans 21/446 patches
 - distance taxonomique (Indice de Bray-Curtis)

Les mesures de connectivités utilisées



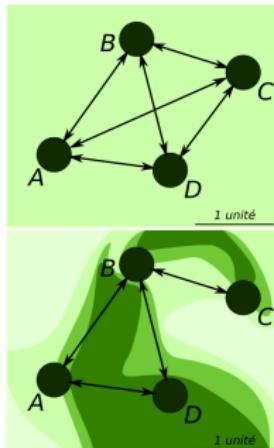
- 2 connectivités *a priori*
- 1 connectivité *a posteriori*

Les mesures de connectivités utilisées



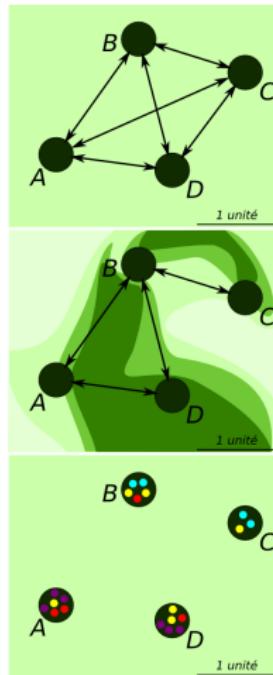
- 2 connectivités *a priori*
 - **Connectivité "Distance"**
définie par l'organisation spatiale des patchs.
- 1 connectivité *a posteriori*

Les mesures de connectivités utilisées



- 2 connectivités *a priori*
 - **Connectivité "Distance"**
définie par l'organisation spatiale des patchs.
 - **Connectivité "Chemin de moindre coût"**
prise en compte de la perméabilité du paysage.
- 1 connectivité *a posteriori*

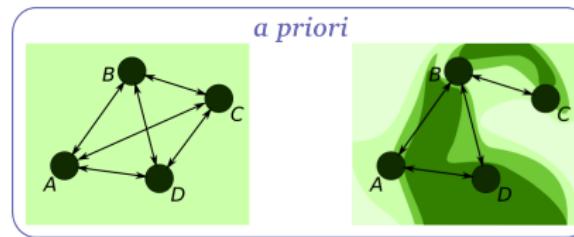
Les mesures de connectivités utilisées



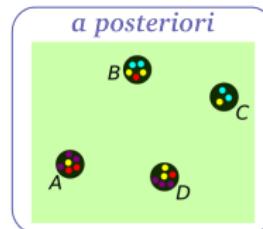
- 2 connectivités *a priori*
 - **Connectivité "Distance"**
définie par l'organisation spatiale des patchs.
 - **Connectivité "Chemin de moindre coût"**
prise en compte de la perméabilité du paysage.
- 1 connectivité *a posteriori*
 - **Connectivité réalisée**
résultat de la connectivité:
distance génétique, distance taxonomique.

Principe du modèle

Caractériser l'effet de la perméabilité sur la structuration des métacommunautés

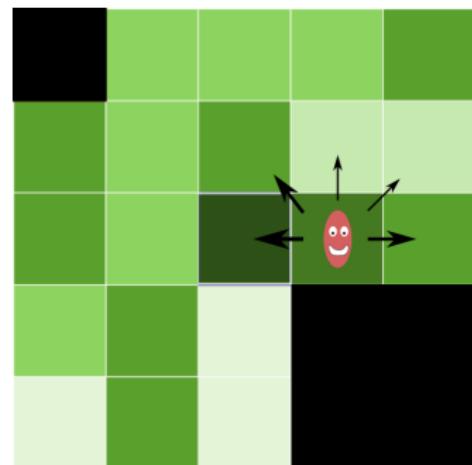


VALIDATION



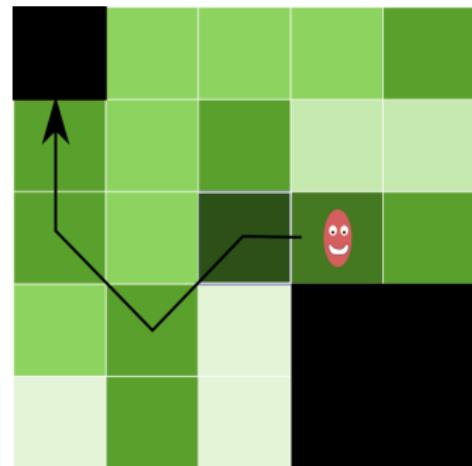
Un modèle individus centrés

- Tenir compte de la perméabilité
 - information géographique très fine $15m \times 15m$
 - le nombre de chemins possibles infini



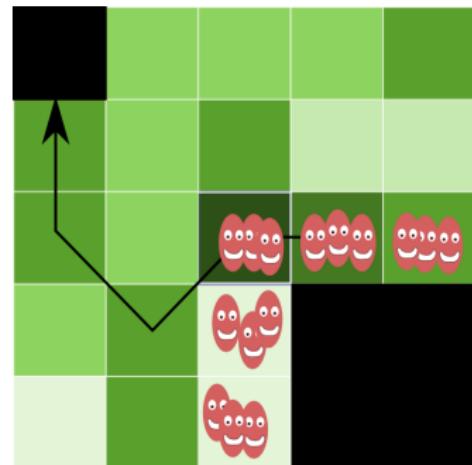
Un modèle individus centrés

- Tenir compte de la perméabilité
 - information géographique très fine $15m \times 15m$
 - le nombre de chemins possibles infini
- Modèle de dispersion de graines
 - individus centrés
 - probabiliste
 - chemin de moindre coût



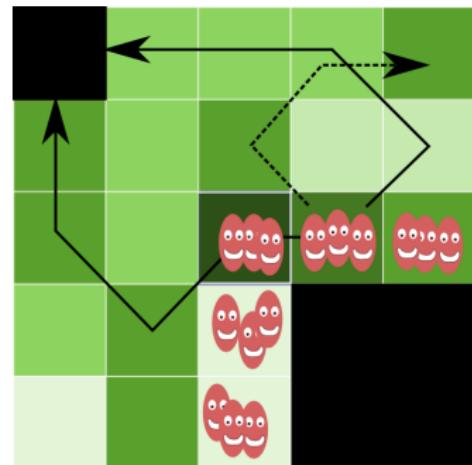
Un modèle individus centrés

- Tenir compte de la perméabilité
 - information géographique très fine $15m \times 15m$
 - le nombre de chemins possibles infini
- Modèle de dispersion de graines
 - individus centrés
 - probabiliste
 - chemin de moindre coût



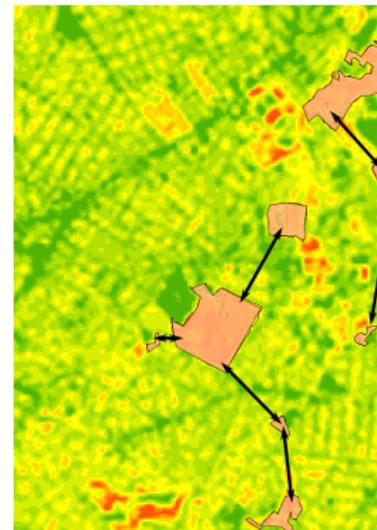
Un modèle individus centrés

- Tenir compte de la perméabilité
 - information géographique très fine $15m \times 15m$
 - le nombre de chemins possibles infini
- Modèle de dispersion de graines
 - individus centrés
 - probabiliste
 - chemin de moindre coût

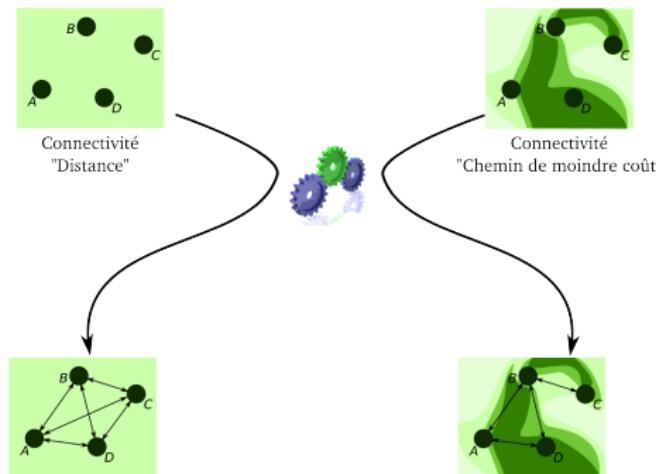


Un modèle individus centrés

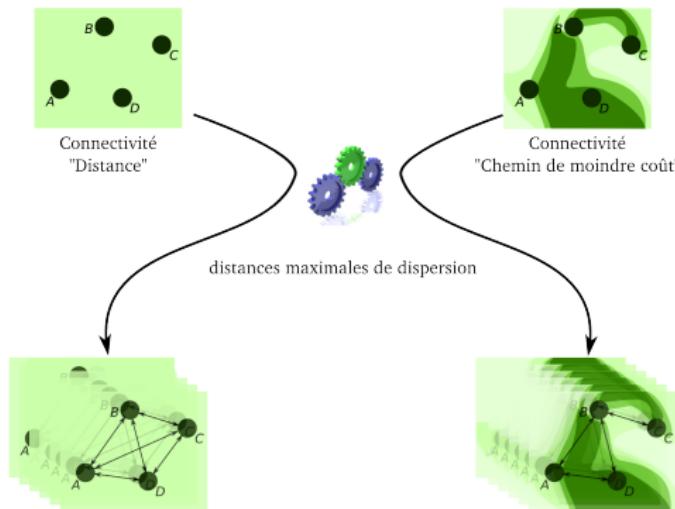
- Tenir compte de la perméabilité
 - information géographique très fine $15m \times 15m$
 - le nombre de chemins possibles infini
- Modèle de dispersion de graines
 - individus centrés
 - probabiliste
 - chemin de moindre coût



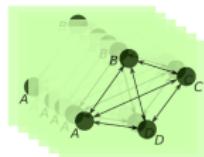
Le modèle



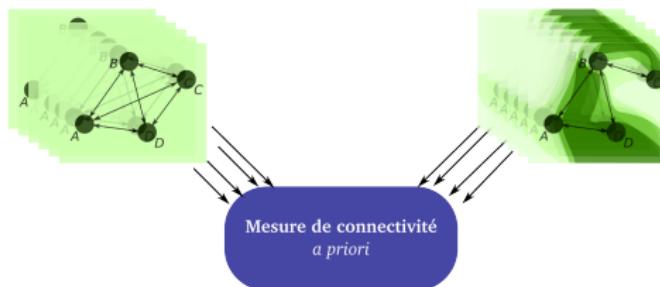
Le modèle



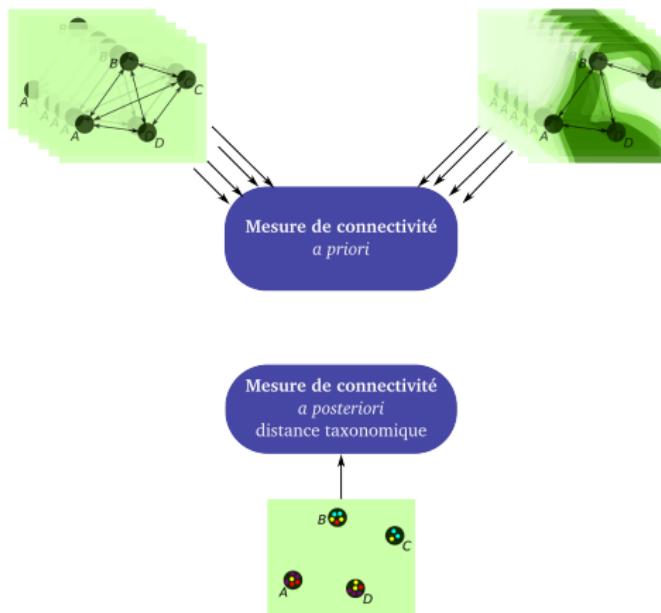
Le modèle



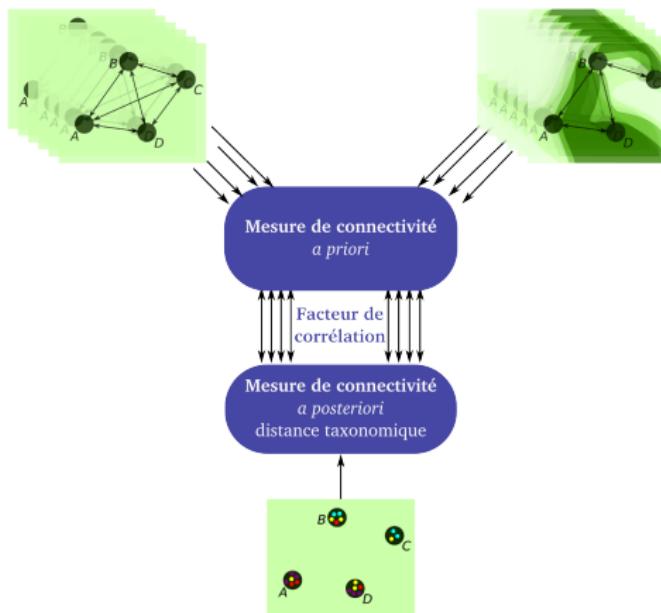
Le modèle



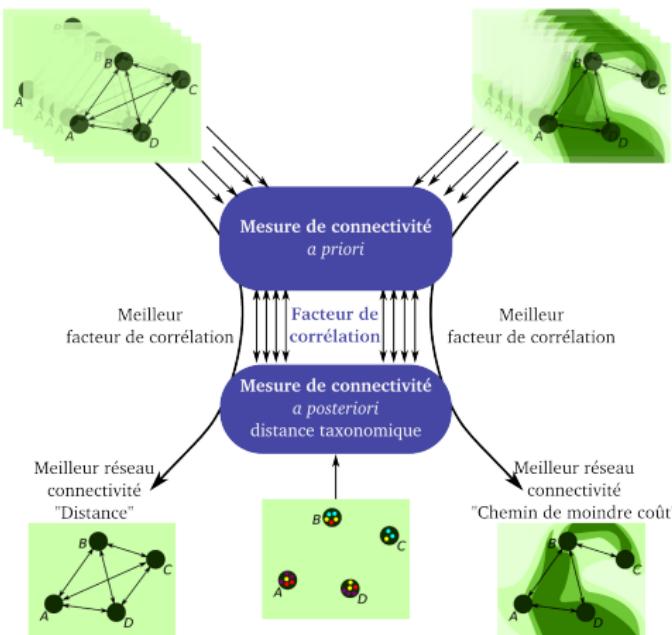
Le modèle



Le modèle



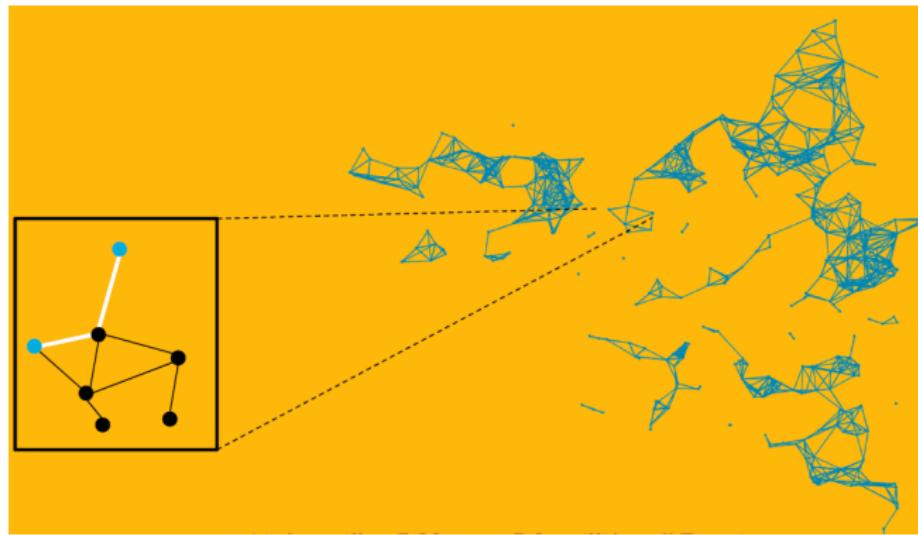
Le modèle



Mesure de la force des connections

Chemin le plus court entre deux patchs

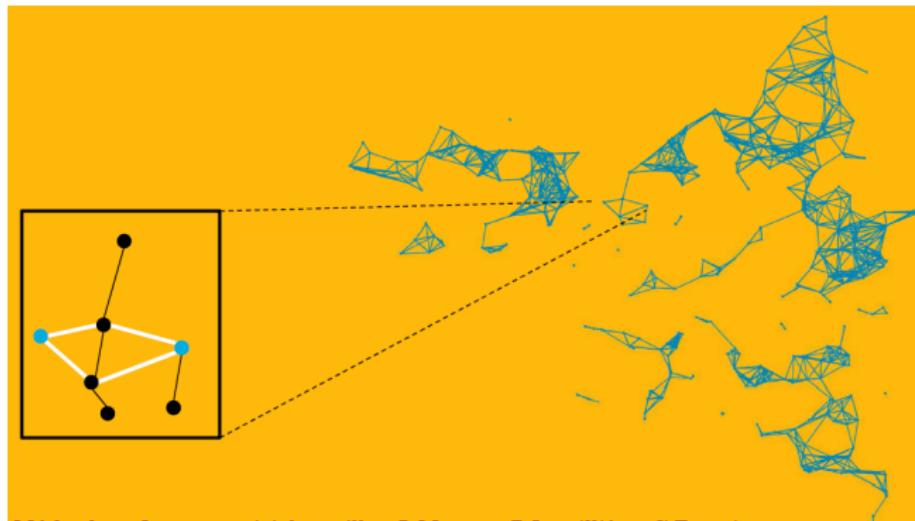
Les autres patchs sont utilisés comme relais



Mesure de la force des connections

Flux maximal entre deux patchs

Nombre de chemins indépendants (directs ou indirects)



Calibration

	Matrice homogène	Matrice hétérogène
Plus courte distance	Meilleur réseau 1	Meilleur réseau 2
Flux maximal	Meilleur réseau 3	Meilleur réseau 4

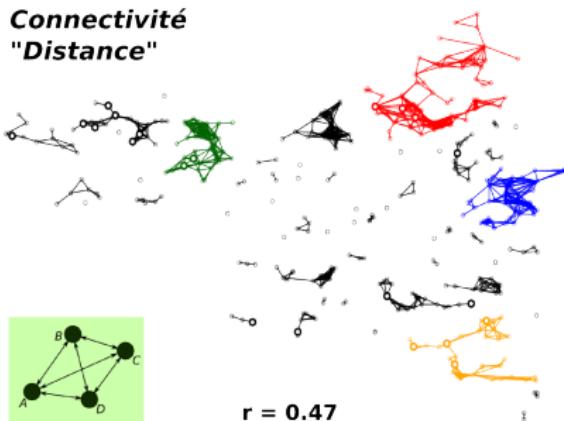
Calibration

	Matrice homogène	Matrice hétérogène
Plus courte distance	Meilleur réseau 1	Meilleur réseau 2
Flux maximal	Meilleur réseau 3	Meilleur réseau 4

Résultats

Meilleur réseau pour chaque connectivité *a priori*

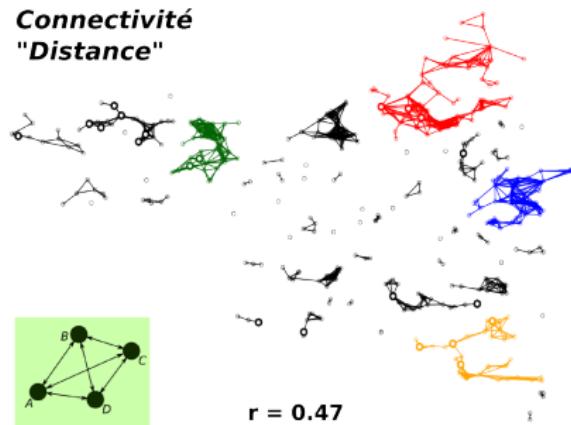
**Connectivité
"Distance"**



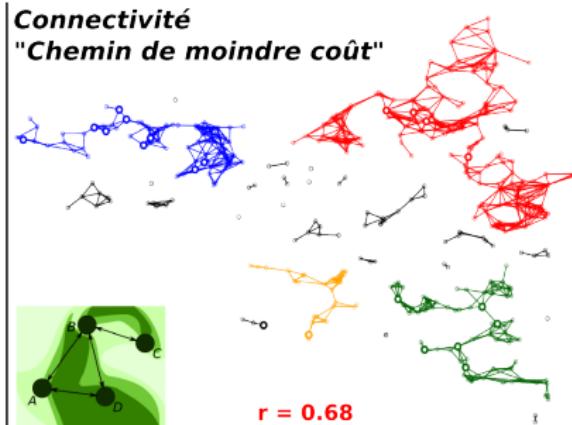
Résultats

Meilleur réseau pour chaque connectivité *a priori*

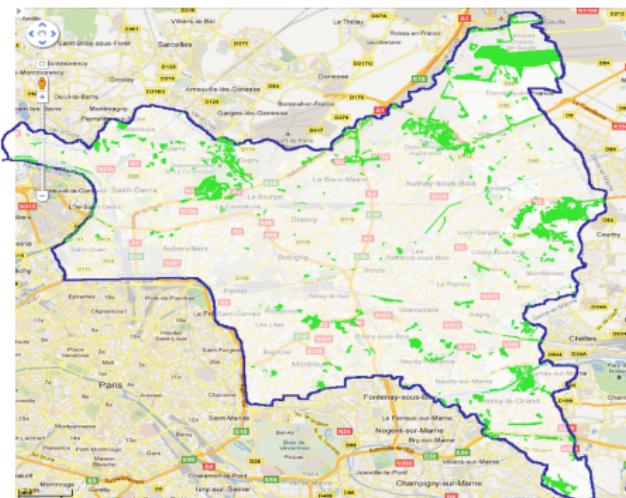
Connectivité
"Distance"



Connectivité
"Chemin de moindre coût"

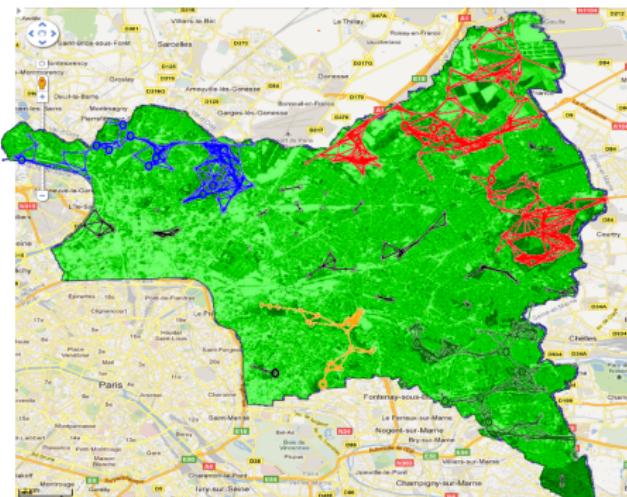


Conclusion



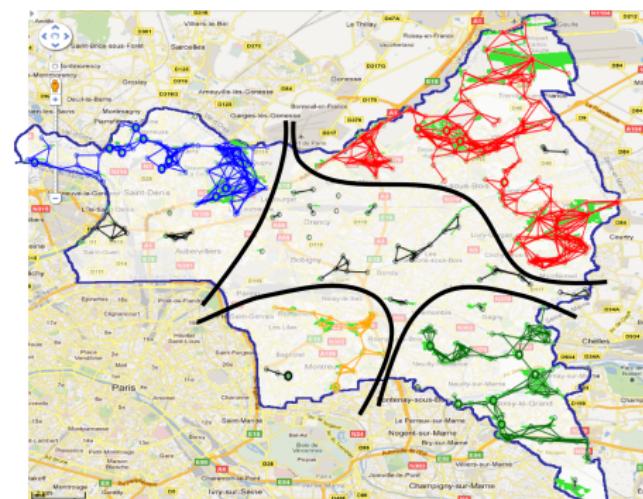
- Importance de la perméabilité dans la structuration des communautés

Conclusion



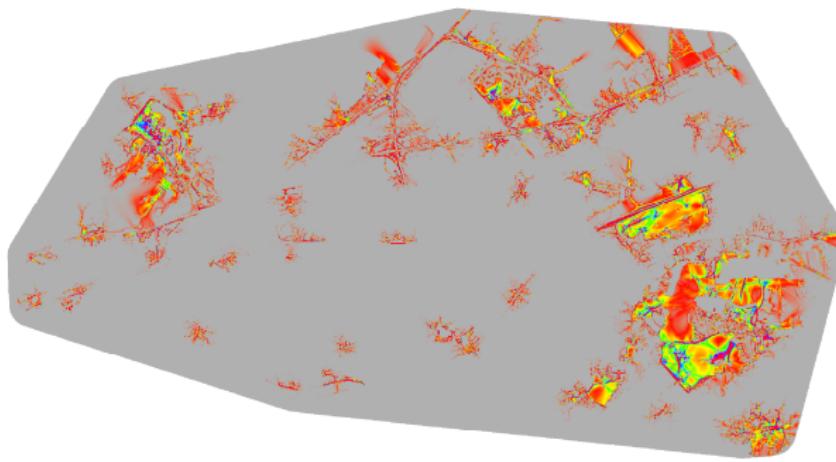
- Importance de la perméabilité dans la structuration des communautés
- Chemin de moindre coût = bon prédicteur de la perméabilité

Conclusion



- Importance de la perméabilité dans la structuration des communautés
- Chemin de moindre coût = bon prédicteur de la perméabilité
- Mise en évidence des barrières:
 - outil de gestion
 - mise en place de corridors écologiques

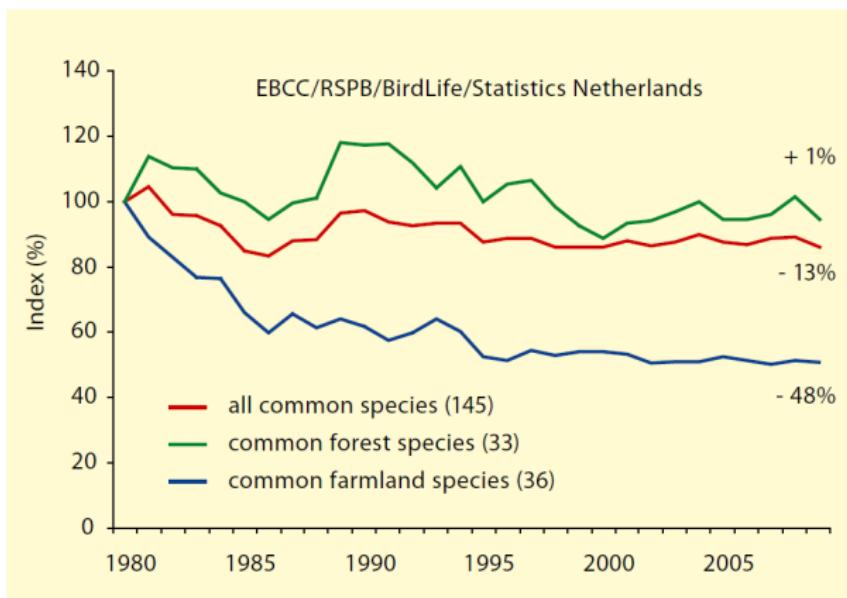
Et avec un automate cellulaire





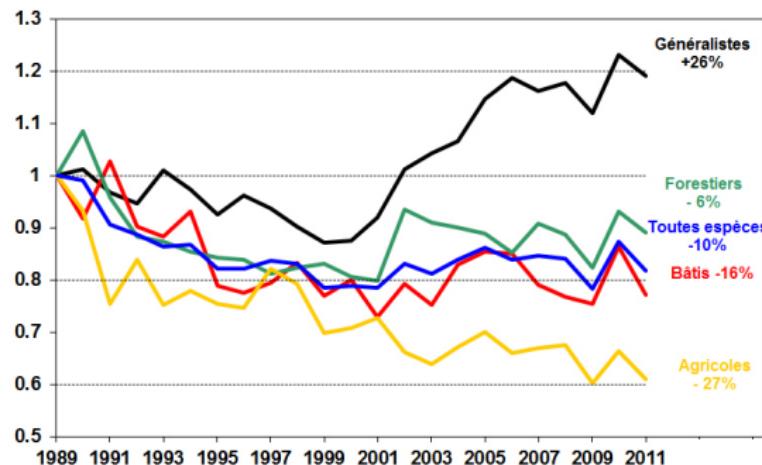
Quelle conséquences sur la biodiversité des oiseaux?

Indicateur européen et français



The wild bird indicators for Europe. The numbers in parentheses show the numbers of species in each indicator.

Indicateur européen et français



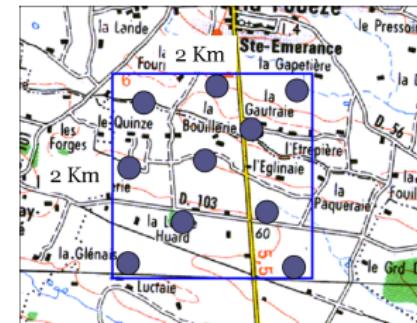
Protocole STOC (Breeding Bird Survey)

STOC: Suivi Temporel des Oiseaux Communs

2300 carrés suivis au moins une fois entre 2001 et 2013



- Sites choisis aléatoirement
- 10 pts d'écoute de 5mn par site
- 2 passages pas an
- Description standardisée de l'hab.



Protocole STOC: Alouette des champs (*Alauda arvensis*)



- Tendance :



Protocole STOC: Alouette des champs (*Alauda arvensis*)



- Tendance :
 - -22% depuis 1989, déclin



Protocole STOC: Alouette des champs (*Alauda arvensis*)



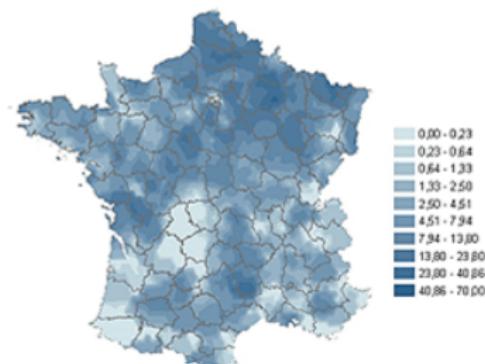
- Tendance :
 - -22% depuis 1989, déclin
 - -10% depuis 2001, diminution



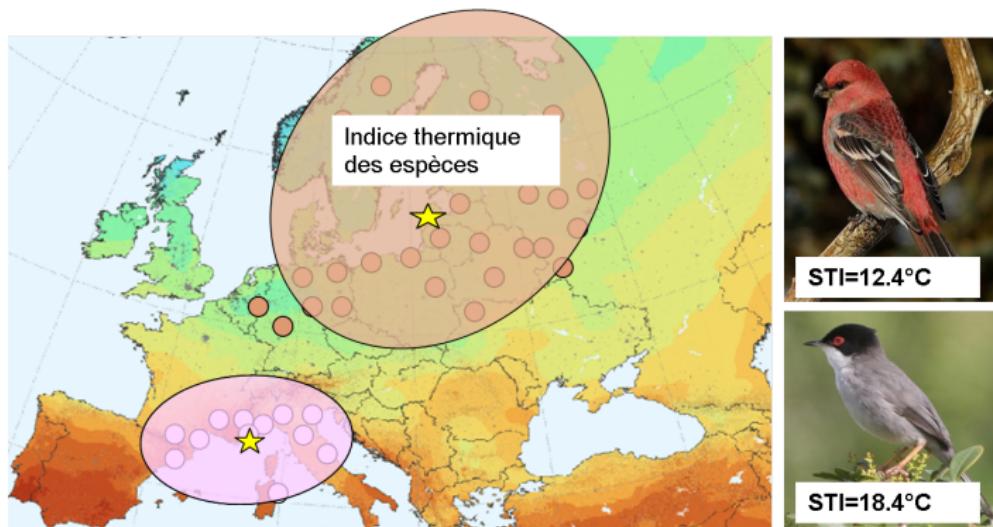
Protocole STOC: Alouette des champs (*Alauda arvensis*)



- Tendance :
 - -22% depuis 1989, déclin
 - -10% depuis 2001, diminution
- Distribution géographique par espèce



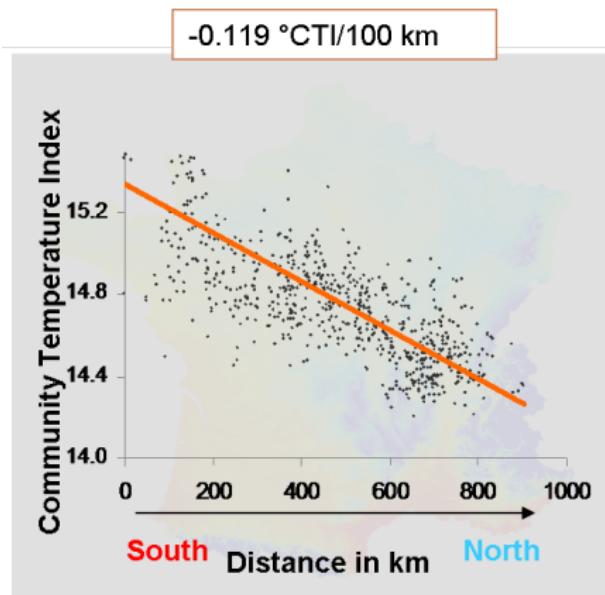
Suivre ou ne pas suivre sa niche climatique...



Community Temperature Index

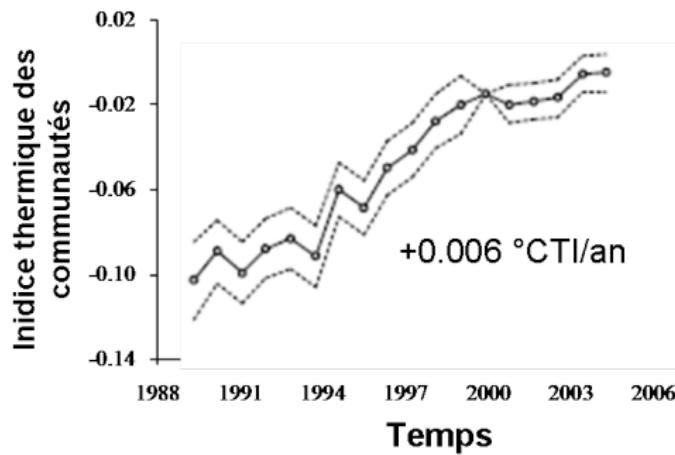
$$\text{CTI} = \frac{1\text{STI}_1 + 1\text{STI}_2 + 2\text{STI}_3 + 2\text{SSI}_4}{4}$$

Suivre ou ne pas suivre sa niche climatique...



Devictor et al. 2008

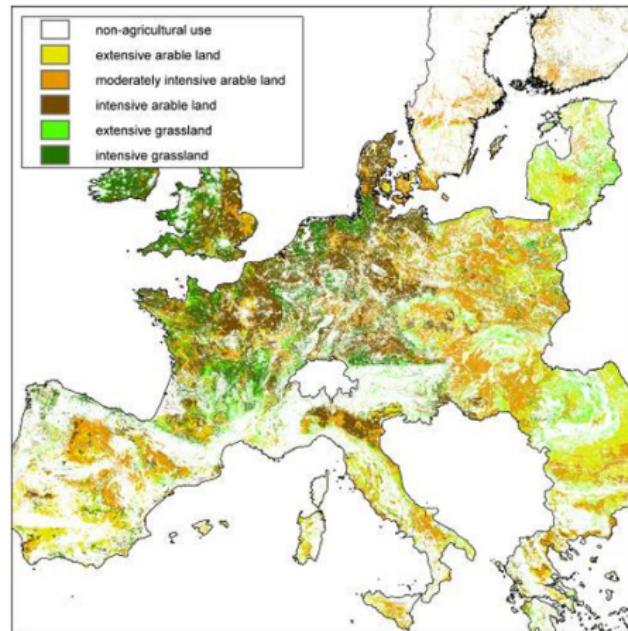
Suivre ou ne pas suivre sa niche climatique. . .



Devictor et al. 2008

L'agriculture

En Europe:
Agriculture \approx 50% surface



Evolution paysage agricole

Evolution des paysages agricoles au cours des dernières décennies



Homogénéisation du paysage et des pratiques

Objectif

- Comment les espèces déplacent leur aire de distribution

Objectif

- Comment les espèces déplacent leur aire de distribution
 - scénario agricole

Objectif

- Comment les espèces déplacent leur aire de distribution
 - scénario agricole
 - Outil d'aide à la décision

Hypothèses

- Capacité de déplacement des aires très difficile à estimé

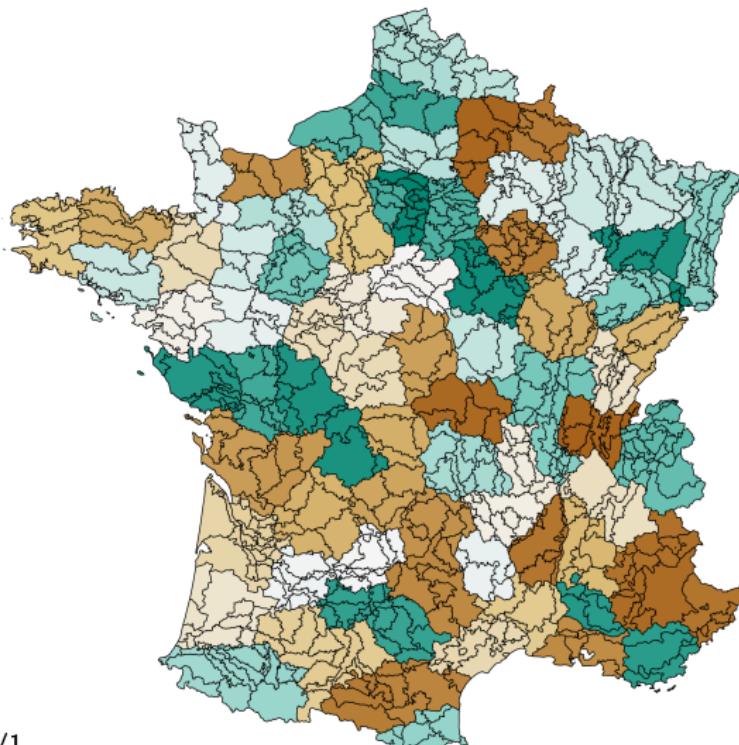
Hypothèses

- Capacité de déplacement des aires très difficile à estimé
 - proxy : taux d'échange d'individus = taux de migration

Hypothèses

- Capacité de déplacement des aires très difficile à estimé
 - proxy : taux d'échange d'individus = taux de migration
- proposition d'un modèle mécaniste pour l'estimer

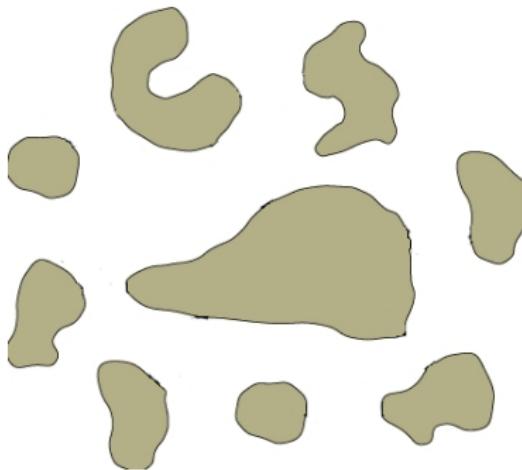
Petites Région Agricoles



713 Small Agricultural Region
(PRA)

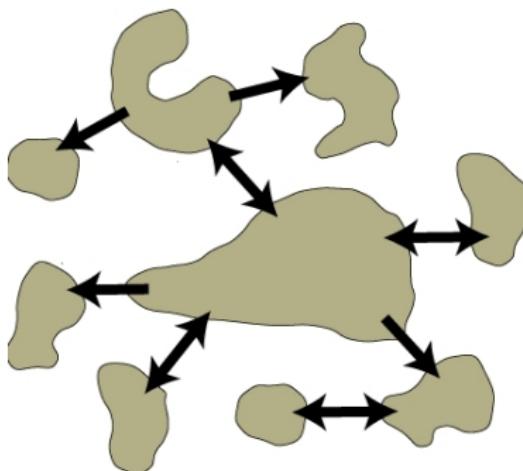
- formes variables
- tailles variables

Meta-communauté face aux perturbations



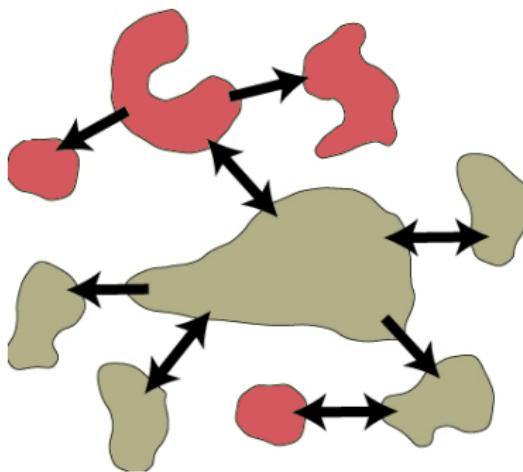
- Dynamique locales en fonction de variable locales

Meta-communauté face aux perturbations



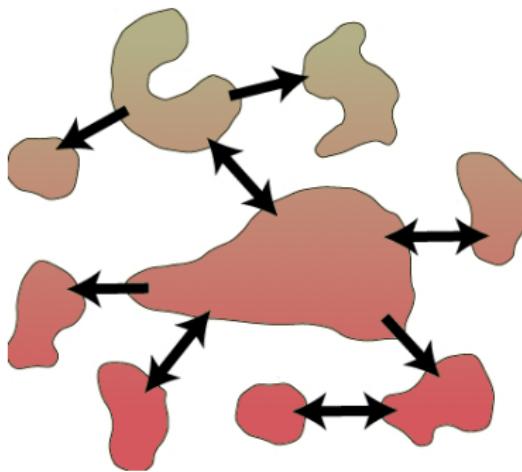
- Dynamique locales en fonction de variable locales
- Taux de dispersion essentiel

Meta-communauté face aux perturbations



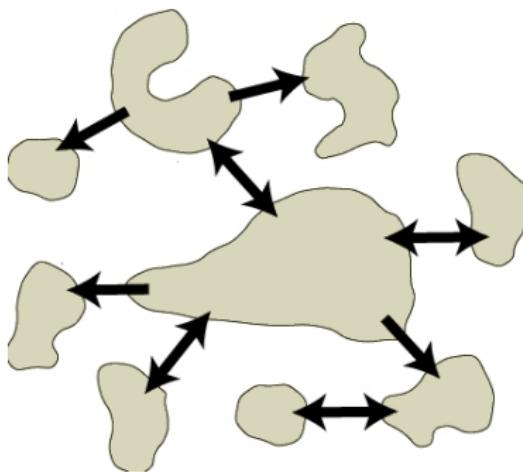
- Dynamique locales en fonction de variable locales
- Taux de dispersion essentiel

Meta-communauté face aux perturbations



- Dynamique locales en fonction de variable locales
- Taux de dispersion essentiel

Meta-communauté face aux perturbations



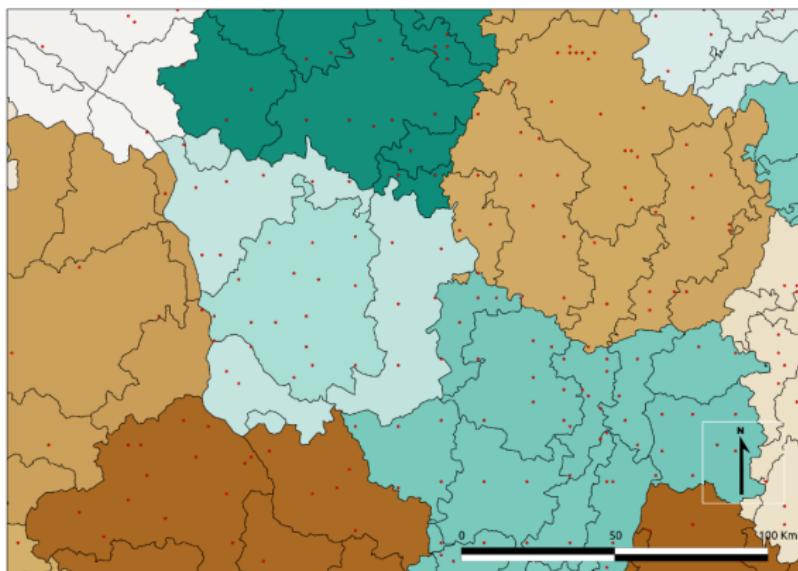
- Dynamique locales en fonction de variable locales
- Taux de dispersion essentiel

Modèle mécaniste de metapop

$$N_{i,j}(t+1) = N_{i,j}(t) + r_i N_{i,j}(t) \left(1 - \frac{N_{i,j}(t)}{K_{i,j}(t)}\right) + \tau_i \left(N_{ij}(t) - \sum_{j' \text{ close to } j} N_{ij'}(t) \right) \quad (1)$$

- r_i taux de croissance intrinsèque
- $K_{i,j}(t)$ capacité de charge
- τ_i taux de dispersion

Abundance N



37 species

- 23 farmland bird species

Abundance N



Skylark

Alauda arvensis

Linnet

Carduelis cannabina

Stonechat

Saxicola rubicola

Cirl bunting

Emberiza cirlus

Kestrel

Falco tinnunculus

Grey partridge

Perdix perdix

Rook

Corvus frugilegus

Hoopoe

Upupa epops

Lapwing

Vanellus coronatus

37 species

- 23 farmland bird species
- 14 generalist birds species

Abundance N



Black bird
Turdus merula



Blue tit
Cyanistes caeruleus



Cuckoo
Cuculus canorus



Melodious warbler
Hippolais polyglotta



Golden oriole
Oriolus oriolus



Wood pigeon
Columba palombe

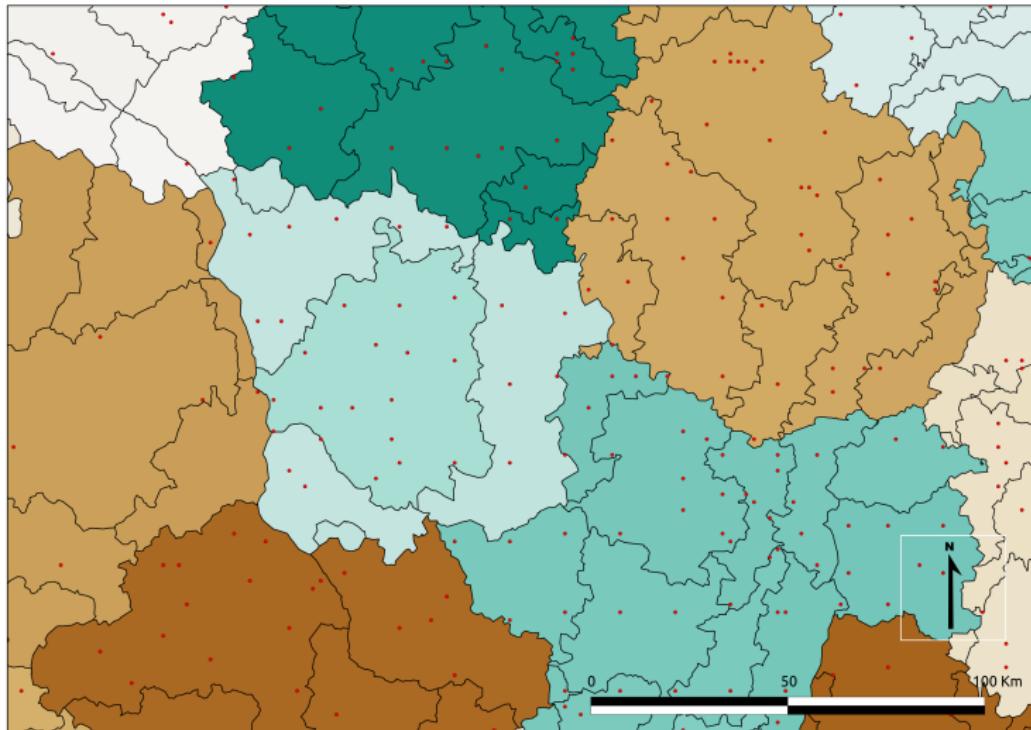


Carrion crow
Corvus corone

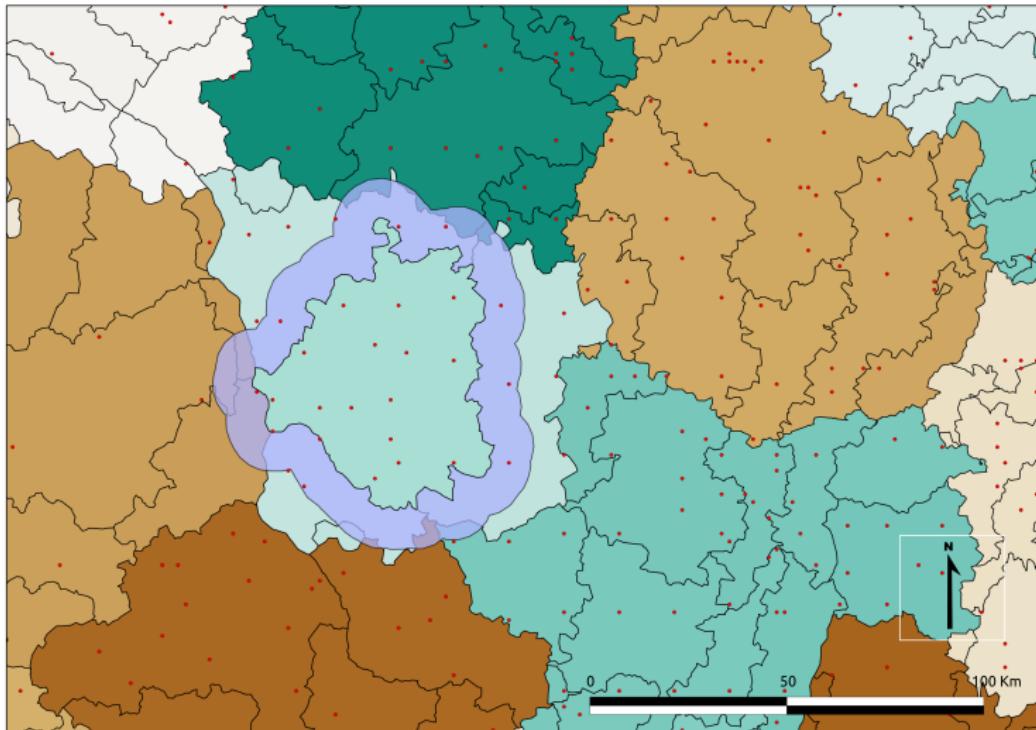
37 species

- 23 farmland bird species
- 14 generalist birds species

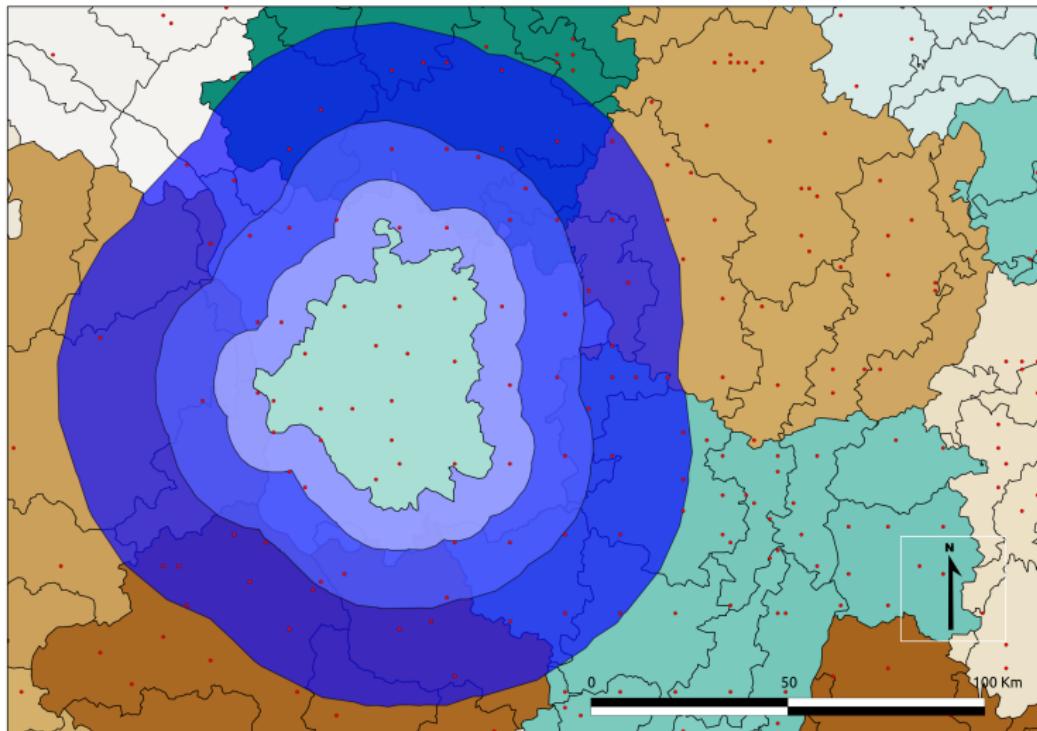
τ : taux de migration



τ : taux de migration

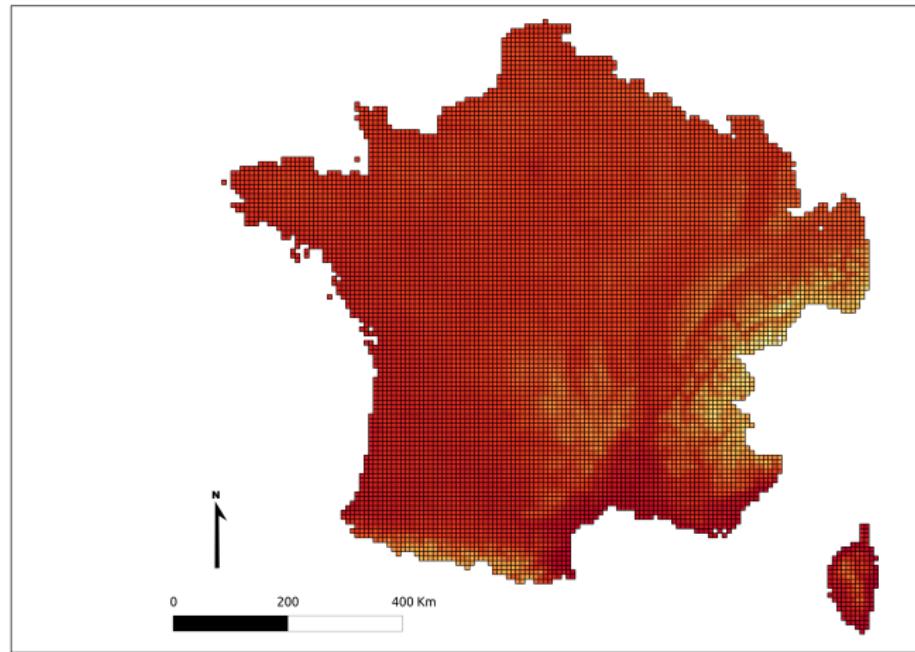


τ : taux de migration



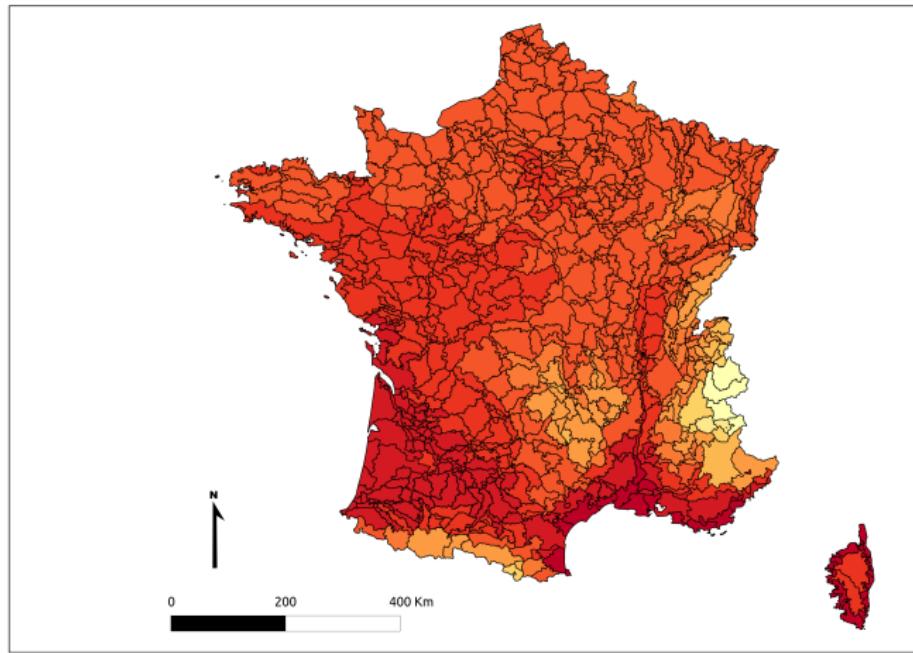
K : capacité de charge

13 variables temp, precip, ...



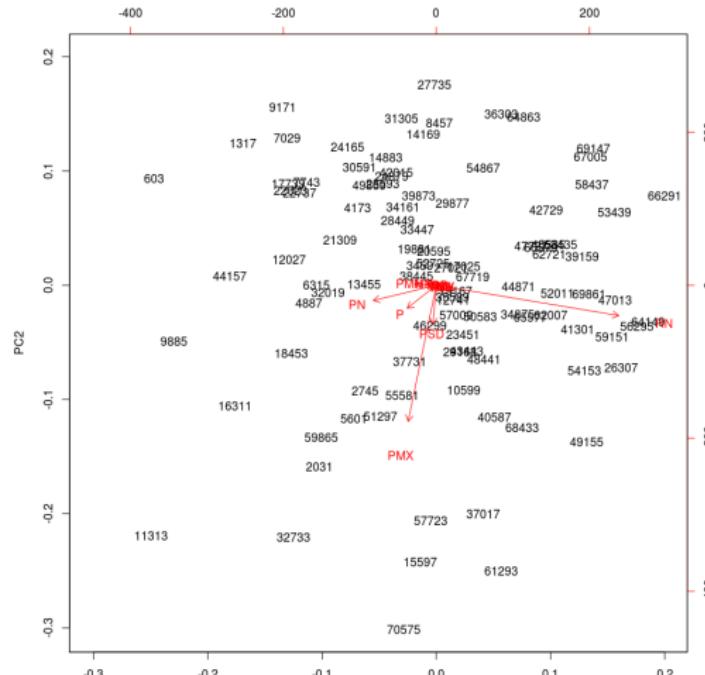
K : capacité de charge

13 variables temp, precip, ...



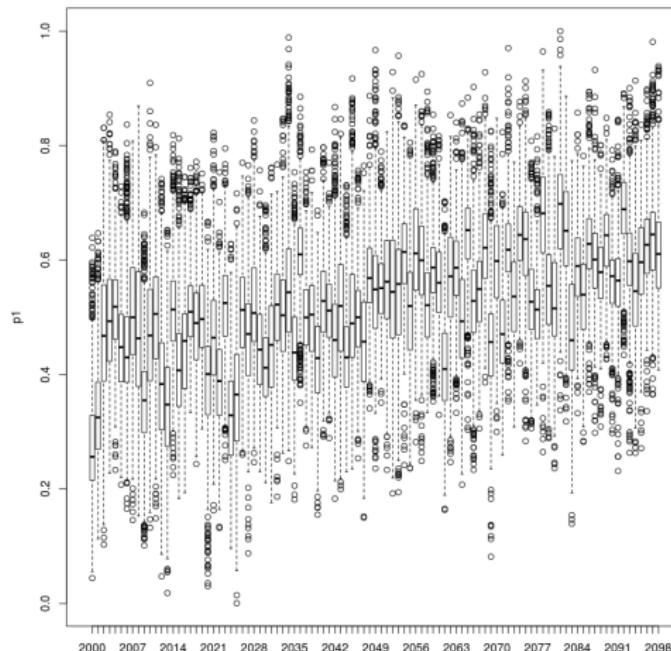
K : capacité de charge

13 variables temp, precip, ...



K : capacité de charge

13 variables temp, precip, ...



R : taux de croissance

$$R_i(t) = \sum_{u=1}^7 a_u A_{iu}(t) \quad (2)$$

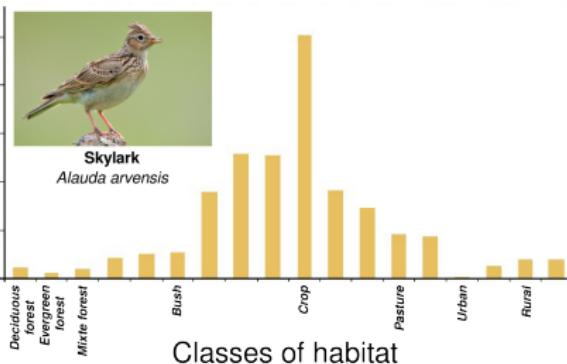
K : capacité de charge

OTEX: orientation téchnico-économique \Rightarrow 7 variables de types d'occupation du sol

- CROP
- INDUS_CROP
- OTHER_CROP
- PERENIAL
- LIVESTOCK
- POLYCULTURE
- GRANIVORE

Indice de Spécialisation des espèces (SSI)

Relative abundances (%)

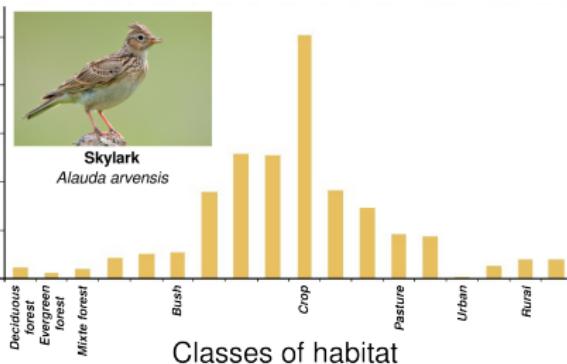


Coefficient de variation
de l'abondance parmi
les habitats

$$SSI_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^K (d_j - \bar{d})^2}{K-1}} \quad (3)$$

Indice de Spécialisation des espèces (SSI)

Relative abundances (%)

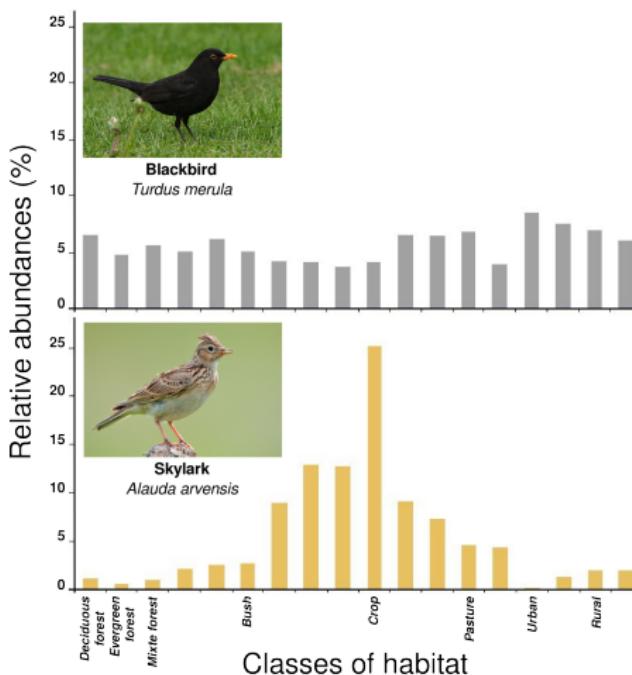


Coefficient de variation
de l'abondance parmi
les habitats

$$SSI_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^K (d_j - \bar{d})^2}{K-1}} \quad (3)$$

- Une espèce agricole:
 $SSI_{Skylark} = 1.07$

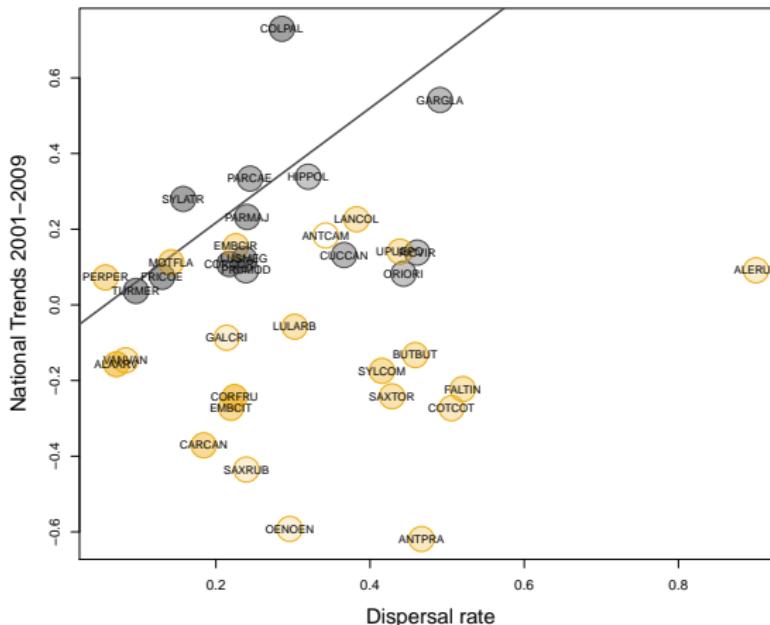
Indice de Spécialisation des espèces (SSI)

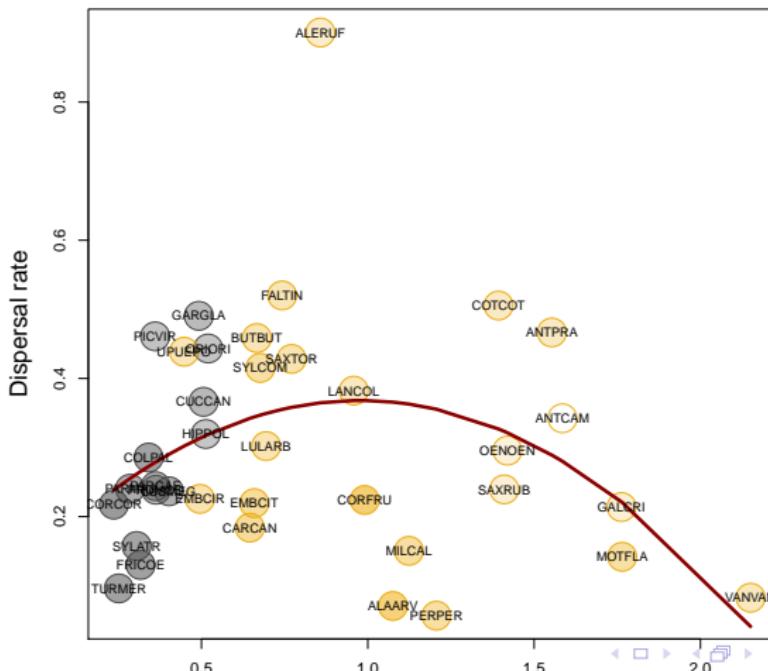


Coefficient de variation
de l'abondance parmi
les habitats

$$SSI_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^K (d_j - \bar{d})^2}{K-1}}}{\bar{d}} \quad (3)$$

- Une espèce agricole:
 $SSI_{Skylark} = 1.07$
- Une espèce généraliste:
 $SSI_{Blackbird} = 0.25$

National trends , τ et SSI

τ et SSI

Conclusion

- importance de la migration inter patch dans la dynamique local (30 sp / 37)

Conclusion

- importance de la migration inter patch dans la dynamique local (30 sp / 37)
- les populations souffre globalement moins si elle ont un τ fort

Conclusion

- importance de la migration inter patch dans la dynamique local (30 sp / 37)
- les populations souffre globalement moins si elle ont un τ fort
- sauf si elle sont très spécialistes

Conclusion

- importance de la migration inter patch dans la dynamique local (30 sp / 37)
- les populations souffre globalement moins si elle ont un τ fort
- sauf si elle sont très spécialistes
- → effet aggravant la réponse des spécialistes

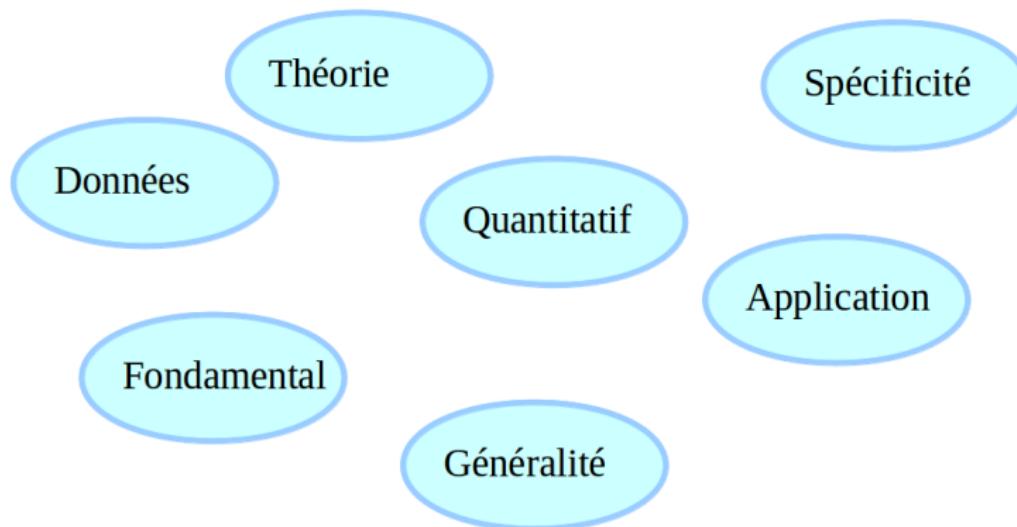
Conclusion

- importance de la migration inter patch dans la dynamique local (30 sp / 37)
- les populations souffre globalement moins si elle ont un τ fort
- sauf si elle sont très spécialistes
- → effet aggravant la réponse des spécialistes
- τ semble avoir un sens fonctionnel au vu de sa corrélation avec le HRS

Conclusions, perspectives

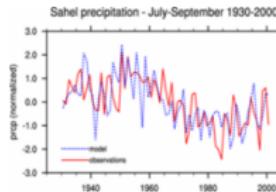
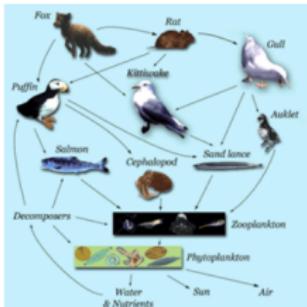
Conclusion et perspectives

- Nombreux compromis quant à la portée et la pertinence des résultats



Conclusion et perspectives

- Nombreux compromis quant à la portée et la pertinence des résultats
- Données



Conclusion et perspectives

- Nombreux compromis quant à la portée et la pertinence des résultats
- Données
- Intégration de la variabilité inter-individuelle et environnementale
- intégration des interactions inter-spécifiques

Merci

