

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2009 du Programme « La 6<sup>ème</sup> Extinction : Quantifier la perte de diversité biologique ; Comprendre et agir sur les processus biologiques, économiques et sociaux qui l'accompagnent »

<b>ACRONYME et titre du projet</b>	<b>Page</b>
ADAPTHANTROP : Adaptation des insectes aux anthroposystèmes	2
ADHOC : modèles de co-viabilité biodiversité marine et pêcheries	4
C3A : Et si la 6ème extinction avait déjà eu lieu ? Causes et Conséquences de la dernière grande « Crise » environnementale (3000 ans BP) en Afrique équatoriale atlantique.	5
EVORANGE : Comment l'évolution affecte-t-elle la dynamique d'extinction et de changements d'aire dans le contexte des changements globaux ? Implications pour les projections écologiques	7
FISHLOSS : Approches quantitatives des extinctions passées, présentes et futures des poissons d'eau douce	9
LOSERS : La sixième extinction vue à travers un groupe d'invertébrés non charismatiques	11
MOBIGEN : Une approche physiologique, génétique et génomique de l'évolution de la mobilité	13
MOHMIE : Influence de l'installation des hommes modernes au Maroc sur l'évolution de la biodiversité des petits vertébrés terrestres des petits	15
PARALEX : Rôle des pathogènes naturels dans la résilience des écosystèmes marins côtiers contaminés par des microalgues toxiques	17
PHYLOSPACE : Intégrer des cophylogénies, changements d'aires et cartes paléoclimatiques pour inférer l'histoire	19
RARE : Recherches sur l'effet Allee et l'effet rareté	21
SCION : Elaboration de scénarios d'impact des changements globaux sur la biodiversité basée sur des approches innovatrices de modélisation	23

Programme « La 6<sup>ème</sup> Extinction : Quantifier la perte de diversité biologique ; Comprendre et agir sur les processus biologiques, économiques et sociaux qui l'accompagnent"

Edition 2009

Titre du projet

**ADAPTHANTROP : Adaptation des insectes aux anthroposystèmes**

Résumé

L'anthropisation affecte les écosystèmes en réduisant la biodiversité, en changeant les paysages et en créant des îles artificielles, et aussi en polluant l'environnement avec des xénobiotiques. La baisse de diversité des écosystèmes les rend moins capables de se protéger d'espèces invasives, perturbe la pollinisation, et diminue la régulation des populations de nuisibles par leurs ennemis naturels. L'anthropisation des paysages est caractérisée par l'extension de surfaces dévolues à l'agriculture et à l'occupation urbaine, ce qui augmente le risque d'extinction pour des populations à faible capacité de dispersion, du fait des effets combinés de la réduction de taille de la population et d'un isolement accru. Cependant, l'anthropisation peut aussi être une force majeure de sélection naturelle, en agissant sur des caractères phénotypiques, résultant en un changement évolutif, associé à des événements de spéciation ou des radiations adaptatives. Les populations peuvent s'opposer à une baisse de valeur adaptative de trois façons, face à un changement environnemental: par plasticité, migration ou évolution génétique, en d'autres termes, en s'adaptant. La dégradation du milieu naturel tout particulièrement en milieu tropical, induit de nombreuses espèces à s'adapter à des milieux anthropisés. Ces adaptations concernent directement l'homme au moins dans deux secteurs d'activités : en agriculture où de nouveaux problèmes sanitaires sont provoqués par des espèces sauvages qui changent d'hôte et exploitent les plantes cultivées, et en médecine humaine et vétérinaire, par l'apparition de nouvelles maladies liées à des changements d'hôtes de leurs vecteurs habituels. Les trois objectifs du projet sont (1) de documenter les relations entre la diversité génétique et l'adaptation à différentes échelles (2) d'étudier les gènes et les mécanismes de régulation impliqués dans les processus adaptatifs au niveau des populations et des espèces, et (3) de modéliser et prédire les effets des changements environnementaux dus à l'anthropisation en terme de risques agronomiques ou sanitaires. Dans ce but, nous avons choisi des modèles écologiques pertinents d'insectes tropicaux confrontés à des changements d'environnement au niveau populationnel (intra et inter) et au niveau spécifique, en utilisant toutes les échelles de variation génétique, afin de documenter les types de réponse adaptative (plasticité, adaptation, migration). Nous étudierons deux modèles d'importance agronomique, les foreurs de céréales *Busseola* en Afrique, et le papillon de la pomme de terre *Tecia* dans les Andes. Nous étudierons également deux modèles épidémiologiques d'importance médicale, les punaises *Rhodnius* et *Triatoma*, vecteurs de la maladie de Chagas en Amérique du sud.

Enfin, nous utiliserons des espèces et populations de *Drosophila melanogaster* et *D. simulans* qui sont devenues commensales de l'homme. Ces observations expérimentales serviront de base à l'élaboration d'un modèle hiérarchique à compartiments multiples, destiné à fournir un support à des modèles prédictifs des capacités d'adaptation des insectes aux milieux anthropisés.

**Partenaires**

Biodiversité et évolution des complexes plantes-insectes ravageurs-antagonistes- IRD  
Laboratoire Evolution, génomes et spéciation UPR 9034 – CNRS  
Physiologie de l'insecte, signalisation, communication- INRA

**Coordinateur**

Myriam Harry – CNRS  
[Myriam.Harry@legs.cnrs-gif.fr](mailto:Myriam.Harry@legs.cnrs-gif.fr)

**Aide de l'ANR**

931 k€

**Début et durée**

2009 - 36 mois

**Référence**

ANR-09-PEXT-009

**Titre du projet****ADHOC : modèles de co-viabilité biodiversité marine et pêcheries****Résumé**

Les écosystèmes marins exploités sont l'objet d'une perte croissante de populations et d'espèces de poissons avec des conséquences encore largement inconnues. Des déclinés majeurs au cours des 50 dernières années ont notamment été recensés pour un large spectre de prédateurs marins. Il y a peu de doute qu'une partie de cette perte de biodiversité observée dans les écosystèmes côtiers et marins est liée aux activités anthropiques et en particulier à la pêche à travers des processus comme la surexploitation et le "fishing down the food chain". Cette érosion de la biodiversité marine impacte en retour les activités de pêche. Ainsi la co-viabilité de la biodiversité marine et des pêcheries est désormais menacée et devient un enjeu majeur pour les institutions nationales et internationales. Pour répondre à ces menaces, de nombreux scientifiques et décideurs plaident aujourd'hui pour une gestion écosystémique des pêcheries (EBFM). Néanmoins la manière d'opérationnaliser cette approche écosystémique reste controversée et constitue un important défi scientifique. L'objectif principal de ce projet de recherche intitulé ADHOC se situe dans cette perspective. Il s'agit d'explorer à la fois la manière d'utiliser l'EBFM comme approche intégrée pour réduire l'érosion de la biodiversité marine et les modélisations de viabilité comme outil méthodologique pour tester et quantifier cette approche. Le projet visera en particulier au renforcement et à l'extension du cadre de modélisation de viabilité pour opérationnaliser l'approche écosystémique des pêches et son utilisation pour la gestion durable des pêches et la conservation de la diversité marine.

**Partenaires**

Centre National de la Recherche Scientifique / Laboratoire Conservation des espèces, suivi et restauration des populations  
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER  
CGIAR-WorldFish Center  
Groupe de Recherche en Economie Théorique et Appliquée/Université Montesquieu-Bordeaux IV  
Institut National de Recherche en Informatique et Automatique

**Coordinateur**

Luc Doyen – CNRS  
[luc.doyen@orange.fr](mailto:luc.doyen@orange.fr)

**Aide de l'ANR**

627 k€

**Début et durée**

2009 - 48 mois

**Référence**

ANR-09-PEXT-005

## Titre du projet

**C3A : Et si la 6ème extinction avait déjà eu lieu ?  
Causes et Conséquences de la dernière grande  
«Crise » environnementale (3000 ans BP) en  
Afrique équatoriale atlantique.**

## Résumé

Un changement conceptuel fondamental s'est produit au cours des dernières années dans le domaine des sciences de l'environnement, à savoir : les crises biologiques ne sont pas des événements abrupts et rares dans un monde globalement stable. L'histoire de la Terre est au contraire marquée par des changements climatiques récurrents de plus ou moins grande amplitude qui sont à l'origine de modifications drastiques touchant la biodiversité pour aller jusqu'à la disparition des espèces. Les extinctions ne sont que la partie la plus visible du changement, qui a aussi affecté la répartition des espèces qui ont eu la capacité de survivre aux crises pour former la biodiversité actuelle. Analyser tout le spectre de leurs réponses aux crises climatiques du passé est essentiel pour comprendre leurs stratégies d'adaptation et prévoir leurs réponses aux crises du futur. C3A est un projet de recherches multidisciplinaire regroupant des paléoécologues, des modélisateurs du climat, des écologues de l'évolution, des généticiens des populations et des anthropologues biologistes et culturels. Dans le cadre de C3A nous allons produire, analyser et synthétiser de nouvelles données dans le but de comprendre et modéliser la réponse des écosystèmes tropicaux au changement climatique. Nous avons choisi de concentrer notre étude sur la dernière grande crise environnementale qui a touché l'Afrique Equatoriale à la fin de la période humide holocène il y a 3000 ans. Cette crise (qui a provoqué une destruction massive de la forêt à toutes altitudes) est d'autant plus intéressante qu'elle contraste avec l'évolution lente du climat à la fin de l'holocène (réduction progressive de l'insolation). Nos objectifs sont donc (1) de caractériser le changement climatique à l'origine de la crise environnementale au passage d'un climat humide à un climat aride aux latitudes tropicales, son amplitude et sa durée, (2) d'étudier la réponse des écosystèmes et de la biodiversité à la crise au travers de l'étude sites localisés le long d'un transect d'altitude entre le niveau de la mer jusqu'aux étages forestiers montagnards, permettant de comprendre son impact sur la distribution des espèces, l'extension et la fragmentation des formations végétales, (3) de déterminer l'empreinte génétique des événements démographiques du passé au travers de l'étude d'un vaste choix d'organismes et d'explorer les relations entre les modifications génétiques et le changement climatique et environnemental et (4) d'évaluer les conséquences écologiques et, pour les populations humaines, les conséquences culturelles des stress climatiques. Le projet conduira à des avancés méthodologiques et empiriques nécessaires à l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique d'un groupe d'écosystèmes qui ont longtemps été considérés stables, augmentant ainsi notre capacité de formuler des stratégies efficaces pour la conservation de leur biodiversité.

## Partenaires

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement  
Le Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des

Géosciences de l'Environnement  
Origine, structure et évolution de la biodiversité  
Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

**Coordinateur** Anne-Marie Lézine – LSCE  
[anne-marie.lezine@lsce.ipsl.fr](mailto:anne-marie.lezine@lsce.ipsl.fr)

**Aide de l'ANR** 778 k€

**Début et durée** 2009 - 48 mois

**Référence** ANR-09-PEXT-001

## Titre du projet

# EVORANGE: Comment l'évolution affecte-t-elle la dynamique d'extinction et de changements d'aire dans le contexte des changements globaux ? Implications pour les projections écologiques

## Résumé

Les analyses et projections des impacts des changements globaux sur la biodiversité ne tiennent actuellement pas compte des changements évolutifs pouvant se produire au sein des populations ou des espèces affectées par ces conditions environnementales nouvelles. En particulier les prédictions de changement d'aire de distribution provoquée par les changements climatiques reposent souvent sur l'hypothèse que les niches climatiques des espèces sont conservées à l'échelle de temps où se produisent les changements écologiques. Les données montrant une adaptation rapide aux nouvelles conditions climatiques s'accumulent cependant, sans que les conséquences de ces changements microévolutifs pour la viabilité et la persistance des populations concernées soient toujours très claires. Notre but ici est de mieux comprendre le rôle des mécanismes évolutifs dans la réponse aux changements globaux et comment ces mécanismes peuvent affecter les patrons de biodiversité.

Nos objectifs sont de (i) produire de nouveaux développements théoriques visant à mieux intégrer les rétroactions éco-évolutives dans la description des réponses aux changements globaux, (ii) d'utiliser ces outils théoriques pour prédire quand il est utile d'intégrer les réponses évolutives dans les modèles de projection écologiques, et comment les prédictions dévient des modèles de projection qui ignorent ces phénomènes (par exemple quand l'évolution améliore-t-elle ou aggrave-t-elle le risque d'extinction ?), (iii) en parallèle, mieux évaluer l'étendue du conservatisme de niche en conduisant des analyses phylogénétiques comparatives dans plusieurs groupes de plantes et de vertébrés, (iv) utiliser ces analyses pour identifier des indicateurs (par exemple certains traits d'histoire de vie) du degré de labilité de la niche écologique, (v) valider les prédictions des modèles écoévolutifs et leurs hypothèses en utilisant, à différents niveaux, l'évolution expérimentale en micro ou mesocosme, les analyses comparatives et des expériences en nature.

Pour parvenir à ces fins, notre consortium réunit des experts en génétique des populations, dynamique adaptative, évolution expérimentale, écologie, phylogénie, mathématiques et informatique. Notre projet est articulé autour de 3 grandes questions : A) l'évolution peut-elle empêcher l'extinction dans une population en déclin confrontée à un environnement nouveau, B) quelles peuvent être les interactions complexes entre migration et adaptation en réponse aux changements environnementaux, C) quels indicateurs du conservatisme de niche peuvent être déduits par analyse phylogénétique comparative. Nous développerons des extensions des théories existantes pour y incorporer : (i) une description plus réaliste de l'architecture génétique de l'adaptation et (ii) l'effet d'interactions écologiques complexes (compétition, prédation). Notre but est également de contribuer au

rapprochement théorique des techniques de modélisation en génétique quantitative et en dynamique adaptative.

Les modèles seront formulés de telle sorte qu'ils pourront être confrontés quantitativement à des données expérimentales. Nous nous appuierons sur des expérimentations diverses, depuis des microcosmes bactériologiques jusqu'à des translocations in natura. Les modèles théoriques permettront d'identifier les caractéristiques des espèces (stratégies de reproduction, syndromes de dispersion, taille des populations, histoires de vie) susceptibles d'affecter la probabilité de divers scénarios lorsqu'elles sont confrontées à des changements environnementaux : extinction, évolution de la niche sans changement de la distribution, changement de distribution sans évolution de niche, évolution de niche et changement de distribution. Les prédictions seront ensuite testées par analyse phylogénétique comparative.

#### Partenaires

Institut des Sciences de l'Evolution Montpellier UMR 5554 CNRS-  
Université Montpellier 2  
Laboratoire d'Ecologie Alpine  
Ecole Normale Supérieure - Laboratoire Ecologie & Evolution  
MNHN UMR 7205 CNRS  
UMR CNRS 5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

#### Coordinateur

Ophélie Ronce – ISEM  
[ophelie.ronce@univ-montp2.fr](mailto:ophelie.ronce@univ-montp2.fr)

#### Aide de l'ANR

812 k€

#### Début et durée

2009 - 48 mois

#### Référence

ANR-09-PEXT-011

**Résumé**

Le présent projet a deux objectifs principaux. D'une part à l'aide d'une approche pluridisciplinaire (écologie, biogéographie, phylogénétique, paléontologie, biométrie) et multi-échelles (du site au continent) de décrire le cadre écologique et évolutif des extinctions de poissons d'eau douce, qu'elles soient naturelles ou dues à l'homme. D'autre part d'utiliser ce cadre conceptuel pour identifier les espèces vulnérables à l'extinction et prédire des taux d'extinctions futurs selon différents scénarios de changement climatiques. Dans la mesure où la biologie et l'écologie de la plupart des ~ 12000 espèces de poissons d'eau douce ne sont pas connues, les approches retenues seront basées sur des caractéristiques facilement quantifiables (p. exp. Morphologie) ou des substituts approximatifs de paramètres difficilement quantifiables dans la nature (p. exp. Surface de l'habitat occupé au lieu de l'effectif total d'une population). De telles approches peuvent être utilisées sur un grand nombre d'espèces et sont donc plus à même de mettre en évidence des tendances macro-écologiques générales. Cependant comme la vulnérabilité à l'extinction peut dépendre de l'histoire évolutive des lignées (augmentation de la spécialisation écologique au cours des radiations adaptatives par exemple), certaines contingences historiques sont attendues et doivent éventuellement être prises en compte en focalisant sur une ou des lignées particulières.

Dans ce cadre on se propose d'établir une relation empirique générale (extinction-area relationship, EAR) entre taux d'extinction « naturel » (background) d'une population et l'aire qu'elle occupe (par exemple un bassin versant) sur une large gamme d'échelles spatiales (du site au continent). Des approches écologiques, biogéographiques, paléontologiques et phylogénétiques seront mobilisées pour atteindre cet objectif. Cette relation sera ensuite utilisée pour comparer les taux d'extinctions modernes avec ceux attendus en régime naturel, pour prédire des taux d'extinctions résultant de réduction de l'aire occupée et pour procéder à des analyses de viabilité de population. En particulier on s'intéressera aux modifications d'habitat disponible (cours d'eaux pérennes, habitat climatiquement favorable) dues aux changements climatiques attendus.

Un autre objectif du projet est d'évaluer dans quelle mesure la connaissance des parentés taxonomiques (ou mieux phylogénétiques) entre espèces permet de mieux prédire la vulnérabilité des espèces à l'extinction. Dans la mesure où la position dans la hiérarchie taxonomique est connue pour toutes les espèces vivantes ou récemment éteintes, des modèles basés sur la taxonomie ont une large gamme potentielle d'application.

Si certaines caractéristiques écologiques ou biologiques sont associées à de plus grands risques d'extinction on s'attend à ce que les espèces ne soient pas distribuées au hasard dans un espace écomorphologique. Cette approche est tentante car dès que des

individus sont préservés en collection des mesures morphologiques peuvent être prises, que l'espèce soit vivante ou éteinte. Parce que différentes lignées peuvent s'adapter au milieu en adoptant différentes « solutions » morphologiques, cette approche est plus puissante si elle est restreinte à un groupe d'espèces apparentées. Pour cette raison elle sera appliquée au seul genre *Orestias*. Ce genre, endémique de l'Altiplano andin, est un rare exemple de diversification en haute altitude mais est menacé, une dizaine d'espèces sont présumées éteintes ou en passe de l'être. De plus comme ce genre s'est diversifié à la fois par spéciation au sein d'un même lac ou par différenciation entre lacs il s'agit d'un bon modèle pour étudier l'interaction entre mode de spéciation et vulnérabilité à l'extinction.

**Partenaires**

Freshwater Biodiversity and Macroecology group; UMR BOREA IRD 207; Département Milieux et Peuplements Aquatiques ; Museum National d'Histoire Naturelle  
Cemagref Unité de Recherche Hydrosystèmes et Bioprocédés  
Laboratoire Evolution et Diversité Biologique

**Coordinateur**

Bernard Hugueny – MNHN  
[hugueny@mnhn.fr](mailto:hugueny@mnhn.fr)

**Aide de l'ANR**

333 k€

**Début et durée**

2009 - 48 mois

**Référence**

ANR-09-PEXT-008

**Résumé**

Va-t-on réellement perdre le tiers, le quart ou la moitié des espèces d'ici le milieu ou la fin du siècle ? Et, s'il faut encore 250 à 750 ans aux taxonomistes pour "terminer" l'inventaire des espèces de la planète, quelles stratégies faut-il mettre en oeuvre pour faire des collections des musées un outil de réponse à la crise ? L'essentiel de la biodiversité n'est ni médiatique ni charismatique : il s'agit pour l'essentiel d'invertébrés petits et rares, qui n'ont pas reçu de noms scientifiques et/ou n'ont pas fait l'objet de recherches ciblées sur le terrain depuis 30, 50 ou même 100 ans. De ce fait, « crise de la biodiversité » et « sixième extinction » sont des expressions qui s'appuient sur des données factuelles incroyablement ténues. Ainsi, la "Liste Rouge" de l'UICN recense à peine 1.000 espèces animales et végétales éteintes au cours des cinq derniers siècles. Dans le même temps, les systématiseurs continuent de décrire chaque année 16.000 nouvelles espèces, qui s'ajoutent aux 1,8 millions déjà connues. Cet énorme décalage dans les chiffres contribue à alimenter un discours "éco-sceptique".

Un facteur évident du décalage entre magnitude de la biodiversité et mesure de la crise est que la biodiversité est essentiellement composée d'invertébrés (à 75%) alors que les outils de mesure de l'érosion de la biodiversité sont essentiellement les vertébrés supérieurs. Deuxième facteur, le volume des recherches concernant une espèce d'invertébré est de deux ordres de grandeur inférieur au volume de recherches concernant un tétrapode, et d'un ordre de grandeur inférieure à celui concernant les plantes. Impossible, dans ces conditions, d'enregistrer des déclins de populations si on n'est pas capable d'identifier les espèces concernées et, a fortiori, si l'existence de ces espèces n'est pas encore reconnue.

Le paradigme de la conservation des espèces postule que le modèle "vertébrés supérieurs", à base de "Liste Rouge", plans d'action, mobilisation des opinions, voire opérations de sauvetage ex situ, est applicable à toute la biodiversité. Or il est clair qu'on ne créera pas un plan d'action ou une réserve pour chaque espèce d'invertébré menacé. Faut-il se résigner - au nom du réalisme - à voir s'éteindre les invertébrés qui n'intéressent personne ? Plusieurs idées ou pistes ont été proposées ("biodiversity salvage", Frozen Ark, espèces "parapluie"), mais les grands Muséums du monde manquent globalement de cadre théorique et pratique sur la réponse à apporter à l'extinction massive de dizaines (centaines) de milliers d'espèces d'invertébrés. Les scientifiques ne sont certes pas responsables de la 6ème extinction, mais ils doivent avoir des comportements et des stratégies compréhensibles du public en général, et du milieu de la conservation en particulier.

Le projet LOSERS vise à quantifier l'extinction contemporaine sur un groupe d'invertébrés, et à proposer le cadre théorique et pratique d'une stratégie institutionnelle sur le rôle et le futur des collections d'histoire naturelle dans un contexte de crise de la biodiversité. Le modèle retenu est celui des mollusques. Il a l'intérêt d'être représenté aussi bien dans les océans que sur les terres émergées, et d'offrir des données historiques et modernes de bonne qualité

grâce à un important réseau d'observateurs.

Le projet LOSERS est d'abord un projet de recherche fondamentale qui, autour d'un noyau dur de systématiciens des invertébrés, regroupe des spécialistes des probabilités, de l'archéozoologie, de la paléontologie, de l'ethnologie et de la philosophie des sciences. Mais c'est aussi un projet ouvert sur la société "non-académique", avec l'implication d'une entreprise et d'une ONG.

**Partenaires**

UMR 7138 Département Systématique et évolution- MNHN  
IMAGENE S.A.

**Coordinateur**

Philippe Bouchet– MNHN  
[pbouchet@mnhn.fr](mailto:pbouchet@mnhn.fr)

**Aide de l'ANR**

531 k€

**Début et durée**

2009 - 48 mois

**Référence**

ANR-09-PEXT-007

**Résumé**

La forte érosion de la biodiversité observée actuellement à l'échelle mondiale laisse penser que nous connaissons aujourd'hui la 6ème crise d'extinction majeure à l'échelle des temps géologiques (Lawton and May 2005). Il est maintenant clairement établi que les activités humaines sont les principalement responsables de cette perte d'espèces, engendrant potentiellement une altération du fonctionnement des écosystèmes (Balmford and Bond 2005). En effet, les modifications anthropogéniques directes (i.e. destruction d'habitat, invasion d'espèces exogènes) et indirectes (changements climatiques, fragmentation des habitats) des écosystèmes accroissent le risque d'extinction locale des populations au travers d'effets à la fois déterministes et stochastiques du au nombre de plus en plus réduit d'habitats disponibles et de leur moindre connectivité (voir par exemple Massot et al. 2008).

Les changements anthropogéniques peuvent ainsi entraîner une extinction massive d'espèces si la probabilité d'extinction locale devient supérieure à la probabilité de colonisation de nouveaux sites (Ceballos and Ehrlich 2002). Bien qu'une quantité importante de travaux théoriques aient cherché à prédire les effets de ces changements globaux sur le devenir des écosystèmes (Clark et al., 2001) et la distribution des espèces (Thuiller et al., 2008), la fiabilité des prédictions reste limitée (Sala et al., 2000; Hansen et al., 2001). La plupart des modèles prédictifs (ex : modélisation de la niche écologique) ne prennent pas en compte des processus qui pourtant sont connus pour fortement influencer la distribution des espèces comme par exemple la dispersion et l'adaptation locale (Thuiller et al., 2008). Or, dans un paysage rapidement changeant, le mouvement et donc la dispersion jouent un rôle crucial en permettant aux espèces de traquer ces changements environnementaux (voir pour revue, Clobert et al., 2001, Ronce, 2007).

En effet, si une espèce est incapable de s'adapter aux nouvelles conditions locales, sa persistance à long terme dépendra étroitement de sa capacité à coloniser les habitats encore ou nouvellement disponibles (Hanski, 1999), ou de s'adapter à de nouvelles conditions écologiques dans un habitat nouvellement colonisé (Robinson and Durka, 1999). On s'attend donc ainsi à ce que les changements globaux imposent de fortes pressions de sélection sur la mobilité des organismes. Toutefois, peu de choses sont connues sur comment et avec quelle rapidité les organismes vont répondre à la sélection sur la mobilité. Le but de notre projet est donc d'accroître notre compréhension des mécanismes permettant aux espèces de produire des réponses adaptatives en terme de mobilité face aux changements globaux. Nous espérons ainsi contribuer à l'élaboration de modèles plus performants pour prédire les changements de dynamique de populations et de persistance d'espèces face aux changements globaux.

Pour cela, nous proposons d'étudier les bases morphologiques, physiologiques, comportementales, génétiques et génomiques du mouvement chez deux ectothermes, un lézard et un papillon, afin de comprendre 1) les bases génétiques de la variation de la mobilité observée entre individus, 2) comment et à quelle vitesse la sélection agit sur la mobilité et 3) quelles sont les conséquences de la sélection sur la mobilité sur d'autres traits d'histoire de vie (morphologie, physiologie, comportement, etc).

**Partenaires**

UMR 7179 Mécanismes adaptatifs: des organismes aux communautés  
Station d'Ecologie Expérimentale du CNRS à Moulis, USR 2936

**Coordinateur**

Anthony Herrel – MNHN  
[anthony.herrel@mnhn.fr](mailto:anthony.herrel@mnhn.fr)

**Aide de l'ANR**

716 k€

**Début et durée**

2009 - 48 mois

**Référence**

ANR-09-PEXT-003

## Titre du projet

# MOHMIE : Influence de l'installation des hommes modernes au Maroc sur l'évolution de la biodiversité des petits vertébrés terrestres

## Résumé

Afin de comprendre les effets de l'arrivée et de l'installation des premiers hommes actuels (*Homo sapiens*) depuis 120.000 ans au Maroc sur les communautés de petits vertébrés terrestres, nous avons développé au travers du projet MOHMIE une approche multidisciplinaire inédite. Ainsi, l'étude des rongeurs, musaraignes, amphibiens et lézards se fera au moyen : (1) de l'étude des fossiles des 23 niveaux stratigraphiques allant du Pléistocène supérieur à l'actuel des grottes de la région d'El Harhoura -Témara près de Rabat; (2) de l'étude de la biodiversité actuelle, de la biogéographie et de la génétique des populations dans des environnements naturels et perturbés. Les éléments ainsi obtenus permettront l'élaboration de nouveaux plans d'action pour la conservation afin d'améliorer la préservation de l'écoregion menacée que constituent les forêts claires méditerranéennes d'Afrique du Nord. Cette étude servira de référence pour la connaissance de la taxonomie et de l'évolution des abondantes faunes de microvertébrés fossiles collectées dans ces grottes. Dans ce but, nous définirons la succession temporelle des changements observés tant dans les espèces que dans les populations fossiles. Les événements de colonisation, extinction ainsi que de la phylochronogénéalogie basée sur l'analyse de l'ADN ancien trouvé sur les fossiles seront mis en évidence et corrélés. De plus, grâce à l'étude de la taphonomie et de la diagénèse des éléments squelettiques et du sol, les mécanismes et les conditions paleoenvironnementales dans lesquelles les petits vertébrés se sont accumulés dans les grottes seront retracés. En parallèle, le renforcement des données concernant la chronologie des sites, au travers de nouvelles datations absolues et relatives nous permettra de calibrer précisément les différents changements de composition faunique, ou de dynamique des populations dans les paléocommunautés; De telles améliorations concernant le cadre stratigraphique et une bonne connaissance des conditions de fossilisation et des paleoenvironnements sont fondamentales pour permettre de corréler tous les changements fauniques, phylogeographiques, démographiques observés avec (i) les événements climatiques globaux, (ii) les changements dans les cultures et pratiques humaines (i.e.: la révolution Néolithique) .

Finalement cela va permettre de proposer un scénario général concernant la nature, le rythme et les modalités de la 6ème extinction depuis le Pléistocène supérieur jusqu'à l'actuel au cours de l'Holocène. Ce scénario pourra être mis en relation avec l'installation initiale des Hommes modernes au Maroc et leur colonisation.

## Partenaires

UMR 7205 OSEB: Origine structure et évolution de la biodiversité  
Mission archéologique El Harhoura-Temara  
UR035 Lab. Comportement et Ecologie de la faune sauvage INRA  
UMR8148 IDES Interactions et dynamique des environnements de surface  
UMR7592 - Institut Jacques Monod- Equipe Epigénome et paleogénome

**Coordinateur** Christiane Denys – MNHN  
[denys@mnhn.fr](mailto:denys@mnhn.fr)

**Aide de l'ANR** 813 k€

**Début et durée** 2009 - 48 mois

**Référence** ANR-09-PEXT-004

## Titre du projet

# PARALEX : Rôle des pathogènes naturels dans la résilience des écosystèmes marins côtiers contaminés par des microalgues toxiques invasives

## Résumé

Les marées rouges, causées par la prolifération anarchique de microalgues, traduisent de façon spectaculaire l'impact des récents changements globaux sur le phytoplancton marin. Ces efflorescences peuvent avoir de nombreux effets dévastateurs sur l'environnement marin d'une part, suite à la raréfaction de l'oxygène, la réduction de la luminosité en profondeur et la perte d'habitats et sur la qualité des services (tourisme, pêche côtière, aquaculture) d'autre part. La plupart des espèces responsables de ces proliférations sont des dinoflagellés, un groupe de micro-organismes qui sont également des producteurs primaires essentiels au sein du phytoplancton marin. Certaines de ces espèces sont capables de produire de redoutables toxines de types paralysantes, neurotoxiques, diarrhéiques, ou hémolytiques. Ces toxines s'accumulent généralement dans la chaîne trophique et peuvent être responsable chez l'homme d'intoxications mortelles dues à la consommation de produits de la mer, tels que coquillages, mollusques, crabes ou poissons.

Ce phénomène mondial de prolifération est connu depuis de nombreuses années, mais il a considérablement augmenté lors de ces vingt dernières années. L'origine de ces efflorescences toxiques est multifactorielle et peut s'expliquer en partie par des changements environnementaux (eutrophisation des côtes et réchauffement climatique) et des transferts accidentels d'espèces toxiques (eaux de ballasts des cargos et introduction d'espèces pour l'aquaculture). Le fait que la plupart de ces dinoflagellés toxiques soient capables de produire des kystes de résistances, qui s'accumulent localement dans les sédiments, constitue un facteur aggravant. En effet, la contamination d'un écosystème par l'introduction d'une nouvelle espèce toxique peut induire rapidement des problèmes récurrents et durables. Si de nombreux travaux ont permis de mieux connaître et de prédire les facteurs environnementaux favorisant ces efflorescences, pratiquement rien n'est connu sur la résilience des écosystèmes impactés dans le temps.

Les premiers suivis à long terme réalisés suggèrent que certaines espèces qui sont capables de produire d'intenses efflorescences toxiques pendant plusieurs années s'intègrent finalement au compartiment phytoplanctonique à des concentrations cellulaires plus faibles, n'entraînant plus de problèmes de toxicité. De récents travaux suggèrent que cette régulation pourrait être due à la présence de parasites tels que virus, bactéries ou protistes capables d'infecter spécifiquement certaines microalgues toxiques et de réguler leurs populations.

L'objectif principal de ce projet est d'identifier ces parasites naturels dans des écosystèmes récemment contaminés par des microalgues invasives et toxiques afin de comprendre leur rôle dans la résilience et la stabilité des écosystèmes marins côtiers.

## Partenaires

Station Biologique de Roscoff Adaptation et Diversité en Milieu Marin

Observatoire Océanologique de Banyuls - Laboratoire Arago  
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

**Coordinateur** Laure Guillou – station biologique de Roscoff  
[lguillou@sb-roscoff.fr](mailto:lguillou@sb-roscoff.fr)

**Aide de l'ANR** 700 k€

**Début et durée** 2009 - 36 mois

**Référence** ANR-09-PEXT-012

**Label pôle** Pôle Mer Bretagne

## Titre du projet

# PHYLOSPACE : Intégrer des cophylogénies, changements d'aires et cartes paléoclimatiques pour inférer l'histoire d'associations sous changements climatiques

## Résumé

PhyloSpace contribue à mieux associer phylogénies et biogéographie historique pour mieux connaître l'effet des changements climatiques sur les communautés. Il consiste à reconstruire dans le passé, par inférence, l'évolution des aires de répartition de différents groupes d'espèces (arbres, insectes), leurs phylogénies, et en déduire l'histoire de leurs associations. Les outils mis en œuvre sur plusieurs modèles biologiques sont l'inférence phylogénétique par maximum de vraisemblance, et la reconstruction de cartes paléoclimatiques à l'aide de modèles de circulation générale. Un accent sera mis sur les aspects méthodologiques. On cherchera à étendre la méthode de maximum de vraisemblance sur les patterns de spéciation (topologie des arbres et longueur de branches) à la prise en compte de l'aire des espèces.

Des cartes paléoclimatiques et paléogéographiques seront construites, qui serviront de théâtre pour le déroulement des événements de spéciation et migration ainsi reconstruits par inférence. Ces cartes permettront à la fois de calibrer certains aspects des modèles de migration, et de choisir avec plus de vraisemblance entre plusieurs scénarios possibles. L'espace joue donc un rôle crucial, d'où l'acronyme. La période retenue est le Cénozoïque, avec un accent particulier sur l'événement dit PETM (Paleocene / Eocene Thermal Maximum), où la température du globe s'est accrue de plusieurs degrés en quelques siècles, qui est l'événement le plus comparable dans le passé aux changements climatiques actuels. PhyloSpace est un projet interdisciplinaire qui associe des mathématiques appliquées et des statistiques (maximum de vraisemblance en phylogénie), de la physique et des sciences de la Terre (modèles de circulation générale), et de la biologie évolutive (modèles biologiques et concepts).

Le fil rouge est de mieux comprendre les rôles respectifs de la migration et des événements de spéciation/extinction comme réponse des organismes et populations, et de leurs associations, aux changements climatiques passés, pour mieux anticiper les réponses aux changements futurs. Un accent sera porté sur les associations arbres / insectes : une phylogénie associant aires et espèces sera construite pour les arbres hôtes, une seconde pour les insectes associés, et les deux seront mises en perspective en étendant les méthodes de comparaison d'arbres.

## Partenaires

UMR Biodiversité, Gènes et Communauté  
Laboratoire d'Informatique, Robotique et Microélectronique de Montpellier  
Centre de Biologie et de Gestion des Populations  
Unité de Recherche en Zoologie Forestière  
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

## Coordinateur

Alain Franc - INRA

[alain.franc@pierroton.inra.fr](mailto:alain.franc@pierroton.inra.fr)

**Aide de l'ANR** 737 k€

**Début et durée** 2009 - 48 mois

**Référence** ANR-09-PEXT-002

## Titre du projet

# RARE : Recherches sur l'effet Allee et l'effet rareté

## Résumé

L'effet Allee décrit un scénario dans lequel des populations à faible effectif sont affectées par une relation positive entre le taux d'accroissement et la densité. Ainsi certaines populations de petite taille ou faible densité peuvent subir un recrutement moindre, ou une mortalité supérieure, résultant en une nouvelle décroissance de l'effectif (ou baisse de la densité). Le point final de cette réaction en boucle est généralement l'extinction de la population. Les travaux actuels montrent que cet effet affecte potentiellement la plupart des espèces animales et végétales, directement ou indirectement.

La première partie de notre projet RARE se focalisera sur cet effet, que nous chercherons à mieux comprendre, par une série d'études théoriques, empiriques et expérimentales. Nous proposons d'analyser une large base de données (séries temporelles de 1198 espèces différentes) pour des évidences d'effet Allee et les caractéristiques qui lui sont propres, de perfectionner les méthodes analytiques et mathématiques permettant de les déceler dans les jeux de données démographiques et de proposer une nouvelle méthode pour en quantifier l'intensité. Par l'étude spécifique d'un certain nombre de modèles animaux adaptés, de système social à contraintes croissantes (chauves-souris, primates, suricates et fourmis), nous approfondirons les connaissances sur le fonctionnement de ce processus. Cette partie devrait nous permettre de mieux comprendre les processus associés au risque d'extinction des populations. Cette seconde partie est subdivisée en trois tâches. La première s'efforcera d'étudier les processus à l'œuvre dans les activités récréatives liées à une recherche de reconnexion avec la nature : collections d'animaux, NACs et écotourisme. La seconde tâche s'intéressera aux activités commerciales liées à un gain de prestige social, avec deux études distinctes concernant de nombreuses espèces animales, l'une sur les centaines de mammifères des listes de riches chasseurs de trophées et l'autre sur le lien possible entre l'extinction d'une part importante de l'avifaune du Pacifique et les indicateurs de hiérarchie sociale des différentes cultures Polynésiennes. La troisième tâche augmentera encore le niveau d'interdisciplinarité. Elle complètera le projet par un ensemble d'études originales impliquant des collaborateurs des sciences humaines et sociales, au sein de trois groupes d'études : de la modélisation mathématique en économie de l'environnement, des approches expérimentales en psychosociologie du consommateur et enfin une partie permettant d'apporter des solutions concrètes, avec une approche en politique de la conservation.

Ces deux parties se feront en parallèle et avec de nombreuses collaborations avec des spécialistes de chaque domaine concerné

## Partenaires

Laboratoire d'Ecologie, Systématique & Evolution  
Laboratoire Biométrie et Biologie Évolutive  
UMR 7625 Ecologie & Evolution

## Coordinateur

Franck Courchamp – Université Paris Sud  
[franck.courchamp@u-psud.fr](mailto:franck.courchamp@u-psud.fr)

**Aide de l'ANR** 506 k€

**Début et durée** 2009 - 48 mois

**Référence** ANR-09-PEXT-010

## Titre du projet

# SCION: Elaboration de scénarios d'impact des changements globaux sur la biodiversité basée sur des approches innovatrices de modélisation

### Résumé

Les observations, expériences et modèles sur la réponse des plantes au climat suggèrent que le climat du 21<sup>e</sup> siècle va provoquer des changements très importants dans la diversité végétale. Il est nécessaire de prévoir les impacts futurs des changements globaux sur l'abondance et la répartition géographique des espèces végétales à l'aide de modèles mathématiques pour montrer l'ampleur du problème aux décideurs, pour développer des stratégies d'adaptation et pour estimer les impacts sur les services des écosystèmes. Il existe une large gamme de modèles actuellement utilisés pour prévoir l'impact du changement climatique sur la végétation mais la communauté scientifique pense que ces modèles sont insuffisants pour prévoir de façon robuste l'évolution de la dynamique de la végétation parce qu'ils ne prennent pas en compte tous les processus nécessaires pour pouvoir le faire ni toutes les interactions entre climat et autre forçage de la diversité végétale tels que l'utilisation des terres ou les invasions biologiques. L'objectif de ce projet est de développer une nouvelle génération de modèles de réponse des plantes au climat incluant des processus clés tels que la migration actuellement très mal décrits dans les modèles. Deux modèles de nouvelle génération seront développés sur la base de modèles existants développés par les différents partenaires de SCION. Ces modèles seront validés sur différents types d'observations sur la répartition géographique et les traits fonctionnels des espèces. Ils seront ensuite utilisés sur des aires protégées dans les Alpes et la bordure méditerranéenne françaises pour prévoir l'évolution de la végétation dans ces aires selon différents scénarios de changements globaux et fournir aux gestionnaires de ces aires des éléments pour construire des stratégies d'adaptation.

### Partenaires

Centre d'Ecologie Fonctionnelle et évolutive  
ÉCOLOGIE. SYSTEMATIQUE ET ÉVOLUTION  
LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE ALPINE/CNRS  
Institut de Recherche pour le Développement

### Coordinateur

Isabelle Chuine - CNRS  
[Isabelle.Chuine@cefe.cnrs.fr](mailto:Isabelle.Chuine@cefe.cnrs.fr)

### Aide de l'ANR

467 k€

### Début et durée

2009 – 36 mois

### Référence

ANR-09-PEXT-006