

# **Introduire davantage d'écologie des communautés dans les modèles de distribution d'espèce**

## **L'information des réseaux**

L'effort essentiel de ma thèse porté sur la caractérisation du questionnement sur les interactions d'espèces m'a conduit à conclure qu'il y a un problème d'échelle biologique.

Dans le projet ici présenté, nous proposons de construire des modèles théoriques plus intégratifs en repartant d'un modèle théorique classique, celui de la théorie de la biogéographie des îles proposée par MacArthur et Wilson ?. Dans un premier temps, nous y ajoutons les interactions entre espèces et une relation explicite avec l'environnement abiotique au travers d'une approche communauté centrée qui étend le modèle classique. Dans un second temps, nous combinons une approche population centrée et les processus évolutifs pour une biogéographie insulaire plus mécaniste. Enfin, au regard des enjeux que soulève le rôle des interactions entre espèces dans la construction de la biodiversité, nous réfléchissons sur l'inférence d'espèces interdépendantes.

différentes théories pour différentes échelles ??

De par son pouvoir explicatif et son élégance, le modèle de MacArthur et Wilson est un point de départ approprié pour construire des modèles plus intégratifs en intégrant explicitement des processus écologiques et évolutifs. Cette idée n'est pas nouvelle et les auteurs de la TIB ont étudié un certain nombre de processus écologiques. Notamment, ils ont intégré les phénomènes de spéciation ? et réfléchi sur l'importance des interactions quant à la répartition des espèces ?. Néanmoins, dans le modèle classique, l'ensemble de ces aspects sont absents, l'idée que les processus écologiques importent peu aux larges échelles domine. Nous allons, dans ce projet, à l'encontre de cette idée et proposons de construire des modèles intégratifs qui étendent la TIB.

## **Interaction des différents mécanismes**

L'interaction de différents L'ensemble des trois éléments jusqu'ici évoqués (environnement abiotique, interaction, évolution) peuvent également être étroitement associés. Grant et Grant 2006 rapportent le cas de la compétition entre trois espèces de pinsons (dits de Darwin) sur l'île de Daphne (Galapagos) qui engendre une modification de la taille de leurs becs. Cette évolution liée à la compétition est elle-même reliée à l'environnement abiotique car, par l'abondance ou l'absence de précipitations, il détermine la disponibilité des ressources et donc l'intensité de la compétition ?. A travers cet exemple, nous comprenons l'importance d'inclure l'ensemble des différents processus pour construire un modèle intégratif en biogéographie. Un tel modèle serait capable, par exemple, de renseigner les risques d'exclusion compétitive dans l'exemple décrit par Grant et Grant.

## **Vers une théorie en intégrative de la biogéographie**

Dans la réédition de 2001 [1] Wilson rappelle que le problème :

“The flaws of the book lie in its oversimplification and incompleteness, which are endemic to most efforts at theory and synthesis.”

Suite à mes travaux présentés dans cette thèse, je pense avoir réellement compris les lacunes théoriques de la Biogéographie relevées il y a plus de 15 ans par Mark Lomolino [2]. En ouverture d'un numéro spécial dédié à la biogéographie des îles, il insistait sur le besoin d'introduire davantage d'écologie dans la biogéographie. Je me range de son côté et de celui de différents auteurs pour voir une modèle en biogéographie articuler autour de trois composantes fondamentales de la biogéographie: migration, extinction et évolution. Comment le reste de l'écologie affecte et influence l'interplay de ces processus...

L'effort théorique nécessaire en biogéographie porte sur l'intégration ordonnée de concepts clés issus de différents champs de l'écologie. Ainsi, alors que les conditions climatiques et plus généralement la géographie physique sont classiquement évoquées pour expliquer la répartition des espèces, les interactions entre espèces sont quant à elles souvent occultées. De même, bien que les processus évolutifs soient souvent évoqués comme déterminants majeurs de la diversité des espèces, leurs effets à court terme sont souvent ignorés dans les scénarios décrivant la biodiversité de demain. La difficulté principale est alors de produire des modèles (théoriques en première instance) qui intègrent l'ensemble des processus et les relations qu'ils entretiennent tout en gardant une relative simplicité. Une théorie intégrative en biogéographie pourrait être le meilleur point d'ancrage pour construire de nouvelles approches appliquées. Avec une telle théorie en main, nous pourrions aller vers l'enjeu majeur de ces dernières années en biogéographie : relâcher les hypothèses que les modèles classiques de répartition des espèces d'aujourd'hui utilisent (notamment en occultant les interactions) pour prédire la biodiversité de demain.

## **Des contraintes physiologiques**

### **L'abstraction des espèces**

L'abstraction de l'espèce pour des questions centrales : - quelles espèces vont interagir avec qui ?

### **Traits fonctionnels**

Les traits fonctionnels sont des propriétés mesurables sur les organismes en relation avec leurs performances et leur rôle dans l'écosystème. Les traits étudiés peuvent être de différentes natures, 1-morphologiques : taille de différentes parties du corps, position des yeux, taille des oeufs chez les organismes ovipares, taille des graines pour les végétaux, 2- physiologiques : taux métaboliques de bases, stoechiométrie (rapport de la concentration entre divers éléments qui composent l'organismes) etc. Un ensemble approprié de ces propriétés peut être un outil puissant pour décrire un

ensemble d'espèce dans un même espace. Leur proximité dans l'espace des traits est alors un indice précieux d'une proximité fonctionnelle. Ainsi, à l'aide de 13 traits ecomorphologiques, Albouy *et al.* 2011 parviennent à prédire les guildes trophiques de 35 espèces de poissons de la Méditerranée ?. Edwards *et al.* 2013 montrent que l'effet saisonnier sur une communauté de phytoplancton dans la Manche peut être capturé à l'aide de traits décrivant : le taux maximal de croissance, la compétitivité pour la lumière et l'azote ?. La distribution des traits fonctionnels au sein de la biodiversité est aussi une entrée de choix pour réfléchir quand à la fragilité potentielle des fonctions remplies par les écosystèmes ?. %DG: je comprends cette citation de Mouillot, mais juste une mise en garde contre ce type de référence. Mouillot se base sur l'hypothèse que les traits nous informent du fonctionnement, sans jamais documenter cette relation. Ce qui est souvent le cas, et par conséquent contribue à bâtir des mythes dans la littérature qui à l'occasion ne sont pas toujours bien appuyés. L'approche par traits est un bel exemple, on a édifié rapidement une structure conceptuelle sur les traits, mais on n'a pas solidement appuyé le concept sur de bonnes bases empiriques.

L'approche de la biodiversité par les traits fonctionnels est plus quantitative que l'approche taxonomique et permet de déduire un grand nombre de propriétés en se passant de la connaissance de leur identité. Ainsi McGill, dans son article d'opinion de 2006, propose une approche nouvelle de l'écologie des communautés qui transforme les questions centrées autour des espèces par des questions qui interrogent la répartition et la variabilité des traits ?. L'emploi des traits fonctionnels est en fait un appel à une écologie plus mécaniste, qui se penche sur la physiologie des organismes, en prend les faits les plus importants (relativement au problème traité) pour les placer dans un espace de traits commun. Cette approche est aussi en lien avec la controversée théorie métabolique en écologie ?. Dans cette théorie un certain nombre de grandeurs (comme le taux métabolique) sont reliées à la biomasse corporelles de l'adulte, fournissant ainsi en un seul trait de nombreuses relations pour des groupes d'organismes très différents. Par ces nouvelles approches, l'espérance de s'extraire de la seule identité des espèces est accrue, l'idée d'avoir des règles générales se concrétise.

Dans une théorie intégrative de la biogéographie, les traits fonctionnels peuvent être un pivot très intéressant pour rassembler les différents concepts que nous avons développés dans les paragraphes précédents. Les traits peuvent tout d'abord être mis en relation avec le milieu abiotique. Le taux métabolique ou encore la sensibilité à la sécheresse sont des indices performant pour décrire la survie dans un milieu donné ?? que l'on peut capturer sous forme de traits. Kearney *et al.* 2010 propose une approche prometteuse dans laquelle, l'environnement physique, la disponibilité des ressources et la dynamique énergétique sont reliées par les traits fonctionnelles le tout aboutissant à un modèle de distribution très mécanistes. La structure d'un réseaux peut également être dérivée à partir de l'espace des traits. Dans leur méthode proposée cette année, Gravel *et al.* infèrent les paramètres du modèle de niche de Williams et Martinez ? à partir des relations de masse du corps entre proie et prédateurs ?. Ils sont alors en mesure de dériver un réseau global pour un ensemble d'espèce donné. Enfin, en tant qu'expression phénotypique, les traits fonctionnels sont soumis aux processus évolutifs. Sur les temps longs, l'expression de l'évolution résulte en la modification progressive des traits qui se répercute sur l'ensemble des propriétés qui en découle. Ainsi la considération d'une modification des traits est une approche simple et réaliste pour introduire les processus évolutifs et leurs conséquences ??.

## **Des données nouvelles**

Comme souvent en écologie / science nous avons besoin de données, mais ce n'est pas une question vaine, L'Accumulation des données doit se faire avec une certaine normalisation pour utiliser les. Il est souvent difficile et la conséquence c'est de trouver des difficultés pour réintégrer des anciennes données ? celle des muséum ? Malgré les espoirs des remplacer les ordinateurs pour formuler les hypothèse, toujours besoin d'un développement théorique plus de que de corrélations essayer d'estimer aujourd'hui en utilisant le plus près possible la méthode d'hier pour savoir quel biais probable il y avait. Ici si on détecte beaucoup plus bas qu'avant avec la même méthode, alors on peut se dire que le fait que ce soit des fausses absence est faible. Par contre si on essaye d'avoir des comparaisons et que les résultats sont du à la période de l'année... C'est plus compliqué ! Aller vers des occupancy model

## **Les défis à relever dans un monde en changement**

### **Une érosion de la biodiversité affolante**

L'érosion de la biodiversité exerce une certaine nostalgie qui parfois conduit une forme de fatalisme chez certains experts. Relevons la tête il va falloir trouver les solutions dans le mimétisme ?

Allant jusqu'à des problèmes de santé La tique la souris le réservoir et des hommes des problèmes de productions

Sommes nous en train de biaiser le signal phylogénétique ? (cf article Thuillier)

### **Avons-nous des espoirs vains ?**

Le royaume de la contingence du à l'impact historique de l'histoire évolutive. Alors comment trouver des espoirs de généralité quand le moteur repose sur de la stochasticité Mais cette loi mène à des prédictions exoécologie Les bactéries mais comment généraliser alors que l'évolution a fait émerger bon nombre d'organismes qui en soi loin quoique complètement imbriqués on a plus de micro-organismes que de cellules...

inertie historique comment imaginer des plantes sans mycorrhizé mais d'autres systèmes auraient pu marcher En fait quand on pense à la plante on pense à l'immunité de l'ante + mycorrhizé et quand on pense à un vertébré on inclut tout ces bactéries on ne peut certes pas comprendre comment l'un marche sans l'autre mais pour on a pas besoin de tout connaître c'est un problème de rupture de symétrie.

Les conséquences sont compliquées des changements climatiques sont nombreuses et certaines espèces voient le range grandir d'autre diminuer pour certaines espèces de co existent et donc à un changement prononcé de la morphologie des communautés alors que le nombre d'espèces peut être peu affecté ?

On nous fait miroiter que finalement que l'érosion de la biodiversité est dramatique et le ressort actuel pour faire un levier face à cela c'est les services écosystémiques qui sont actuellement l'argument choc pour renforcer la production de la nature. Il y a un côté pervers qui est la financiarisation et la substituabilité l'argent peut alors être utilisée pour intervertir ou alors remplacer un type d'écosystème par un autre ailleurs... En fait on a l'impression que c'est plus un principe de précaution qui est invoqué et ultimement il est vraisemblable que la destruction de la nature telle que nous la connaissons soit dans le futur un générateur de conflit... et ultimement on a à craindre de faire un planète invivable pour nous même. Mais les changements sont des remplacements et pour la conservation on peut se demander les stratégies. Dans son article 'Don't judge a species on their origin' Mark Davis prend à revers un certain nombre d'idées reçues et souligne que les effets des envahisseurs peuvent être positifs ?.

## **Des écosystèmes bouleversés**

Reconfiguration des écosystèmes naturelle il y a eu d'autres crises avant. Finalement avec du catastrophisme, la question s'est si nous allons mal. On est gros pour la taille de la planète peut être plus sensible à l'extinction que l'on pense. Mais ce n'est pas le pessimisme qui m'importe. - Et si on faisait rien pour le frelon asiatique ?

## **Transients**

## **Vers une écologie prédictive?**

## **Un espoir**

La défense des modèles climatiques bioclimatique enveloppe de Pearson comme une première approximation utilise se fait sur 3 exemples de plantes ?

## **Catégories**

L'écologie ne traite pas de telle ou telle manière les différentes espèces. Il y a des champs entiers dédiés à des classes d'espèces. Par exemple, on traite micro-organisme ou métaphyte vs. métazoaire. Les échelles et la proximité nous biaisent fortement la vision de la biodiversité. Il est difficile d'appliquer les théories à l'ensemble des espèces, peut être seulement la théorie de l'évolution mais ce qui est intéressant c'est que ce processus est finalement l'essence de la vie. L'aphorisme de Dobzansky à mon avis ne devrait simplement dire que la biologie est à regarder à la lumière mais que le vivant est une ensemble de molécule organique dont l'organisation est soumise à l'évolution. Il existe des spécificités des êtres.

Malgré les apparences, La TIB n'est pas formulée pour l'ensemble des espèces. Le premier exemple du livre herpétofaune puis les fourmis de la famille des Ponerinae [?]. De même la théorie neutre a été classique tropicale les

arbres dans les forêts tropicales et les coraux. Bien sûr ces théories sont liées à la connaissance fine mais biaisée du vivant (comment avoir une connaissance exhaustive du vivant...). Ainsi, certaines théories s'appliquent à certaines parties du monde vivant, il y aurait donc une classification à faire ou une compréhension du côté de pourquoi telle ou telle propriété est OK pour telle ou telle partie du vivant. Cela conduit à une interrogation sur les règles possibles de composition des écosystèmes.

Wallace n'aurait-il pas eu plus de mal à comprendre les zones aujourd'hui. Si naïvement on réduit aux villes, l'homogénéité ++ mais avec les espèces invasives le signal est fortement brouillé aussi ! Je pense qu'on est à un tournant de la biologie vers un changement de paradigme communautaire centré qui ne nait pas des travaux précédents mais les suit.

Information dans les distributions de gecko australien généraliste *Heteronotia binoei* => alors peut-être que ça marche bien mais sur une espèce spécialiste ??

## **Les produits de l'évolution**

Quelles hypothèses pouvons-nous faire sur les produits de l'évolution ? Si on peut supposer qu'il y a des compétitions ou la règle est le changement cette même propriété a-t-elle des propriétés sur le long terme. Peut-on affirmer que les produits de l'évolution dans un environnement stable amènent à des entités qui optimisent l'utilisation de l'énergie. Si oui, que dire des produits de l'évolution dans un environnement avec variation. Si on peut faire des hypothèses comment les tester. Dans l'article de

Si l'évolution est imprévisible si au-delà d'un certain temps on ne peut presque rien dire... Si la chance de des abeilles européennes changeait comment prédire cela changement de comportement mais que nous sommes dans l'incapacité de le prédire que pensent du status de l'écologie et de l'évolution en tant que science. Si la composante historique domine le royaume de la biologie devons-nous nous contenter de le décrire. L'espoir mais la publication de Ian Hattin eût faire douter de l'absence de l'absence de règle. Comment croire qu'il n'y a pas des principes d'ordre énergétique là-dessous. Convergence...

2014, Hurlbert et Stegen propose une série d'hypothèses pour mettre en évidence l'impact de l'énergie sur l'évolution la troisième hypothèse est temps suffisant pour l'équilibre. Une telle hypothèse une forme de maximisation de la production de la biomasse et l'utilisation qui est peut-être. Peut-être que les différents mécanismes en jeu dans les processus évolutifs amènent probablement à une forme de stationnarité...

## **Quels types de prédictions pouvons-nous faire ?**

Quels objets qu'est-ce qui peut faire l'objet d'une prédiction / qu'est-ce qui ne peut pas ?

## Une question d'échelle?

L'écologie porte sur l'ensemble du monde vivant quelques soient leur taille mais les différents champs ne sont pas toutes relatives à la même échelle alors il y a bien des échelles de temps, les échelles spatiales mais il y a le niveau d'organisation. Il est bien important de comprendre cela !

Un schéma avec des variables qui émergent avec différents paramètres et quelques exemples de théorie! (DEB Evolution foodweb... ) et l'action de

Repartition des espèces des passages historiques dans l'origine des espèces et dans Wallace. Le principe même de l'écologie (la définition de l'écologie). On arrive à l'idée de la niche. Exemple historiques. Dans son ouvrage, le grand biogéographe Wallace reconnaît en introduction le caractère fascinant de la répartition de la biodiversité des îles avec des faits intrigants quant à la faune et la flore. Ainsi il constate qu'il peut y avoir plus de différence entre île très éloignée et deux îles très proches. Il écrit que la faune et la flore sont plus dissimilaires entre les deux îles des Galapagos Bali et Lombok qu'entre Hokkaido (Japon) et La Grande-Bretagne ou encore la Nouvelle Zélande et l'Australie,

Exemple classique de Grinnell et des Trasher + évolution avec les caractéristiques de déplacement.

Nous accumulons des évidences quand à l'impact du changement anthropique. À différentes échelles la diminution de la biodiversité, comment en composition ? ?

La biogéographie avec au moins 3 problèmes d'échelles => spatiale => temporelle plus on augmente plus l'empreinte historique est forte => grands événements géologiques (littoral mouvement des plaques) biogéographies historiques mais aussi forme un pool d'espèces => Mais aussi l'échelle taxonomique : la relation espèce est décrite à l'intérieur des taxons les relations allométriques à l'intérieur des taxons E O Wilson a commencé à rapporter des relations sur les formes les exemples du livre sont herpète faune (reptile plus amphibien) mécanisme => diversité de milieu

## Prédire des communautés

## Les dangers d'aller trop vite

There is also a danger that predictions grow faster than our understanding of ecological systems, resulting in a gap between the scientists generating the predictions and stakeholders using them

"Predictive ecology in a changing world" [?]

## Contraintes énergétiques

Moi je pars vers ça..

=> des interactions changer de paradigme => abstraction des espèces