

Partenaires de l'appel :



Avec le soutien de :



Gratification de stages de master 2 « recherche »
sur des sujets relatifs à la biodiversité
Année universitaire 2020-2021

RÉSUMÉS DE STAGES



Axe 1 – Conservation : dynamiques de la biodiversité dans les territoires

Cartographie et représentation des invertébrés dans les cours d'école parisienne - *Nathalie Blanc* - Laboratoire d'accueil : UMR Dynamiques sociales et recomposition des espaces.....page 5

Application de dendromicrohabitats artificiels standardisés pour l'échantillonnage de la biodiversité entomologique en contexte de dépérissement forestier - *Christophe Bouget* - Laboratoire d'accueil : UMR Écosystèmes forestiers de Nogent-sur-Vernisson.....page 8

Dynamique des interactions bactéries – virus dans les sols : Régulation par la teneur en eau des sols et conséquences sur les diversités bactériennes et virales - *Cécile Monard* - Laboratoire d'accueil : UMR Écosystèmes, biodiversité, évolution.....page 11

Modélisation de la stabilité spatio-temporelle des corridors climatiques en Europe - *Yoan Fourcade* - Laboratoire d'accueil : UMR Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris.....page 14

Rôle de la diversité des arbres et du sous-bois sur le stockage de carbone du sol - *Nicolas Fanin* - Laboratoire d'accueil : UMR Interaction sol plante atmosphère.....page 17

Les sols et leur biodiversité, révélateurs de la dynamique actuelle et passée des forêts préalpines et de leurs potentialités écologiques - *Brigitte Talon* - Laboratoire d'accueil : UMR Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale.....page 20

Axe 2 – Transition agricole et agro-alimentaire

Analyse de la relation entre pratiques agroécologiques et biodiversité des fermes d'élevage - *Aymeric Mondière, Hayo van der Werf* - Laboratoire d'accueil : UMR Sol Agro et hydrosystème Spatialisation.....page 23

Multifonctionnalité des bordures de champs : quel apport de l'outil Ecobordure dans l'évaluation des fonctions de pollinisation, de régulation biologique et de support de biodiversité ? - *Audrey Alignier* - Laboratoire d'accueil : UMR Biodiversité, agroécologie et aménagement du paysage.....page 26

Axe 3 – Changements globaux et gestion durable de la biodiversité dans les territoires marins et côtiers

Changements saisonniers dans les communautés benthiques des lagunes de Méditerranée : effets des paramètres environnementaux et réponses physiologiques des principales espèces - *Stéphane Hourdez* - Laboratoire d'accueil : UMR Écogéochimie des environnements benthiques.....page 29

Effets de la fragmentation anthropique sur le déplacement des espèces de poissons face au changement climatique - *Pablo Tedesco* Laboratoire d'accueil : UMR Évolution et diversité biologique.....page 32

Combinaison de modèles de distribution d'espèces de thons tropicaux et d'espèces accessoires vulnérables pour définir des strates spatio-temporelles d'interdiction de pêche sous DCP afin de préserver la biodiversité de l'écosystème hauturier de l'Océan At- *Lorelei Guéry, Daniel Gaertner* - Laboratoire d'accueil : UMR Marine biodiversity, exploitation and conservation.....page 35

Les microbiotes des bivalves marins sont-ils des réservoirs de bactéries résistantes aux antibiotiques et d'activités antibactériennes ? - *Gwenaëlle Le Blay* Laboratoire d'accueil : Laboratoire des sciences de l'environnement marin.....page 38

Axe 4 – Changements globaux et gestion durable de la biodiversité en outre-mer

Anthroposystèmes et biodiversité tropicale : Mise en lumière de la diversité et du rôle des vertébrés frugivores arboricoles et nocturnes en Guyane - *Pierre-Michel Forget* - Laboratoire d'accueil : UMR Mécanismes adaptatifs et évolution.....page 41

Lexique ethnoichtyologique des poissons lagunaires de la Polynésie française en vue d'une gestion adaptative de la biodiversité marine - *Tamatoa Bambridge* - Laboratoire d'accueil : UMR Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement.....page 44

Évaluation de l'impact des systèmes de culture et paysages agricoles sur la faune avicole d'exception en Guadeloupe - *Pierre Chopin* - Laboratoire d'accueil : UMR Agrosystèmes tropicaux.....page 47

Les effets du développement démographique et industriel sur la biodiversité récifo-lagonaire : le projet minier de la zone de Voh-Kone-Pouembout en Nouvelle-Calédonie » - *Dominique Pelletier* - Laboratoire d'accueil : UR Ecologie et modèles pour l'halieutique.....page 51

Axe 5 – Perception et représentations de la biodiversité : leviers d'action

Les savoirs locaux de biodiversité permettent-ils d'appréhender les changements environnementaux ? - *Emilie Andrieu* - Laboratoire d'accueil : UMR Dynamiques et écologie des paysages agriforestiers.....page 54

L'oléiculture dans le Gard : quels apports des connaissances paysannes à la caractérisation des dynamiques de la diversité cultivée face au changement climatique ? - *Vanesse Labeyrie* - Laboratoire d'accueil : UR Gestion des ressources renouvelables et environnement.....page 57

Axe 6 – Impacts évolutifs (au sens darwinien) des activités anthropiques

Émergence des pratiques d'amendements calcaires dans les agricultures anciennes, approches croisées sur restes carpologiques : biogéochimie des céréales - *Anne-Désirée Schmitt* - Laboratoire d'accueil : UMR Laboratoire d'hydrologie et de géochimie de Strasbourg.....page 60

Ecophysiologie de la Cardamine resedifolia sur gradients de pollutions métalliques/HAP issus des activités minières passées dans l'Arc alpin - *Muriel Raveton* - Laboratoire d'accueil : UMR Laboratoire d'écologie alpine.....page 64

Quelles variations de la diversité végétale, des petites bêtes et de leurs perceptions, dans les cours Oasis, non-Oasis et végétalisées par les initiatives locales à Paris ?

Réalisé par :

Jeanne Foucault
Master 2 Espace et Milieux Territoires Écologiques
Parcours de master GAED
Université de Paris

Sous l'encadrement de :

Nathalie Blanc
Université de Paris
Laboratoire LADYSS UMR 7533,

Patrick Laurenti
Université de Paris
Laboratoire LIED UMR 8236,

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

D'ici la fin du siècle, Météo France projette une augmentation de la température moyenne annuelle de 1°C à 4°C et 10 à 25 jours de canicule. À bien des égards (îlots de chaleur, imperméabilisation etc), il apparaît que la végétalisation en milieu urbain est bien un moyen de s'adapter localement au contexte de risques accrus par le changement climatique. Pour faire face à ce risque, les cours des écoles et des collèges ont été identifiées comme des leviers importants d'une possible végétalisation et désimperméabilisation des sols. Ces espaces asphaltés et imperméables, participent massivement à l'effet d'îlot de chaleur urbain. Le conseil de Paris a adopté en septembre 2017 pour sa stratégie de résilience le programme "cours Oasis", visant à transformer progressivement l'intégralité des cours des écoles et des collèges de Paris en îlots de fraîcheur urbains en misant sur la végétalisation des cours d'école.

Cette politique permet le développement d'une biodiversité végétale et entomologique, le déclin de cette dernière étant particulièrement inquiétant. Afin d'évaluer la présence et l'acceptation de ces espèces, nous avons programmé des inventaires dans des cours d'école et des questionnaires distribués à des scolaires dans différents groupes scolaires.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

L'objectif du stage a été de (i) créer un protocole permettant un état des lieux de la biodiversité des invertébrés et de la végétation avec des relevés effectués en fonction d'un échantillonnage dans deux cours Oasis déjà mises en place et dans deux autres destinées à être transformées, donc en fonction d'une typologie (la proportion d'espaces végétalisés et de bâtiments, la diversité des habitats, la diversité des strates végétales) ; (ii) d'étudier les représentations et pratiques sociales vis-à-vis des insectes des enfants amenés à fréquenter ces cours avec deux questionnaires (l'un destiné aux classes de CE2-CM1-CM2 et collège, et l'autre aux CP-CE1) pour évaluer la perception des insectes en fonction du degré de naturalité.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

La comparaison des cours est basée sur le degré de végétalisation. Des inventaires entomologiques ont permis de décrire les ordres de protostomiens, des « petites bêtes » selon l'expression utilisée par les enfants pour désigner à la fois les insectes, arachnides, gastéropodes, annélides etc. Ces inventaires n'ont pas révélé d'évolution simple de la biodiversité en fonction du degré de végétalisation. Des questionnaires auprès des élèves ont confirmé ces relevés. Ils montrent que les petites bêtes préférées des élèves et celles négativement perçues sont identiques à celles identifiées précédemment dans des études indépendantes. Le manque de participation de deux établissements, n'a pas permis d'évaluer si les réponses des élèves varient en fonction du degré de végétalisation des cours ou en fonction du (non)-entretien de celles-ci. En effet, les « endroits oubliés ou négligés »

sont d'importantes sources de biodiversité. Des pistes d'amélioration des méthodologies ont été suggérées dans le but d'approfondir les résultats obtenus.

Les inventaires de la végétation ont permis d'obtenir un classement des cours étudiées en évaluant leur degré de végétalisation par la comparaison de résultats rapportés aux surfaces des cours, et de mettre en valeur les caractéristiques de chaque cours.

Les relevés entomologiques ont permis de dresser une liste de taxons dont les principaux ordres sont les coléoptères, les hémiptères, les arachnides et les hyménoptères. Les cours Oasis et « non Oasis » sont similaires en termes de nombre d'ordres, mais le nombre d'individus est plus élevé pour les cours Oasis.

Les questionnaires analysés jusqu'ici (44 sur 254) montrent une préférence des élèves pour le papillon et la coccinelle, une peur de l'araignée, du mille-pattes, de la guêpe. L'escargot, la punaise, le ver de terre et le mille-pattes déçoivent les enfants. L'évaluation de leur intérêt pour le sujet traité a fait apparaître des différences en fonction de l'âge des élèves mais aussi des établissements participants. Les questions relatives à ces animaux ont montré que les élèves observaient plus d'ordres d'animaux dans leurs cours respectives que ce qui a été relevé lors des inventaires. Les réponses des élèves ne mettent pas en valeur de changements de perception de la présence de ces animaux après la réalisation des cours Oasis.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

La déminéralisation et la végétalisation de ces cours d'écoles aura un impact sur la biodiversité micro-locale, des quartiers et territoriale. Le végétal représente bien sûr un support de l'insertion sociale, comme dans le cas des jardins collectifs ou des jardins d'insertion. Au-delà du végétal, ces déminéralisation et végétalisation devraient favoriser la biodiversité animale notamment des invertébrés de ces cours Oasis. La perception des insectes est souvent négative exception faite de certains groupes comme par exemple les papillons, abeilles ou encore coccinelles, même si elle n'est pas homogène en fonction des interrogés. Cela pose la question de cohabitation humain-nature. Cependant, au même titre que la végétation, les insectes sont des supports pour rapprocher le citoyen, et ici l'enfant, de la perception et compréhension de la biodiversité. Ils sont, par ailleurs, abondants dans les écoles et facilement observables donc il serait intéressant de développer les contacts entre les élèves et ces éléments de la biodiversité dans les jeux extérieurs et dans les classes. Les études récentes montrent qu'un environnement plus riche en biodiversité facilite la concentration et l'apprentissage des élèves.

Effets des dépérissements forestiers sur le bois mort et les dendromicrohabitats, et sur les communautés de coléoptères saproxyliques associées

Réalisé par :

Valentin Speckens

Master Sciences-Technologie-Santé

Parcours Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt (AETPF)

Université de Picardie – Jules Verne

Sous l'encadrement de :

Jérémy Cours

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)

UR 1455 Ecosystèmes Forestiers (EFNO)

Equipe Biodiversité (BIODIV)

Christophe Bouget

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)

UR 1455 Ecosystèmes Forestiers (EFNO)

Equipe Biodiversité (BIODIV)

Aurélien Sallé

Université d'Orléans - Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)

Laboratoire de Biologie des Ligneux et des Grandes Cultures (LBLGC)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Le changement climatique d'origine anthropique modifie les régimes de perturbations et accroît les phénomènes de dépérissement forestier. Les dépérissements se matérialisent par une perte plus ou moins rapide de vitalité des peuplements forestiers : perte de feuillage, mortalité de branches et à terme, mort de l'arbre. Les dépérissements peuvent donc s'accompagner de modifications dans les stocks de bois mort et de dendromicrohabitats (DMH), à des degrés variables selon le contexte forestier, l'origine du dépérissement, et avec un impact potentiel sur la biodiversité forestière. Cette chaîne de conséquences est au cœur de ce stage concernant les effets des dépérissements sur le bois mort, sur les DMH et la biodiversité associée.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Ce travail s'appuie sur deux projets (CLIMTREE 2016-2020 = « Ecological impacts of climate-induced tree diebacks in highland forests », et CANOPEE 2018-2022 = « Biodiversité des insectes des canopées de chênes dépérissants ») consacrés aux effets environnementaux du dépérissement dans trois contextes forestiers : (i) l'épicéa en Bavière après tempête et pullulation de typographe, (ii) le sapin pectiné dans les Pyrénées, et (iii) le chêne en bassin ligérien après sécheresse. Sur 81 placettes balayant un gradient de dépérissement dans les trois régions (19 en pessière, 44 en sapinière et 18 en chênaie), les profils de bois mort et de DMH ont été mesurés et analysés.

L'échantillonnage de la biodiversité associée à deux DMH dépérissement-sensibles a fait l'objet d'expérimentations. Les insectes des branches mortes du houppier ont été échantillonnés par des fagots artificiels. Un protocole d'inactivation des champignons sapro-lignicoles a été conçu et testé pour créer des substrats-pièges.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Dans les trois cas d'étude, les analyses multivariées montrent des différences significatives de profils de bois mort et de DMH entre peuplements sains ou dépérissants. En pessière et sapinière, le dépérissement est principalement caractérisé par l'abondance de bois mort fortement décomposé. En chênaie, le dépérissement est plutôt marqué par une forte abondance de bois mort peu décomposé. Concernant les DMH, les peuplements dépérissants se distinguent par l'abondance des écorces décollées ou perdues.

Par ailleurs, nous observons une augmentation globale et très significative des quantités de bois mort avec le dépérissement. En pessière, le changement de profil du bois mort est marqué par une réduction de la proportion du petit bois mort peu décomposé, au profit d'une augmentation du gros bois mort très décomposé. Par

ailleurs, le dépérissement favorise l'abondance des DMH liés aux blessures d'arbres (i.e. aubier et bois de cœur apparents), mais significativement en pessière et sapinière seulement. De plus, il favorise l'abondance des sporophores de champignons sapro-lignicoles, caractéristiques sur arbres morts ou moribonds, dans les trois contextes.

Les fagots expérimentaux de branches mortes n'ont pas échantillonné des assemblages plus riches dans les houppiers dépérissants que dans les arbres sains, mais se sont avérés sensibles à un potentiel effet de dilution par la densité naturelle de branches mortes locales concurrentes. Les résultats ne sont pas définitifs car les données sont encore en cours d'acquisition.

Enfin, la comparaison des méthodes d'inactivation des sporophores de champignons sapro-lignicoles pour les convertir en futurs substrats-pièges a livré des conclusions déterminantes. La méthode traditionnellement utilisée (i.e. un passage à très basse température (-80°C)) a des effets d'inactivation limités. La méthode la plus efficace inclut deux passages à froid modéré (-20°C).

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Ce travail permet de mieux appréhender les conséquences des dépérissements sur les ressources et les habitats forestiers. Il confirme les hypothèses initiales d'une augmentation de la densité de microhabitats relativement rares dans les forêts gérées. En ce sens, l'intégration de secteurs dépérissants dans les trames de vieux bois dédiées à la conservation de la biodiversité serait pertinente.

Ce travail original concernant les effets écologiques des dépérissements sur les conditions forestières, très peu traité par la littérature scientifique, sera prochainement valorisé sous la forme d'un article scientifique dans la revue *Forest Ecology and Management* ou *Forestry*. L'investigation méthodologique visant l'optimisation du protocole d'inactivation des sporophores expérimentaux pourrait faire l'objet d'une note technique.

Etude de l'interaction phages-bactéries dans les sols et de son impact sur la dynamique du carbone en fonction de la teneur en eau

Réalisé par :

Perrine Bernard
Agronomie et Agro-industrie
UniLaSalle Beauvais

Sous l'encadrement de :

Achim Quaiser
Université de Rennes 1
UMR 6553 ECOBIO

Idem pour encadrant secondaire

Cécile Monard
CNRS
UMR 6553 ECOBIO

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Dans le sol, les communautés bactériennes interviennent dans la décomposition de la matière organique, processus à la base de réactions en cascade impliquées dans la mise à disposition de nutriments pour les plantes ou encore dans les émissions de gaz à effet de serre. L'abondance et la diversité des bactéries dans les sols sont régulées en partie par leurs interactions avec les bactériophages (virus infectant les bactéries) qui constituent une des entités biologiques les plus abondantes dans la biosphère. Les virus seraient donc des acteurs à considérer dans la dynamique bactérienne des sols et nous faisons l'hypothèse que ces interactions entre les phages et les bactéries sont régulées par les changements de teneur en eau, celle-ci contrôlant la rencontre de ces deux entités. A partir d'expérimentations en conditions contrôlées, ce projet de stage avait pour objectifs de déterminer l'effet de la teneur en eau du sol sur les interactions bactéries-phages et les conséquences sur la dynamique du carbone.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Après un fort développement méthodologique, un couple modèle bactérie-phage a été utilisé et inoculé dans des microcosmes de sol placés à trois teneurs en eau différentes. Ces microcosmes ont été incubés à 25°C pendant 8 jours et à différents temps, des échantillons ont été prélevés pour dénombrer les phages et les bactéries ainsi que quantifier le carbone organique dissous. De plus, les émissions de CO₂ ont été suivies quotidiennement pendant tout le temps d'incubation. Ces expérimentations ont été réalisées selon un plan factoriel croisé avec des traitements contrôles sans inoculation et avec uniquement ajout de bactéries ou de phages.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

L'effet de la teneur en eau du sol sur la dynamique des interactions phages-bactéries s'est traduit par des changements significatifs de minéralisation du sol. En effet, alors que les changements induits sur les abondances de bactéries et de phages étaient peu visibles et très variables, les émissions de CO₂ étaient significativement modifiées. Ainsi, pour une même teneur en eau du sol, en présence de bactéries et de phages, les émissions de CO₂ étaient plus faibles qu'en présence uniquement de bactéries ou de phages. Enfin, en présence du couple bactéries-phage, la minéralisation du sol était significativement plus faible quand la teneur en eau du sol augmentait, ce qui va dans le sens de notre hypothèse selon laquelle la rencontre entre les phages et les bactéries est favorisée quand la teneur en eau du sol augmente. La lyse bactérienne est ainsi plus importante et l'activité de minéralisation moindre. Les analyses de carbone organique dissous sont encore

en cours, mais elles permettront de déterminer si la lyse des bactéries par les phages quand la teneur en eau du sol augmente s'accompagne d'une remobilisation en carbone disponible pour les communautés microbiennes.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Ce travail a permis de mettre au point les conditions expérimentales pour tester nos hypothèses, et ce développement méthodologique servira de base pour de futures expérimentations. En effet, Perrine Bernard a pu mettre en évidence des effets sur certains proxys microbiens et pas d'autres, ce qui nous oriente sur les analyses à réaliser lors de futures incubations. Ce travail a été couplé à un autre stage de M2 réalisé sur le terrain, où il s'agissait de regarder *in situ* les dynamiques phages-bactéries dans des sols de zones humides. L'ensemble des résultats obtenus apporte de nouvelles données sur la régulation des interactions phages-bactéries dans les sols et sur les conséquences fonctionnelles, notamment en termes de cycle du carbone et émissions de gaz à effet de serre. Ces travaux seront complétés par d'autres expérimentations et suivis sur le terrain pour être valorisés sous la forme d'articles scientifiques ainsi que par des échanges au sein du réseau OZCAR dont dépend l'observatoire de Ploemeur-Guidel (SNO H+) sur lequel s'est appuyé ce travail.

Modélisation de la stabilité spatio-temporelle des corridors climatiques en Europe

Réalisé par :

Sylvain Sonntag

Mention du master : Master Biologie, écologie et évolution

Parcours du master : Écologie fonctionnelle comportementale et évolutive

Établissement d'inscription : Agrocampus Ouest

Sous l'encadrement de :

Yoan Fourcade

Université Paris-Est Créteil

Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris

Équipe biogéographie et diversité des interactions du sol

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Le changement climatique entraîne des bouleversements dans la distribution des espèces, typiquement un déplacement vers les pôles et vers les plus hautes altitudes. Pour que cette réponse à l'élévation des températures soit possible, les espèces doivent pouvoir effectivement se déplacer malgré l'anthropisation des paysages. Dans ce contexte, il est important, dans une perspective de conservation et d'aménagement du territoire, de cartographier les zones de déplacement potentiel des espèces qui devront migrer pour rester dans les conditions climatiques auxquelles elles sont adaptées. L'objectif de ce travail est ainsi de produire des modèles de connectivité entre analogues climatiques selon différentes hypothèses écologiques et différents scénarios de changement climatique. Ceci permet alors de mettre en relation la localisation des zones de forte connectivité, ainsi que leur stabilité en fonction des différents scénarios testés, avec le réseau d'aires protégées européen.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Dans un premier temps, nous avons identifié pour 1000 localisations aléatoires en Europe leurs analogues climatiques dans le futur. Ces points analogues étaient choisis de telle sorte qu'ils simulent différentes hypothèses : deux périodes de temps, faible ou fort réchauffement, en limitant ou non la distance maximale (pour simuler deux hypothèses de dispersion des espèces), et dans des milieux forestiers ou ouverts.

À partir de la cartographie de l'occupation du sol en Europe, transformée en carte de résistance au mouvement, nous avons adopté une approche d'analogie avec le courant électrique pour simuler la connectivité entre chaque paire d'analogues climatiques. Il en résulte des cartes de connectivité climatique qui ont été résumées en zones de faible, moyenne ou forte connectivité moyenne, avec différents degrés de stabilité en fonction des hypothèses de départ. La part de ces différentes zones couvertes par des aires protégées, strictes ou non, a ensuite été calculée.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

L'analyse des analogues climatiques permet d'ores et déjà de montrer que dans les scénarios de changements climatiques les plus sévères, les espèces devront, pour retrouver les conditions climatiques actuelles, parcourir de plus longues distances et/ou se déplacer vers de plus hautes altitudes que dans les scénarios de réchauffement plus modéré. Dans l'hypothèse de dispersion limitée, on note également qu'il est plus difficile de retrouver un climat futur similaire à celui du

présent dans la limite de distance imposée, ce qui suggère que les espèces à faible dispersion risquent de ne pas pouvoir se maintenir dans leurs conditions climatiques préférées.

On observe globalement que les pays les plus grands (France, Allemagne, etc.) sont ceux qui contribuent le plus à la connectivité climatique européenne totale. Les pays insulaires toutefois, y compris la Grande-Bretagne, sont généralement déconnectés des zones de connectivité principales. La connectivité climatique s'avère peu sensible au scénario de changement climatique, mais peut différer énormément en fonction des hypothèses écologiques. Ainsi, certaines zones telles que le détroit du Bosphore sont parmi les plus connectées lorsque l'on suppose une dispersion illimitée (dans le cas présent pour les espèces passant d'Asie en Europe), mais deviennent au contraire des zones de barrières en cas de faible capacité de dispersion.

On constate enfin que, bien que la plupart des zones de forte connectivité soient bien pourvues en aires protégées au sens large (à l'exception notable de la Turquie), les corridors climatiques demeurent faiblement couverts par des aires protégées strictes où l'impact anthropique serait réduit à son minimum.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Les résultats issus de ce stage ont permis de mettre en évidence la nécessité pour les espèces européennes de se déplacer dans les années à venir pour rester dans leur niche climatique, phénomène déjà observé à l'heure actuelle dans de nombreux taxons. Tout particulièrement, ce travail fournit une cartographie pan-européenne des principaux corridors de migration climatique, et de leur incertitude, à une résolution de 500 m × 500 m applicable théoriquement à n'importe quelle espèce. Cela doit permettre de soutenir une politique d'aménagement du territoire favorable à la biodiversité dans un contexte de changement climatique, à l'échelle européenne. Les résultats obtenus démontrent également la faisabilité de cette approche qui pourra ainsi être déclinée à plus fine échelle et pour des espèces d'intérêt particulier en termes de conservation. À cet égard, outre une publication des résultats de ce travail sous forme d'article scientifique, la méthode développée lors du stage sera réutilisée par la suite pour tester empiriquement l'importance de la connectivité climatique dans la restructuration des communautés biologiques.

Effet de la gestion du sous-bois et de la fertilisation sur la croissance du pin, les activités enzymatiques et le stockage du carbone du sol en lande sèche et lande humide

Réalisé par :

Jonathan Gaudry
Master Biologie Santé
Parcours Biologie Intégrative des Interactions Plantes-Microorganismes-Environnement (B2IPME)
UFR Sciences de la Vie, de la Terre et de l'Environnement, Université de Bourgogne, Dijon (21000)

Sous l'encadrement de :

Nicolas Fanin
Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) de Nouvelle Aquitaine, Villenave d'Ornon (33140)
UMR 1391 Interactions Sol Plante Atmosphère (ISPA)
Equipe Biogéochimie des Nutriments (BioNut)

Lucie Bon
Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) de Nouvelle Aquitaine, Villenave d'Ornon (33140)
UMR 1391 Interactions Sol Plante Atmosphère (ISPA)
Equipe Biogéochimie des Nutriments (BioNut)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les forêts fournissent de nombreux services écosystémiques tel que le stockage de carbone (C). Un des facteurs limitant les entrées de C dans le sol dans les Landes de Gascogne est la disponibilité en nutriments du milieu, et particulièrement en phosphore (P). L'eau est également un des facteurs majeurs contrôlant la productivité primaire nette en forêt. Dans un contexte où les ressources en eau et en nutriments du sol risquent de fortement diminuer à cause des changements climatiques et de l'appauvrissement en nutriments non-renouvelables, il paraît nécessaire de mettre en place de nouvelles pratiques de gestion afin de gérer de manière durable les forêts. Certaines solutions envisagées pour améliorer la gestion des ressources en forêt de production sont la gestion des sous-bois et la fertilisation au P. Cependant, les effets de ces pratiques sur la croissance des arbres dépendent du contexte environnemental et de l'échelle spatio-temporelle considérée, et on ne sait que très peu de chose sur leurs impacts sur les stocks de C du sol. Le but de cette étude était d'étudier les effets couplés de la suppression du sous-bois et de la fertilisation sur le fonctionnement microbien du sol, les stocks de C et la croissance des pins.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Des échantillons de sols ont été prélevés dans deux sites expérimentaux situés dans les Landes de Gascogne. Le premier site est représentatif des landes sèches avec une végétation dominée par des éricacées et une litière pauvre en nutriments. Le deuxième site est quant à lui représentatif des landes humides et sa végétation est plus diversifiée dominée par l'ajonc, avec une litière plus riche en nutriments. Au sein de ces sites, le débroussaillage et la fertilisation des sols en P sont contrôlés depuis une dizaine d'années. Le sol a été prélevé à 3 profondeurs (0-5, 5-15 et 15-30 cm) au cours de trois saisons (automne, hiver et printemps). À la suite de ces prélèvements, des mesures d'activités enzymatiques liées aux cycles C, N et P ainsi qu'une estimation des stocks de C organique ont été effectuées. Des données concernant la croissance des pins (produites précédemment à ce stage) ont été ajoutées aux données obtenues.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Pour la croissance des pins, les effets du débroussaillage et de la fertilisation différaient en fonction des deux types de landes. En lande humide, les pins présentaient une meilleure croissance dans les traitements fertilisés. En lande sèche, les pins présentaient une meilleure croissance lorsque les parcelles étaient débroussaillées en interaction à la fertilisation.

Concernant le stockage de C dans les sols, il y avait en moyenne plus de C dans les sols de lande sèche. L'effet des traitements différait selon les deux types de lande. En lande humide, les sols non débroussaillés présentaient des stocks de C plus importants, alors qu'en lande sèche ce sont les sols débroussaillés qui présentaient le plus de C. Concernant la répartition du C le long du profil de sol, il est intéressant de noter que les effets positifs étaient principalement dus aux horizons 5-15 cm et 15-30 cm en landes humides alors que ces effets étaient plus consistants tout le long du profil de sol en landes sèches.

Les effets du débroussaillage, de la fertilisation et de la profondeur sur les activités enzymatiques différaient aussi selon les deux types de landes. En lande humide, la fertilisation au P montrait des effets négatifs sur les activités enzymatiques. Le débroussaillage montrait quant à lui un effet négatif sur les activités enzymatiques liées au C en lande sèche. Cet effet dépendait également de la profondeur de sol, avec un effet plus important dans l'horizon 0-5 cm. Il est également important de noter que la profondeur a eu un effet beaucoup plus marqué en lande sèche qu'en lande humide, et ce pour n'importe quel traitement considéré.

Les activités enzymatiques liées au C étaient plus importantes en hiver en lande humide. A l'inverse, nous avons trouvé un effet plus important en automne sur les activités enzymatiques liées au C en landes sèches.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Cette étude a permis de démontrer que l'impact de la gestion sylvicole sur la croissance des arbres ou les stocks de C du sol dépendait étroitement du contexte environnemental. En lande humide, le débroussaillage n'est pas nécessaire pour favoriser la croissance des pins et il impacte négativement le stockage de C dans le sol alors que la fertilisation permet une meilleure croissance des pins. A l'inverse, en lande sèche, le débroussaillage impacte positivement la croissance des pins et le stockage de carbone dans le sol alors que la fertilisation n'impacte aucun des deux. Cela signifie que le mode de gestion doit être adapté en fonction du milieu considéré. De plus, nos résultats démontrent que le débroussaillage et la fertilisation ont un effet significatif sur les activités enzymatiques synthétisées par les microorganismes du sol. Cet effet dépend de la profondeur et de la saison selon le site considéré, ce qui souligne l'importance de suivre le fonctionnement des sols sur tout leur profil et tout au long de l'année afin de mieux comprendre les mécanismes impliqués lors de l'application de différents traitements sylvicoles. Le fonctionnement des écosystèmes landais ne peut pas être généralisé à un type d'écosystème unique, mais il est nécessaire de bien faire la distinction entre lande sèche et lande humide car ces écosystèmes diffèrent dans leur fonctionnement, et les solutions sylvicoles doivent être adaptées en conséquence.

Les sols et leur biodiversité : révélateurs de la dynamique actuelle et passée des arbres préalpins

Réalisé par :

Marie-Loup Pernoud
Ecole d'ingénieur VetAgro Sup
Option Agriculture, Environnement, santé et territoire

Sous l'encadrement de :

Virginie Baldy /Thierry Gauquelin - Brigitte Talon
Aix-Marseille Université
Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale
(UMR CNRS 7263 IRD 237)
Diversité fonctionnelle : des molécules aux écosystèmes -
Paléoenvironnements et Processus Macroécologiques

Delphine Isoardi
Centre National de la recherche scientifique
Centre Camille Jullian, histoire et archéologie de la Méditerranée et de
l'Afrique du Nord, de la Protohistoire à la fin de l'Antiquité (UMR CNRS 7299)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les forêts sont sources de biodiversité importante et rendent des services écosystémiques essentiels. Dans le contexte du changement climatique et du déclin de la biodiversité, il apparaît fondamental de maintenir la biodiversité, le fonctionnement et les services que les forêts fournissent à l'Homme. Cependant, les forêts ne sont pas toujours gérées en respectant un compartiment essentiel de l'écosystème forestier, le sol, lieu des cycles biogéochimiques. Il n'est également que très rarement pris en compte les usages passés des terres, alors que des études ont montré que ces usages, remontant jusqu'à l'occupation romaine, ont des effets encore visibles aujourd'hui sur les sols et les espèces forestières. Ainsi, il est important d'étudier ces impacts afin de pouvoir prévoir quels seront ceux laissés par notre gestion actuelle des forêts et des sols sur les écosystèmes futurs.

L'objectif était d'étudier le sol et sa biodiversité au pied d'arbres anciens d'un espace montagnard méditerranéen de haute Bléone, l'*Ager Galadius*. Cette étude s'insère dans le projet « GALADIUS », projet interdisciplinaire qui associe histoire, archéologie, paléo-écologie, géologie et écologie des forêts.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Le sol et sa biodiversité ont été étudiés au pied d'arbres anciens (i.e. 200-300 ans) et récents (i.e. 50-70 ans), de deux espèces forestières dominantes (le mélèze, *Larix decidua* Mill., et le pin sylvestre *Pinus sylvestris* L.) de l'*Ager Galadius*. Nous avons analysé le rôle de ces arbres dans le stockage de carbone, la teneur en azote et la biodiversité du sol. En effet, plusieurs études ont déjà montré des différences physico-chimiques entre les sols des forêts anciennes et récentes. En revanche, très peu d'études se sont intéressées aux impacts des variations de l'âge des forêts et leurs usages passés sur la mésofaune. Pourtant, l'étude de celle-ci est primordiale pour analyser le bon fonctionnement du sol et de la forêt. De plus, la biodiversité est aujourd'hui en déclin et celle du sol est encore peu connue, il est donc important de s'y intéresser afin de pouvoir la préserver. Nous avons ainsi choisi de nous intéresser aux collemboles et aux acariens, qui sont les arthropodes les plus abondants et de très bons indicateurs de la qualité des sols. Ces résultats ont commencé à être couplés aux analyses archéologiques (histoire de la zone d'étude et ses différents usages) et paléo-écologiques (analyses des charbons de bois), réalisées par les autres acteurs du projet.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Les résultats montrent qu'il y a des différences physico-chimiques (pH, carbone, azote) au niveau du sol entre les pins sylvestres et les mélèzes. Ces différences sont principalement liées aux caractéristiques propres de ces deux essences (acidité des aiguilles, décomposition difficile...). A ces différences dans la physicochimie du sol s'associent des différences dans la communauté de mésofaune, en particulier certains groupes de collemboles, adaptés aux conditions locales.

L'abondance d'acariens, quant-à-elle, ne varie pas entre les pins et les mélèzes. Nous avons également trouvé des variations physico-chimiques du sol entre des pins jeunes et anciens, pouvant s'expliquer par les usages passés du sol (exploitation du bois et incendie qui ont augmenté la quantité de carbone dans le sol). Nous n'avons cependant pas observé de différence significative dans la communauté de mésofaune entre sol des pins récents et anciens.

Pour les mélèzes, nous avons observé une différence de l'abondance d'une espèce de collemboles entre arbres jeunes et anciens, s'expliquant de nouveau par les usages passés du sol (anciens pâturages et espèces de collembole coprophile, attirée par la fumure d'animaux).

En revanche, l'abondance des acariens ne varie pas non plus en fonction de l'âge des arbres.

Nous avons ainsi mis en évidence des différences au niveau du sol entre les deux essences d'arbres, et également entre les arbres d'âges différents, reliés à des usages passés distincts.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Les résultats de cette étude et de ce projet, en lien avec le travail et la collaboration des autres partenaires, auront ensuite plusieurs finalités. Ils permettront de mieux faire connaître cet espace de moyenne montagne au grand public et de préserver son patrimoine local. De plus, cela permettra également de mettre en avant l'importance de la conservation d'arbres anciens. Enfin, le compte rendu du projet et les résultats sur la santé de la forêt et des arbres permettront de lancer des actions de préservation et de protection des forêts à travers des méthodes de gestion durable.

Proposition d'un cadre méthodologique pour évaluer le potentiel de biodiversité au sein de fermes d'élevage

Réalisé par :

Lou Valence
Master Biodiversité Ecologie Evolution
Parcours Patrimoine Naturel et Biodiversité
Université Rennes 1

Sous l'encadrement de :

Aymeric Mondière
Institut National de recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et
l'Environnement (INRAE)
UMR 1069 Sol Agro hydrosystèmes et Spatialisation

Lois Morel
Université Rennes 1
UMR Biologie des Organismes et des Ecosystèmes Aquatiques

Hayo van der Werf
Institut National de recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et
l'Environnement (INRAE)
UMR 1069 Sol Agro hydrosystèmes et Spatialisation

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

La préservation de la biodiversité des paysages agricoles dépend d'agroécosystèmes extensifs. L'intensification de l'agriculture et des systèmes d'élevage a simplifié les paysages agricoles et impacté la biodiversité. Il faut donc repenser les systèmes d'élevage en proposant des stratégies en faveur de la biodiversité. Des méthodes sont nécessaires pour évaluer l'état de la biodiversité de ces systèmes, identifier les causes de perte de biodiversité et évaluer les effets des innovations de gestion. BIOTEX (méthode d'évaluation de la biodiversité au sein de ferme d'élevage) et IPE (indice de potentialité écologique basé sur des données naturalistes et la fonctionnalité des sites évalués) sont deux de ces méthodes. Notre étude vise à identifier si leur combinaison permet (i) d'évaluer le potentiel de biodiversité des exploitations sans avoir à décrire les communautés animales et/ou végétales, et (ii) d'évaluer les liens qui existent entre intensité d'utilisation des terres et biodiversité.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Nous avons travaillé avec un réseau de sept fermes d'élevage bovins allaitants ou laitiers du nord-ouest de la France localisées dans différents contextes écologiques. Nous avons créé une méthode d'évaluation du potentiel de biodiversité (MEPB) à l'échelle de l'exploitation agricole en collaborant avec ce réseau.

La méthode MEPB combine des indicateurs des méthodes BIOTEX et IPE. Ces indicateurs ont été choisis selon leur facilité et leur pertinence d'utilisation en contexte de systèmes d'élevage puis agrégés selon deux catégories. Ils permettent ainsi de relier le potentiel de biodiversité de chaque ferme aux pratiques jouant un rôle sur l'anthropisation (« sorties humaines ») et l'intégrité écologique de l'agroécosystème de la ferme.

Un inventaire de l'avifaune réalisé sur chaque ferme a permis de calculer différents indicateurs de biodiversité observée visant à comparer le potentiel de biodiversité évalué par la MEPB à des données naturalistes observées.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

La diversité des systèmes et des stratégies de prise en compte de la biodiversité dans les fermes partenaires nous a permis de tester la méthode créée et son champ d'application. La MEPB a permis d'identifier des liens entre stratégies de production et potentiel de biodiversité à l'échelle de l'exploitation en discriminant (i) les fermes intégrant la biodiversité dans leur stratégie globale de production par un faible niveau d'anthropisation et une intégrité écologique élevée et (ii) les fermes ayant

une stratégie plus productiviste par leur degré d'anthropisation élevé avec une intégrité écologique plus faible.

Les données de biodiversité observées ont permis de valider le potentiel de biodiversité estimé en mettant en évidence une corrélation entre biodiversité observée et potentiel de biodiversité estimé dans les fermes, excepté pour deux d'entre elles dont le contexte écologique bien spécifique influence fortement la biodiversité observée (contexte de marais avec avifaune associée).

Ces résultats permettent donc de mettre en avant l'intérêt de la méthode pour identifier les points positifs et négatifs en termes de potentiel de biodiversité dans chaque ferme permettant ensuite de proposer des stratégies en faveur de la biodiversité adaptée à chaque système, tout en restant focalisé à l'échelle de l'exploitation agricole.

L'objectif de création d'une méthode permettant d'évaluer le potentiel de biodiversité des exploitations sans avoir à mettre en place des inventaires naturalistes au sein des fermes est ainsi atteint. Il conviendrait néanmoins de tester la méthode sur un plus grand panel de fermes afin de confirmer sa pertinence et d'affiner le choix et la pondération des indicateurs pour l'évaluation du potentiel de biodiversité. L'intérêt de cette méthode vient aussi du fait qu'elle permet de répondre à notre second objectif en identifiant les liens entre degré d'anthropisation et potentiel de biodiversité.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

L'intérêt scientifique de cette méthode repose sur l'application et l'adaptation de méthodes de l'écologie dans l'agronomie systémique. Elle est en particulier intéressante pour les agronomes car elle leur permet de relier les pratiques agricoles au potentiel de biodiversité d'une exploitation sans avoir besoin de compétences naturalistes poussées. L'autre intérêt scientifique de la méthode est sa généricité potentielle, permettant son application dans n'importe quel contexte (ceci reste à confirmer en la testant sur un plus grand nombre de fermes dans des contextes pédoclimatiques et économiques différents et avec d'autres types d'élevage).

La MEPB permet de proposer des stratégies adaptées à chaque système d'élevage et à leur contexte écologique pour leur permettre d'augmenter leur potentiel de biodiversité et donc de favoriser la restauration de la biodiversité au sein des paysages agricoles. Elle pourrait donc être un réel outil de conseil pour intégrer la biodiversité dans les stratégies globales des systèmes d'élevage.

Ce projet constituera un chapitre de la thèse « Performance environnementale des fermes d'élevage visant la restauration de la biodiversité au sein de leur système ». L'objectif est de le valoriser en publiant un article scientifique après quelques ajustements méthodologiques, en particulier sur la justification des indicateurs utilisés et de leur pondération.

Multifonctionnalité des bordures de champs : Quel est l'apport de l'outil Ecobordure dans l'évaluation des fonctions de régulation biologique, de pollinisation et de support de la biodiversité ?

Réalisé par :

Louise Laurent
Master Biodiversité Ecologie Evolution
Parcours Ecologie Evolutive et Ecologie Fonctionnelle
Sciences Sorbonne Université

Sous l'encadrement de :

Audrey Alignier
Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement
UMR 0980 Biodiversité, Agroécologie et Aménagement des Paysages

Eloïse Couthouis
Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement
UMR 0980 Biodiversité, Agroécologie et Aménagement des Paysages

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les bordures de champs ont un rôle clé dans les paysages agricoles. Cole et ses collaborateurs (2009) ont identifié 20 services écosystémiques fournis par les bordures. Influencées par les pratiques de gestion dédiée et celles des parcelles adjacentes, les bordures de champs sont au cœur des enjeux actuels visant à (ré-)concilier agriculture et biodiversité. C'est dans ce contexte qu'a été développé l'indicateur Ecobordure. A destination des acteurs du monde agricole, Ecobordure se base sur l'identification de 31 plantes herbacées classées en 3 groupes (adventices, forestières, prairiales) et la part relative de ces groupes pour qualifier l'état agroécologique des bordures de champs. Si Ecobordure est validé scientifiquement et robuste dans sa capacité à rendre compte des causes (pratiques de gestion) de cet état, sa capacité à rendre compte des conséquences en termes de fonctions écologiques potentielles d'intérêt pour le monde agricole et pour la conservation de la biodiversité reste à évaluer.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

En s'appuyant sur des données floristiques et entomologiques existantes, recueillies sur plus d'une centaine de bordures de champs sur la Zone Atelier Armorique (Ille-et-Vilaine), l'approche consiste à i) qualifier l'état des bordures de champs avec l'indicateur Ecobordure, ii) mettre en relation ces états observés avec la richesse et/ou l'abondance de différents groupes d'insectes impliqués dans la pollinisation (i.e. abeilles, bourdons, syrphes), la régulation biologique (i.e. carabes), et d'insectes caractéristiques du bocage (i.e. carabes forestiers). Pour approfondir les résultats, une analyse de la composition des communautés de carabes tenant compte des traits fonctionnels des espèces (e.g. régime alimentaire, résistance aux perturbations) ainsi que des analyses tenant compte de la phénologie des insectes au cours de la saison sont conduites. Enfin, des jeux de données « externes » (acquis en Côtes d'Armor et Manche) sont utilisés pour tester la généralité des résultats obtenus.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Les résultats montrent que la richesse en espèces de carabes est plus élevée dans les bordures de type adventice que dans les bordures de type forestier ou mixte. L'Analyse en Composantes Principales montre des différences dans la composition des communautés de carabes en fonction des types de bordures. En particulier, l'abondance des carabes agrobiontes est plus élevée dans les bordures de type adventice que les bordures de type forestier ou mixte forestier. Inversement, l'abondance des carabes forestiers est plus élevée dans les bordures de type

forestier mixte qu'adventice. D'autre part, les résultats montrent que l'abondance des carabes phytophages/granivores est plus importante dans les bordures de type adventice que forestier ou mixte forestier. Ecobordure serait donc un bon indicateur de la composition des communautés de carabes et de la fonction de régulation biologique associée à ces insectes. En revanche, aucune différence dans l'abondance totale (sur une saison) ou mensuelle des morpho-groupes de pollinisateurs n'est observée en fonction des types de bordures. Cette absence de lien peut être liée à la sous-représentation des bordures de type prairial dans l'échantillonnage, susceptibles d'offrir d'importantes ressources floricoles pour les pollinisateurs. Ecobordure n'est donc pas, en l'état, un bon indicateur de l'abondance des pollinisateurs et de la fonction de pollinisation. Enfin, la portée générique de ces résultats n'est pour l'instant pas confirmée. Bien que l'ensemble de résultats soit prometteur, il faudrait approfondir les analyses en évitant la sous-représentation de certains types de bordures dans l'échantillonnage ou en améliorant la description des fonctions pour mieux évaluer le potentiel d'Ecobordure à rendre compte des conséquences de l'état agroécologique des bordures de champs sur la biodiversité et les fonctions associées.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Rares sont les indicateurs agroécologiques qui permettent d'inférer les causes et les conséquences de l'état qu'ils indiquent (Feld *et al.* 2009). Les résultats du stage montrent qu'au-delà des causes, Ecobordure permet également de rendre compte des conséquences de l'état agroécologique des bordures de champs en termes de conservation de la biodiversité caractéristique du bocage. Même si ces résultats restent à conforter, la démarche sera reproduite pour la version « plaine de Beauce » de l'indicateur, en partenariat avec l'association Hommes et Territoire. La valorisation de ces résultats a été engagée par la diffusion du rapport de stage auprès des partenaires (une quarantaine issue du développement, de l'enseignement agricole et de l'enseignement supérieur) impliqués dans le montage du projet CASDAR "DEvelopper des démarches de transitions à partir d'un diagnostic agroécologique de BOrdures de champ et la mise en Réseau d'Acteurs". Ils seront également présentés lors de la formation annuelle autour de l'outil Ecobordure.

**Changements saisonniers dans les communautés benthiques
des lagunes de Méditerranée : effets des paramètres
environnementaux et réponses physiologiques
des principales espèces**

Réalisé par :

Thomas Boyer
Dynamique des écosystèmes aquatiques
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Sous l'encadrement de :

Stéphane Hourdez
Observatoire Océanologique de Banyuls
LECOB UMR 8222 CNRS- Sorbonne Université

Idem pour encadrant secondaire

François Charles
Stéphane Hourdez
Observatoire Océanologique de Banyuls
LECOB UMR 8222 CNRS- Sorbonne Université

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les lagunes méditerranéennes constituent des écosystèmes à haute valeur écologique. Les amplitudes thermiques de 28°C sur l'année et 8°C à l'échelle journalière font de ces milieux un environnement extrême. Ces lagunes hébergent une faible diversité d'espèces particulièrement bien adaptées aux variations extrêmes de température, mais aussi de salinité et de concentration en oxygène dissous. Dans la perspective du réchauffement climatique annoncé, l'objectif de cette étude était de suivre les modifications du compartiment benthique d'une zone sédimentaire de la lagune et d'évaluer les capacités métaboliques de résistance des invertébrés benthiques à une augmentation rapide de la température en condition de normoxie et d'hypoxie.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Au cours du stage, des prélèvements sur une zone de berge ont été effectués toutes les 2-3 semaines pour en étudier les modifications (inventaire des espèces, abondance, biomasse) au cours d'une année complète, en relation avec les modifications des paramètres physico-chimiques (température, salinité, concentration en oxygène). Au printemps et au cœur de l'été, des prélèvements supplémentaires des espèces les plus abondantes ont aussi permis d'en évaluer la tolérance physiologique à la température et l'effet de l'hypoxie sur cette tolérance dans des conditions contrôlées au laboratoire.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

L'analyse de la composition de la macrofaune benthique au cours d'un cycle annuel indique que dans l'étang de Canet Saint Nazaire, la communauté est composée des 4 taxons principaux. *Abra segmentum* et *Hediste diversicolor* sont les deux espèces les plus abondantes tout au long de l'année et contribuent à l'essentiel de la biomasse totale de l'ensemble de la communauté dans l'étang, estimée à 935 tonnes de poids frais.

Les expériences de tolérance thermique réalisées sur ces espèces en conditions de normoxie et d'hypoxie montrent un effet d'acclimatation aux variations saisonnières de température. Cependant, le caractère singulier des variations enregistrées dans l'étang au cours de l'étude, à savoir la précocité et la rapidité de l'augmentation de la température, les concentrations en oxygène dissous relativement stables et élevées, et des conditions de salinité souvent élevées, suggèrent de poursuivre les expériences afin de confirmer et de préciser l'effet d'acclimatation observé.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Les lagunes méditerranéennes représentent des environnements d'un intérêt écologique et économique important. Celle de Canet-Saint Nazaire, de par sa faible profondeur moyenne, pourrait déjà offrir une vue de la réponse de ces milieux aux futures modifications environnementales. Les dialogues établis avec le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Réart, et en particulier la comparaison avec les paramètres physico-chimiques enregistrés depuis plus de 10 ans, ont permis de mettre en évidence le caractère plutôt inhabituel de l'année 2020-2021, avec notamment des salinités relativement stables et l'absence d'hypoxie notable dans la lagune. Ces interactions se poursuivront, notamment pour la valorisation scientifique des résultats du stage.

Les résultats obtenus pendant le stage seront complétés par des mesures de capacité physiologique à l'automne et au cœur de l'hiver pour mieux évaluer les capacités d'acclimatation des espèces du benthos des lagunes. A l'issue de ces études, les données seront publiées dans un journal scientifique adapté.

Effets de la fragmentation anthropique sur les déplacements des poissons en réponse au changement climatique

Réalisé par :

Morgan LE TRON

Master Biodiversité, Écologie et Évolution (BEE)

Parcours Modélisation des Systèmes Écologiques (MSE)

Université Toulouse 3 Paul Sabatier

Sous l'encadrement de :

Pablo TEDESCO

Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

UMR 5174 – Laboratoire Évolution & Diversité Biologique (EDB)

Équipe Écologie Aquatique et changements globaux (AQUAECO)

&

Gaël GRENOUILLET

Université Toulouse 3 Paul Sabatier

UMR 5174 – Laboratoire Évolution & Diversité Biologique (EDB)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Suite à une augmentation des températures moyennes, une étude a observé un déplacement des aires de répartition géographiques de 32 espèces de poissons vers l'amont des cours d'eau français. D'après leurs distributions historiques (1980-1992), plus récentes (2003-2007) et attendues suivant le changement climatique, l'extirpation, la persistance et la colonisation ou non d'habitats climatiquement favorables et défavorables pour chaque espèce ont été mises en évidence sur le réseau hydrographique. L'absence de colonisation d'habitats climatiquement favorables pour une espèce pourrait s'expliquer par la présence d'ouvrages transversaux pouvant empêcher cette espèce de suivre sa niche climatique. En 2020, l'Office français de la biodiversité (OFB) a recensé un obstacle tous les 5 km de cours d'eau en moyenne. L'objectif était tout d'abord d'évaluer l'effet de la fragmentation en aval sur la colonisation ou non d'habitats climatiquement favorables en amont pour 32 espèces de poissons. Puis, d'analyser l'impact de la fragmentation locale sur l'extirpation d'habitats climatiquement favorables pour ces espèces.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Chaque obstacle à l'écoulement a été qualifié comme franchissable ou infranchissable par chacune des 32 espèces de poissons selon la hauteur des obstacles et les capacités de chaque espèce. Ainsi, la densité d'obstacles infranchissables a été calculée pour chaque espèce sur chaque tronçon du réseau hydrographique. La fragmentation en aval des tronçons colonisés et non colonisés climatiquement favorables a été quantifiée à différentes échelles (1, 3, 5, 10, 15, 20 et tous les tronçons en aval). Des modèles linéaires généralisés (GLM) de la famille binomiale ont été utilisés pour évaluer l'effet de chaque mesure de la fragmentation en aval sur la colonisation ou non d'habitats climatiquement favorables. De la même façon, l'impact de la fragmentation locale sur l'extirpation des espèces d'habitats climatiquement favorables a été analysé avec des GLM. Pour chacun de ces modèles, l'interaction avec la distance à la source a été ajoutée pour déterminer si les effets de la fragmentation pouvaient dépendre de la position des tronçons sur le gradient longitudinal. Enfin, des ANOVA ont été effectuées afin d'étudier la variation des effets de la fragmentation selon différents traits des espèces.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Nos résultats montrent globalement que la fragmentation a une influence négative sur la dynamique locale de certaines espèces en réponse au changement climatique. Une forte fragmentation des cours d'eau empêche des espèces comme

le barbeau méridional, le blageon et le saumon, de coloniser des tronçons climatiquement favorables en amont. C'est également le cas pour l'anguille européenne, espèce diadrome en danger critique selon l'UICN, lorsque la fragmentation est quantifiée sur tous les tronçons en aval des tronçons colonisés ou non, étant climatiquement favorables. Globalement, les effets négatifs de la fragmentation sur la colonisation de tronçons climatiquement favorables en amont s'accroissent avec l'augmentation du nombre de tronçons en aval pris en compte (effet cumulatif). Pour certaines espèces comme l'anguille, les effets de la fragmentation sont plus forts loin de la source, tandis que pour d'autres, le blageon et le saumon, ces effets sont plus forts en se rapprochant de la source.

Une fragmentation locale élevée contribue également à l'extinction locale de certaines espèces d'habitats pourtant climatiquement favorables, ce qui peut s'expliquer par une réduction des apports externes d'individus permettant de maintenir la viabilité des populations. Par exemple, la fragmentation locale est plus intense sur les tronçons où le barbeau s'est extirpé alors que le climat y est favorable, que sur les tronçons où cette espèce a persisté dans un climat défavorable. À l'inverse, la densité d'obstacles infranchissables est plus élevée sur les tronçons où l'anguille a persisté malgré un climat défavorable, ce qui peut traduire la présence de nombreux autres facteurs non pris en compte ici, comme la surpêche ou la pollution.

En comparant les effets de la fragmentation entre les 32 espèces étudiées selon divers traits d'histoire de vie, nos résultats montrent des effets négatifs plus marqués pour les espèces dont les traits reflètent des besoins de déplacements plus importants : les espèces potamodromes, la présence de soins parentaux ; ou bien des capacités de nage plus faibles : les espèces limnophiles et à faible facteur de nage.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Ces résultats démontrent l'impact de la fragmentation anthropique sur les déplacements de 32 espèces de poissons face au changement climatique. Il est donc nécessaire de mettre en place davantage de franchissements piscicoles dans le but de restaurer la connectivité des cours d'eau et donc de permettre aux poissons de se déplacer pour suivre leurs niches climatiques. La suppression des obstacles à l'écoulement de l'eau qui n'ont pas d'utilité primordiale devrait être envisagée afin de réduire le nombre d'ouvrages qui font obstacle à la continuité des cours d'eau. La restauration de la continuité écologique des cours d'eau est l'un des principaux objectifs de l'OFB, et les analyses présentées ici visent à leur fournir des éléments scientifiques afin de soutenir et renforcer leurs arguments, qui ont parfois du mal à passer face aux propriétaires privés et aux pouvoirs politiques.

Cette étude se traduira par un manuscrit à soumettre prochainement à un journal scientifique, et le rapport de ce stage et ses résultats font déjà partie d'un rapport scientifique plus vaste à destination de l'OFB, portant sur diverses approches visant à montrer les effets de la fragmentation sur les peuplements piscicoles de métropole.

Utilisation des cartes auto-adaptatives de Kohonen pour une gestion durable des pêcheries thonières de l'Atlantique tropical

Réalisé par :

Pauline Stephan
Sciences de l'environnement
Ecologie et biologie évolutive
ETH Zurich

Sous l'encadrement de :

Lorelei Guéry
Institut de recherche pour le développement (IRD)
Marine Biodiversity, Exploitation and Conservation (UMR Marbec)

Daniel Gaertner
Institut de recherche pour le développement (IRD)
Marine Biodiversity, Exploitation and Conservation (UMR Marbec)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Le stage s'inscrit dans un contexte de gestion durable des pêcheries thonières dans l'Atlantique tropical. Celles-ci sont gérées par la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA), qui rassemble plus de cinquante pays membres. Dans le but de maintenir les stocks des espèces pêchées à un niveau durable pour l'exploitation et de mettre en œuvre une approche écosystémique, la commission a introduit plusieurs mesures depuis les années 1990, dont des fermetures temporaires de la pêche sous dispositifs à concentration de poissons (DCP) qui attirent particulièrement certains juvéniles et nuisent à la conservation du stock. L'objectif de ce stage était d'explorer l'utilisation des cartes de Kohonen afin d'évaluer leur potentiel d'appui à la gestion de ces pêcheries, et plus particulièrement à la définition des zones moratoires.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Les cartes auto-adaptatives de Kohonen, un type de réseau neuronal, sont de plus en plus utilisées en écologie et particulièrement intéressantes pour leurs représentations graphiques intuitives et leur flexibilité dans les données d'entrée. Cette flexibilité est essentielle pour les données de pêche commerciale qui souvent rassemblent plusieurs jeux séparés et en intègrent les erreurs. La méthode de Kohonen, couplée à une méthode de clusterisation, permet d'extraire des informations de ces données et plus particulièrement d'en appréhender les associations d'espèces par strates spatio-temporelles.

Afin de s'assurer de la compatibilité de la méthode avec nos objectifs, nous avons d'abord simulé des jeux de données en y insérant des zones de fortes abondances de plus en plus complexes, spatialement comme temporellement. Une fois la méthode validée, nous l'avons appliquée au jeu de données de capture de thons tropicaux sous DCP de la CICTA en libre accès. Afin d'intégrer les espèces associées vulnérables, nous avons joint à ces données un indice d'abondance du requin soyeux extrait de la littérature (Lopez *et al.* 2020) et de moindre résolution.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Les résultats des simulations prouvent l'efficacité des cartes de Kohonen associées à une méthode de clusterisation à identifier des zones de forte abondance dans un jeu de données spatio-temporelles complexe et associant deux types de données : tonnage et indice d'abondance. Par ailleurs, dans le cas des thons tropicaux, les captures de thon listao (*Katsuwonis pelamis*) constituent environ 80% des captures. Or, ce sont les stocks de deux autres espèces pêchées qui sont considérés surexploités. Pour s'assurer que la forte abondance de listao ne masquait pas les

variations d'abondance chez les autres, nous avons également exploré différents prétraitements de données et sommes parvenus à la conclusion que les centrer et les mettre à l'échelle était une étape indispensable dans un système multi-espèces déséquilibré. Cela s'avère d'autant plus utile quand il s'agit d'intégrer un indice d'abondance d'échelle différente.

L'application de la méthode, y compris le prétraitement, aux données de capture de thons tropicaux dans l'Atlantique tropical suggère d'ores et déjà des zones candidates de fermeture de la pêche sous DCP. Concrètement, ces zones ressortent sur les cartes géographiques de la zone par leur couleur, qui dépend d'un indice de vulnérabilité. Cet indice est défini par l'utilisateur qui fixe des facteurs de pondération, par exemple un facteur élevé pour une espèce surexploitée afin de donner plus de poids à sa présence. Cet indice est ensuite représenté sur la carte par un code couleur allant du bleu au rouge.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

La méthode utilisée dans ce projet est simple d'utilisation et ne nécessiterait que très peu d'ajustements pour être transférés à d'autres systèmes de pêche. Les cartes qui en ressortent sont facilement interprétables et adaptables à une évolution de la situation. En effet, des facteurs de pondération pour la création des cartes finales peuvent être choisis, par exemple en fonction du statut des stocks. Ces caractéristiques rendent la méthode particulièrement intéressante pour une transformation en un outil d'aide à la décision. Cet outil pourrait par exemple être utilisé par les organisations régionales de gestion de la pêche (ORGP) telles que la CICTA. De plus, cette méthode pourrait accompagner la transition vers une gestion dynamique des pêcheries (« dynamic ocean management ») car générer de nouvelles cartes avec des données plus récentes ne nécessiterait pas de travail supplémentaire. Il serait donc envisageable d'ajuster les zones de fermeture à la pêche chaque année afin de maximiser leur impact écologique et de minimiser les conséquences économiques.

En outre, les cartes de Kohonen ont un potentiel d'exploration des dynamiques écosystémiques, notamment en y intégrant des variables environnementales. Cette utilisation pourrait être validée par une comparaison avec d'autres modèles existants, plus complexes et appliqués et des pêcheries diverses.

Pour partager ces résultats avec la communauté halieutique, une publication sur les résultats du stage est en préparation.

Les microbiotes des bivalves marins sont-ils des réservoirs de bactéries résistantes aux antibiotiques et d'activités antibactériennes ?

Réalisé par :

Anaïs Mercier
Master 2 Sciences Technologies Santé
Biotechnologie Parcours Biochimie
Université de La Rochelle

Sous l'encadrement de :

Gwenaëlle Le Blay & Stéphanie Madec
Université de Bretagne Occidentale (UBO)
Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) UMR6539
UBOCNRS-IRD-IFREMER - Équipe Physiologie intégrative et adaptation des organismes marins : du gène à la population (PANORAMA)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Depuis plusieurs années, nous assistons à la montée irrépressible de la résistance aux antibiotiques chez les bactéries pathogènes. Un moyen de limiter l'émergence et la dissémination de ces gènes dans l'environnement est de suivre leur évolution globale. Cependant, le rôle joué par l'environnement marin n'est presque pas étudié, alors que les bivalves filtreurs, qui vivent parfois dans des estuaires très pollués soumis à des contaminations fécales et chimiques sont susceptibles d'héberger des bactéries et des gènes résistants aux antibiotiques (BRA/GRA) dans leurs microbiotes. L'eau de mer pourrait donc être un vecteur par lequel ces BRA/GRA contaminent les bivalves marins. L'objectif de cette étude a été d'évaluer la présence de bactéries résistantes à l'amoxicilline (fortement prescrit en médecine de ville) dans les microbiotes (hémolymphe & glande digestive) de scrobiculaires, un bivalve benthique capable de survivre dans des sites très pollués. Nous avons également cherché la présence de bactéries produisant des antibactériens dans ces microbiotes.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Deux lots de scrobiculaires (2 x 30) provenant d'un site fortement pollués vs un site non pollué ont été récoltés. La moitié de chaque lot a été dépurée (48h) afin d'éliminer les bactéries en transit. Les glandes digestives et les hémolymphe des animaux dépurés et non dépurés ont été prélevées, poolées par lots de 5 individus et broyées. Les bactéries associées à ces microbiotes ont été énumérées sur différents milieux gélosés favorisant plutôt la croissance de bactéries oligotrophes (milieu R2A dilué au 1/20ème) ou copiotrophes (milieu R2A non dilué). Ces milieux ont été supplémentés ou non en amoxicilline (8mg/L). Les bactéries ont été énumérées, certaines isolées et leur spectre de résistance contre 10 antibiotiques analysés, ainsi que leur activité antibactérienne.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Chez les bivalves non dépurés, les concentrations (Log UFC/ml) de bactéries résistantes à l'amoxicilline étaient significativement plus élevées ($P < 0,001$) dans le site pollué que dans le site non pollué, qu'il s'agissait des copiotrophes [$4,8 \pm 0,1$ vs $3,9 \pm 0,2$] ou des oligotrophes [$4,7 \pm 0,4$ vs $3,4 \pm 0,4$]. Chez les animaux dépurés, seules les concentrations des bactéries oligotrophes résistantes à l'amoxicilline [$4,4 \pm 0,3$ vs $3,4 \pm 0,2$] étaient significativement plus élevées dans le site pollué. Aucune différence significative des bactéries résistantes à l'amoxicilline en fonction du site n'a été observée dans l'hémolymphe. Chez les 240 isolats testés, les plus fortes résistances ont été observées pour la pénicilline G (99 %), l'amoxicilline (36 %), la

kanamycine (36 %), l'érythromycine (29 %), le chloramphénicol (20 %) et la céfotaxime (16 %), alors que beaucoup moins de résistances ont été observées pour le céfépime (6 %), la ciprofloxacine (5,5 %), le méropénème (3,9%) et la tétracycline (2 %). Un isolat a montré 8 résistances contre les 10 antibiotiques testés et 8 autres ont montré des activités antibactériennes. Les isolats provenant du site pollué et de bivalves non dépurés présentaient plus de résistance.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Il semblerait que les bactéries présentes dans les glandes digestives des scrobiculaires récoltés dans le site pollué soient plus résistantes à l'amoxicilline, ce qui n'est pas le cas des bactéries présentes dans l'hémolymphe. Chez les bivalves ayant subi une dépuration qui élimine les bactéries en transit, il n'y avait plus de différence entre les bactéries copiotrophes du site pollué par rapport au site non pollué, en revanche les bactéries oligotrophes résistantes à l'amoxicilline étaient toujours en plus forte concentration dans le site pollué. Les bactéries copiotrophes résistantes à l'amoxicilline ont probablement été éliminées par la dépuration, alors que les oligotrophes ne l'ont pas été, ces dernières étant sans doute plus intimement associées aux glandes digestives. Ceci suggère une possibilité de transfert de gènes de résistance entre les bactéries en transit (allochtones) et les bactéries résidentes (autochtones) du microbiote digestif. Ces gènes pourraient donc être consommés par des humains ou des animaux sauvages et augmenter le résistome de leur microbiote intestinal par transfert horizontal de gènes dans l'intestin et/ou par des bactériémies. Les gènes de résistance pourraient alors contaminer l'ensemble de la chaîne trophique, favorisant l'émergence de bactéries multi-résistantes. Tout ceci reste cependant à confirmer, ainsi que d'éventuels transferts le long de la chaîne trophique. Il semble cependant essentiel de surveiller de plus près les gènes de résistance aux antibiotiques chez les bivalves marins côtiers. Un projet ANR avec différents partenaires comprenant notamment des établissements publics chargés de la gestion des bassins versants vient d'être déposé. Si ce projet aboutit, cela permettra d'approfondir ces résultats, de les publier et de les transmettre vers les acteurs locaux et les professionnels.

Analyse comparative de la diversité des animaux frugivores, diurnes et nocturnes, dans la canopée d'une forêt anthropisée en Guyane

Réalisé par :

Marie SEGUIGNE

Master Biodiversité, Écologie, Évolution Écologie Fonctionnelle

Muséum National d'Histoire Naturelle

Sous l'encadrement de :

Pierre-Michel FORGET

Muséum National d'Histoire Naturelle UMR Mécanismes adaptatifs et
évolution Équipe ECOTROP

et

Opale COUTANT

Université de Toulouse III

UMR Évolution et diversité biologique Équipe AQUAECO

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les animaux frugivores arboricoles et volants représentent des disperseurs primaires dont les primates et les toucans sont les principaux acteurs en forêts tropicales. Face à l'expansion des pressions anthropiques et à la diminution des populations de grands frugivores, plusieurs études suggèrent une possible compensation de la perte des grandes espèces par d'autres plus petites. En Guyane, encore peu d'études ont été menées sur le rôle des frugivores arboricoles nocturnes comme agents de dispersion des graines. Ce stage avait donc pour but de proposer une description complète d'une communauté de frugivores arboricoles diurnes et nocturnes dans plusieurs zones forestières menacées par la présence d'une route, afin d'estimer les effets de l'anthropisation sur cette communauté et d'évaluer les potentiels interactions entre les frugivores diurnes et nocturnes, en particulier la compétition indirecte lors de l'exploitation des ressources.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Nous avons analysé la diversité des frugivores arboricoles diurnes et nocturnes chez deux espèces d'arbres de la famille des Myristicacées (*Virola kwatae* et *V. michelii*), qui représentent un modèle d'étude pour les relations entre les plantes et les animaux frugivores. Pour ce faire, nous avons utilisé des pièges-photographiques (camera-trap) disposés dans la couronne des arbres en fruits entre 30 et 40 m de hauteur dans chacune des zones forestières. Après la visualisation de l'ensemble des images, les espèces ont été identifiées et des régressions logistiques ont ensuite été utilisées pour inférer les relations entre frugivores diurnes et nocturnes, ainsi que pour estimer la réponse des frugivores face à la présence de la route.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Cette étude a mis en évidence la présence de 9 frugivores arboricoles principaux (primates, toucans, kinkajou, penelope). L'espèce la plus fréquente est le carnivore frugivore *Potos flavus* (kinkajou), il représente la seule espèce de frugivore nocturne observée. Les régressions logistiques n'ont pas montré l'existence de compétition indirecte entre frugivores diurnes et nocturnes sauf dans les arbres avec peu de fruits disponibles. Cependant, les modèles suggèrent un effet négatif de la présence de la route sur les communautés de frugivores qui semblent préférer visiter les arbres plus éloignés de la route. L'importante fréquence de tous ces frugivores dans la canopée par rapport aux observations réalisées dans la forêt similaire des Nouragues non impactée, est interprétée comme pouvant être dû à une moindre activité, voire l'absence du singe-araignée, *Ateles paniscus*, principal consommateur et disperseur de ces arbres dans les forêts naturelles non affectées par la chasse.

Cela suggère que ces frugivores, et particulièrement le kinkajou accompagné des toucans, pourraient intervenir dans la compensation de la dispersion des graines de *Virola spp.* mettant en évidence la résilience de l'écosystème grâce à la redondance fonctionnelle.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Cette étude a permis de tester une méthode innovante en disposant des pièges-photographiques directement dans la couronne d'arbres en fruits. Elle a montré son efficacité pour observer les espèces arboricoles diurnes et nocturnes, ainsi que pour obtenir des informations sur les comportements de consommation des animaux (notamment primates et kinkajou). Cette étude s'inscrit donc dans le développement d'une nouvelle méthodologie permettant de suivre les espèces arboricoles et apporte de nouvelles informations à la communauté de chercheurs développant cette méthode de camera-trapping arboricole. Les images obtenues lors de cette étude ont également pu être appréciées par le grand public lors d'une exposition au Parc Zoologique de Paris, durant un week-end où les enfants avaient aussi la possibilité de grimper aux arbres pour découvrir le travail en canopée des chercheurs.

Cette étude a fait l'objet de plusieurs communications (photo et vidéo) :

[Research in the Forest Canopy in French Guiana](#) (Photos)

Playlist Youtube « [Sur les traces de la biodiversité guyanaise](#) » (Parc Zoologique de Paris)

[Rencontres au sommet de la forêt tropicale](#) (Article TheConservation.com)

Lexique ethnoichthyologique des poissons lagunaires de la Polynésie française en vue d'une gestion adaptative de la biodiversité marine

Réalisé par :

PARENT Takurua
Langues et sociétés
Langues, cultures et sociétés en Océanie
Université de la Polynésie française

Sous l'encadrement de :

BAMBRIDGE Tamatoa
USR3278 CRIOBE EPHE-CNRS-UPVD
Centre de Recherche Insulaire et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE)
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)

VERNAUDON Jacques
EASTCO EA 4241
Université de la Polynésie française (UPF)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Le stage vise à élaborer un lexique numérique, conçu comme une base de données collaborative accessible en ligne, à plusieurs entrées permettant d'agrèger le nom scientifique des poissons lagunaires de Polynésie, leur nom français et leur nom vernaculaire dans les langues autochtones polynésiennes.

En outre, ce lexique précisera d'autres informations utiles à la gestion de la biodiversité marine, en particulier : a) l'habitat associé à chaque espèce (type de corail par exemple) ; b) le rayon de déplacement de chaque espèce ; c) l'importance de l'espèce pour le maintien de la biodiversité marine, au travers de l'identification de poissons-indicateurs d'un état écologique donné ; d) les préférences alimentaires et commerciales associées à chaque espèce dans un atoll et une île identifiés pour leur représentativité d'un point de vue culturel, et e) la réalisation d'une bibliographie associée pour chaque espèce ou famille de poissons.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

L'élaboration d'un questionnaire a permis d'interroger les experts locaux (spécialistes de la pêche) mais aussi les écologues ayant une longue expérience des poissons en Polynésie. Il a été réalisé dans trois communes de l'île de Tahiti, à Paea, Arue et Tautira, terrains ayant fait l'objet d'enquêtes pour le mémoire du stagiaire. Les informations sont à saisir dans la plateforme de collecte lexicale conçue à cet effet sur la base de données Anareo qui accueille déjà le dictionnaire en ligne de l'Académie tahitienne (www.farevanaa.pf/dictionnaire.php), permettant ainsi une interopérabilité entre le dictionnaire et le lexique.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Lors des enquêtes déployées sur l'île de Tahiti dans les communes de Paea, Tautira et Arue, 59 noms scientifiques de poissons lagunaires ont été sélectionnés, parmi les espèces les plus réputées pour leur consommation. À chaque nom scientifique ont été associés le(s) nom(s) vernaculaire(s) (en l'occurrence, tahitien(s)). La revue bibliographique a par ailleurs permis d'ajouter le nom français de chaque espèce et le type d'habitat de ces dernières.

Si l'idée commune consiste à penser que mieux les espèces sont nommées, plus la biodiversité marine est riche, cette hypothèse pourrait aussi être débattue (une faible occurrence vernaculaire, n'est pas simplement synonyme d'une disparition de la biodiversité). *A contrario*, les premiers résultats montrent qu'un unique poisson (ayant un seul nom scientifique) est nommé différemment selon son stade d'évolution et les habitudes d'usages et de consommation associés.

C'est une opportunité certaine d'envisager autrement les concordances lexicales jusqu'à lors largement biunivoques (une information scientifique associée à une information ethnolinguistique par ex. un nom scientifique d'espèce associé à un nom vernaculaire unique).

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Ce projet permet de : 1) Repenser la structuration de l'agrégation numérique de l'information scientifique et ethnolinguistique ; 2) Une communication science-culture plus soutenue est permise grâce à ce travail, entre les experts traditionnels de la pêche et les scientifiques ; 3) dans un second temps, ce travail documenté pourrait permettre la poursuite d'un travail plus approfondie de thèse sur l'hypothèse entre la connaissance vernaculaire des espèces de poissons et des habitats et la préservation de la biodiversité.

Organisation de l'avifaune selon des indicateurs paysagers au sein des espaces agricoles de Guadeloupe

Réalisé par :

Leila Faget
Master Biodiversité, Écologie, Évolution
Patrimoine naturel et biodiversité
Université de Rennes 1

Sous l'encadrement de :

Pierre Chopin
Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et
l'environnement (Inrae)
UR1321 Agrosystèmes Tropicaux (ASTRO)

Idem pour encadrant secondaire

Matthieu Paquet
Swedish University of Agricultural Sciences (SLU)
Department of Ecology

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Depuis la seconde moitié du 20e siècle, l'agriculture s'est intensifiée dans le but d'accroître la production alimentaire. Cette intensification a donné lieu à une spécialisation des systèmes agricoles autour de quelques cultures qui a entraîné une diminution de la diversité des paysages, une réduction des habitats semi-naturels au profit de parcelles plus grandes ce qui a eu un effet négatif sur les indicateurs de biodiversité tels que les populations avicoles. L'urbanisation croissante entre 1970 et 1990 a également contribué à la chute de l'ensemble des oiseaux nicheurs en zones tempérées. En milieu tropical, les efforts de suivis d'indicateurs biologiques se font plus rares. Cette étude vise donc à étudier l'impact de i) la conduite de différentes cultures, de ii) la diversité des paysages, de iii) la quantité d'habitats naturels et iv) l'interaction de ces variables dans les zones agricoles sur les populations avicoles de Guadeloupe.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Nous avons mis en place un plan d'échantillonnage de 65 parcelles qui couvrent la diversité de cultures rencontrées (cane à sucre, banane, maraichage, arboriculture, jachère, ananas) et de paysages en termes de diversité agricole et de quantité d'espaces semi-naturels dans un rayon de 500 mètres. Au total, 390 points d'écoutes ont été réalisés pour relever la diversité spécifique avicole *via* le nombre total d'espèces vues sur chaque parcelle lors des trois passages. Nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé avec deux interactions entre culture et indice de Shannon, et entre type de culture et pourcentage de forêt afin d'étudier les relations entre les variables environnementales et la diversité spécifique sur nos parcelles échantillonnées. Une transformation d'Hellinger suivie d'une analyse en composante principale a permis d'identifier le lien entre les variables environnementales et la composition des communautés sur nos parcelles échantillonnées

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

L'ensemble des espèces notées représentent 36 % des espèces sédentaires en Guadeloupe et 77 % des espèces forestières. Nos modèles ont montré que les jachères, parcelles d'ananas et les prairies présentent une diversité spécifique plus importante avec en moyenne respectivement 10,3 espèces, 10,2 espèces et 10,5 espèces. À l'inverse, les bananeraies et les parcelles de cane à sucre présentent une diversité spécifique plus faible avec en moyenne 7,6 espèces chacune. Nous avons observé une tendance quasi-globale (mais statistiquement non significative) à l'augmentation de la diversité spécifique parallèlement à l'augmentation de la

valeur de l'indice de Shannon et donc de la diversité des pratiques agricoles. De même, il existe une tendance (statistiquement non-significative) quasi-globale à l'augmentation de la diversité spécifique parallèlement à l'augmentation du pourcentage de forêt, spécifiquement pour les jachères et bananeraies.

La composition des communautés d'oiseaux dans les parcelles agricoles est influencée principalement par le pourcentage de forêt parmi les variables testées. En revanche, la structure des communautés ne semble pas influencée par le type de culture. Nous avons relevé les groupes d'espèces suivants qui apparaissent dans les mêmes habitats :

Groupe 1: viréo à moustache, élénie siffleuse et saltator gros-bec

Groupe 2: moqueur des savanes, paruline jaune, tourterelle à ailes blanches, capucin damier, tyran gris, tourterelle à queue carrée, héron garde-boeufs et quiscale merle

Groupe 3: sporophile rougegorge, moqueur corossol, colibri madère, pic de Guadeloupe, colibri huppé, trembleur brun, grive à pieds jaune

Le groupe 3 est corrélé positivement au pourcentage de forêt contrairement au groupe 2 qui est influencé négativement par le pourcentage de forêt. Le groupe 1 lui n'est pas corrélé avec le pourcentage de forêt, ce n'est donc pas une variable déterminante pour la répartition de ces espèces.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Au niveau scientifique, l'étude réalisée est l'une des premières en milieu tropical à étudier l'impact entre communautés d'oiseaux et type de culture, diversité du paysage et proportion de forêt. Nos résultats ont montré que i) Le type de culture influence la diversité spécifique, que ii) la diversité paysagère n'influence pas la diversité avicole et enfin que iii) la forêt n'influence pas la diversité avicole mais structure les communautés. Ainsi, pour avoir une diversité importante d'oiseaux, il est nécessaire de maintenir différents habitats, ici les cultures, dans différentes parties de l'île. En revanche, concernant les oiseaux, il semble que favoriser des paysages diversifiés avec différentes cultures ne contribue pas à un meilleur niveau de diversité. Néanmoins, il faudrait maintenir dans des paysages agricoles des quantités différentes d'habitats forestiers, semi-naturels favorisant le maintien de communautés d'oiseaux différentes.

Il s'agit ici d'une étude exploratoire avec de nombreuses limites mais qui permet de raffiner certaines questions de recherches en Guadeloupe. Ainsi, nous proposons que des études se portent sur le fonctionnement des communautés sur, d'une part, Grande Terre, et d'autre part, Basse-Terre qui présentent des communautés avicoles différentes. Nous proposons également d'étudier les aspects de corridors écologiques pour observer si, au-delà de la proportion des habitats forestiers, les continuités écologiques favorisent la présence ou l'abondance de certaines

populations. Enfin, nous proposons que la diversité avicole ne soit pas étudiée à l'échelle de la parcelle mais à l'échelle de paysages visibles (par ex. dans un rayon de 100m) dans lequel la structure physique de la végétation peut avoir une influence importante sur les populations en termes de détection et/ou déplacement des individus.

L'étude va faire l'objet d'une soumission à une revue scientifique avec une analyse supplémentaire prenant en compte la probabilité de détection des espèces afin d'observer si le fait que la faible abondance de certaines espèces dans certains habitats soit liée à des détections plus difficiles.

Étude des effets des pressions anthropiques sur la biodiversité récifo-lagonaire de la zone de Voh-Koné-Pouembout en Nouvelle-Calédonie

Réalisé par :

Alice Garo

Master Data Science et Modélisation Statistique

Université de Bretagne-Sud – UFR Sciences et Sciences de l'Ingénieur

Département Mathématique, Informatique, Statistique

Sous l'encadrement de :

Dominique Pelletier

UR Ecologie et Modèles pour l'Halieutique

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

Encadrant secondaire

Nazha Selmaoui

Institut des Sciences Exactes et Appliquées Université de la Nouvelle-Calédonie

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

A l'interface entre terre et mer, les zones côtières sont particulièrement attractives pour les populations humaines au regard d'un ensemble de services écosystémiques rendus. Elles le sont tout autant pour des industries qui bénéficient ainsi de l'accès à l'eau et au trafic maritime. La Nouvelle-Calédonie possède d'importantes réserves de nickel, et le complexe minier du Koniambo s'est développé en Province Nord depuis environ vingt ans ; les communes de Voh, Koné et Pouembout connaissent ainsi un fort développement démographique (+53%) et industriel, avec la construction de routes, d'une usine en bord de mer et le creusement d'un chenal.

Ce travail s'intéresse à : 1) évaluer les effets de ces pressions anthropiques sur les habitats benthiques et sur les communautés de poissons de la zone; 2) déterminer leur répartition spatiale, notamment vis-à-vis de la réserve coutumière de la tribu d'Oundjo ; 3) corrélérer ces effets à la pression démographique et/ou aux impacts industriels.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

280 vidéos sous-marine ont été collectées en 2007 et en 2013, soit avant et après construction de l'usine et creusement du chenal. Ces images avaient été analysées pour dénombrer les poissons et caractériser les habitats benthiques. Chaque station est caractérisée par un habitat-type déterminé à partir des données.

La composition spécifique et l'abondance de l'ichtyofaune ont été modélisées en fonction de : 1) l'habitat; 2) la pression démographique quantifiée à partir de données de recensement; et 3) la pression de pêche évaluée à partir des données du projet COGERON ; et 4) en fonction de la distance aux aménagements miniers. La variation de l'assemblage en fonction des facteurs précédents a été testée par PERMANOVA. Ces variations ont été analysées au niveau des taxons grâce une approche de *multivariate random forest* qui ordonne les facteurs selon leur importance explicative. La classification hiérarchique a permis de grouper les stations se ressemblant par leur assemblage et les pressions subies.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

La majorité des observations sont caractérisées par un habitat de fonds sableux clairs, parsemés de patates coralliennes, de débris ou taches d'herbier. Quatre familles caractéristiques des récifs lagunaires sont présentes sur plus de 50% des observations : Acanthuridés, Scaridés, Mullidés et Chaetodontidés. A l'inverse, 117 espèces sont observées à moins de 7 observations. La PERMANOVA montre que la composition spécifique et l'abondance de l'assemblage de poissons varie

significativement en fonction de l'habitat, de la pression de la mine et de la pression de pêche. Les *random forest* mettent en évidence l'importance de l'habitat, puis celle de la pression due aux aménagements miniers, et enfin celle de la pression de pêche. Cette influence n'est significative que pour une partie des espèces, dont plusieurs sont pêchées : le poisson-papillon *Chaetodon lunulatus*, les perroquets (Scaridés, *Scarus schlegeli*, *Chlorurus sordidus*), deux Lethrinidés (*Lethrinus harak* et *L. xanthochilus*) trois poissons-chirurgiens (*Ctenochaetus binotatus*, *striatus* et *Zebrasoma scopas*) et le lutjan *Lutjanus quinquelineatus*. Treize groupes de stations ont été retenus grâce à la classification. Ils se caractérisent à la fois par : 1) l'abondance de certaines espèces et la diversité des espèces ; 2) leur situation géographique du nord au sud de la zone ; 3) leur proximité aux aménagements miniers ; 4) leur position dans ou au dehors de la Réserve coutumière d'Oundjo : et 5) par leur habitat. Neuf groupes sont spécifiques soit de l'année 2007, soit de 2013. Le peuplement de poissons apparaît plus sensible à la pression de pêche qu'à la pression due aux aménagements miniers. L'impact de la pression de pêche, visible dès 2007, est plus marqué en 2013.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Grâce à la distribution géographique des observations sur l'ensemble du lagon des trois communes, et grâce au grand nombre de données, nous avons pu mettre en œuvre des méthodes multivariées aptes à tester les effets de plusieurs facteurs qui affectent la composition et l'abondance du peuplement de poissons et en hiérarchiser l'importance. Il a été également possible de distinguer des assemblages spécifiques de certaines conditions de pressions anthropiques et d'habitat.

La disponibilité de données sur la pression de pêche et de données démographiques a permis de quantifier l'évolution de cette pression entre les deux dates d'échantillonnage qui se situaient avant et après les aménagements miniers. Nous montrons ainsi que l'augmentation de la pression de pêche due à l'accroissement démographique lui-même lié au développement de l'industrie minière a affecté significativement le peuplement, tandis que les effets directs des aménagements miniers (chenal et usine) sont visibles mais moins impactants. Au regard de l'accroissement démographique qui se poursuit actuellement, ces résultats indiquent qu'il serait pertinent d'envisager une limitation de la pression de pêche sur cette zone dont le lagon est assez peu étendu et dominé par des habitats de fonds lagonaire relativement pauvres en ressources.

Les savoirs locaux de biodiversité comme outil de perception des changements environnementaux

Réalisé par :

Charlotte Robart

Master 2 Mention Biodiversité, Écologie & Evolution

Parcours Écosystèmes & Anthropisation

Université Toulouse III

Sous l'encadrement de :

Emilie Andrieu et Marc Deconchat

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae)

Laboratoire Dynamiques et Écologie des Paysages Agriforestiers (UMR 1201 Dynafor)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Les habitants d'un territoire ont des connaissances et expériences de relation à la biodiversité variées, qui déterminent en partie leurs propensions à comprendre les enjeux environnementaux, à les prendre en compte dans la gestion ou la protection de leurs territoires et leurs biodiversités, et à construire des stratégies d'adaptation. Alors que la compréhension de la variabilité de ces savoirs locaux est nécessaire pour mieux ajuster des politiques de sensibilisation, elle reste mal connue. L'objectif du stage est 1) de comprendre l'influence de la connexion à l'environnement sur les diagnostics de changements environnementaux, *via* l'utilisation de la biodiversité, dans des zones aux contextes socioculturels différents (urbaine – rurale – protégée) et de 2) proposer une démarche standardisée pour révéler ces diagnostics.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Les données ont été acquises durant le projet ANR PIAF. Elles sont issues d'enquêtes comprenant un freelisting, qui consiste à faire éliciter par l'informateur une liste de mots (les noms vernaculaires de « mammifères », « oiseaux », « arbres ») dans un temps imparti (3 min), et un entretien semi directif permettant de discuter espèce par espèce si l'interlocuteur a observé des modifications d'abondance et/ou de comportement, et s'il les associe à un changement environnemental.

Dans un premier temps, les données issues des entretiens ont été vérifiées et homogénéisées, et les différents changements environnementaux mentionnés ont été catégorisés. Des analyses multivariées (dont des analyses de correspondance et inter-classes) ont permis de tester si le contexte socio-écologique local induisait des différences dans les savoirs de biodiversité, dans la perception des changements environnementaux, et dans les liens perçus entre changements de biodiversité et changements environnementaux.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Alors que les informateurs partagent une culture commune (médias, éducations, ...) et sont issus de sites géographiquement proches, leurs savoirs sur la biodiversité sont différents et ce pour les 3 groupes taxonomiques (mammifères, oiseaux, arbres). Ainsi les informateurs du site péri-urbain citent en moyenne plus d'espèces mais essentiellement des espèces exotiques et domestiques, alors que dans les 2 autres sites, ils mentionnent des espèces sauvages locales dont l'identité diffère entre le site rural et le site protégé.

De même, les changements environnementaux perçus sont différents entre les 3 zones et correspondent aux enjeux locaux. Ainsi, les informateurs péri-urbains mentionnent plus des changements climatiques et d'aménagement (urbanisation).

Les informateurs de la zone protégée, qui est une zone de moyenne montagne soumise à la déprise de l'élevage, mettent en avant les changements de pratiques agricoles. Les informateurs de la zone rurale ont tendance à citer de façon équivalente tous les types de changements.

Les espèces indicatrices de changements (c'est-à-dire celles qui ont été associées à un changement environnemental par l'informateur) sont différentes entre les sites et entre les types de changements ce qui indique qu'on l'on n'aurait pas ou peu d'espèces indicatrices partagées par tous.

Ainsi, les savoirs de biodiversité et les perceptions de changements sont très locaux et dépendants du contexte socio-économique dans lequel on vit, tout comme l'utilisation de ces savoirs comme moyen de diagnostic environnemental.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

Ces premières analyses laissent penser qu'un outil simple et rapide, comme le freelisting associé à un entretien complémentaire ciblé sur les espèces citées, permet d'avoir un état des lieux des connaissances locales de biodiversité et des changements environnementaux correspondant aux enjeux locaux. Il ne semble pas y avoir *a priori* d'espèces ou de groupe taxonomique indicateur d'un changement particulier, ce qui ne permet pas de s'affranchir de l'entretien complémentaire du freelisting.

Les analyses réalisées durant le stage vont être complétées, en particulier en prenant en compte la variabilité des profils des informateurs au sein de chacun des sites d'études, et feront l'objet d'une publication dans une revue internationale. Le stage a permis une remobilisation du collectif interdisciplinaire de recherche issu du projet ANR PIAF, ce qui permettra une réflexion approfondie sur l'utilisation des freelistings comme révélateur des changements environnementaux perçus mais aussi d'évaluer la faisabilité d'étendre l'analyse aux 3 autres pays du projet (Zimbabwe, USA, Cameroun).

L'oléiculture dans le Gard : quels apports des connaissances paysannes à la caractérisation des dynamiques de la diversité cultivée face au changement climatique ?

Réalisé par :

Elsa Descamps

Mention Biodiversité, Écologie, Évolution (B2E)

Parcours Biodiversité végétale et Gestion des Écosystèmes Tropicaux

Université de Montpellier

Sous l'encadrement de :

Vanesse Labeyrie

Intitulé complet (CIRAD)

UMR Savoirs, Environnement et Société (SENS)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

L'olivier est une culture emblématique du bassin méditerranéen, qui assure une large gamme de fonctions économiques, culturelles, et écologiques dans les territoires où elle s'inscrit. Le changement climatique (CC) représente une menace potentielle pour l'oléiculture en Méditerranée, mais ses impacts locaux sur les systèmes oléicoles et les adaptations mises en œuvre par les oléiculteurs sont largement méconnus. On dispose notamment de peu de connaissances concernant la sensibilité des différentes variétés d'olivier aux diverses manifestations du changement climatique, et concernant la façon dont les oléiculteurs mobilisent cette diversité variétale pour s'adapter. Ce stage vise donc, premièrement, à documenter les observations des oléiculteurs concernant les impacts du changement climatique sur la culture de l'olivier et à analyser les différences observées entre les variétés. Deuxièmement, il décrit les stratégies d'adaptation mises en place par les oléiculteurs pour s'adapter au changement climatique en conjonction avec d'autres déterminants, notamment culturels et économiques, et la façon dont ils mobilisent la diversité variétale pour cela.

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Notre étude s'est focalisée sur le bassin de Nîmes qui couvre une large gamme de systèmes oléicoles (familiaux, traditionnels, intensifs) et abrite une diversité variétale élevée. Différentes méthodes d'enquêtes ont été combinées afin de collecter à la fois des données destinées à une analyse quantitative et des données qualitatives permettant une compréhension fine des mécanismes en jeu. Des entretiens ouverts ont d'abord été conduits auprès de personnes ayant une connaissance approfondie de la filière oléicole et de l'histoire de l'olivier dans la zone d'étude, afin de construire les guides d'entretien pour la collecte systématique de données. Des entretiens semi-directifs auprès de 10 oléiculteurs ont ensuite été menés pour construire le questionnaire destiné à une analyse quantitative, combinant des questions fermées (e.g. caractéristiques de l'exploitation ; conduite des parcelles) et ouvertes (e.g. observations des impacts du CC ; adaptations). Ce questionnaire final a ensuite été administré à un échantillon de 40 oléiculteurs de la zone d'étude. Un ensemble d'analyses quantitatives descriptives ont été effectuées (histogrammes, tests statistiques).

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Cette étude a mis en avant trois principaux résultats. Premièrement, le changement climatique arrive en tête dans la liste des changements environnementaux observés par les oléiculteurs dans le bassin de Nîmes. Les principaux impacts locaux cités par

les oléiculteurs concernent le changement des températures saisonnières moyennes et des températures extrêmes, ainsi que des précipitations moyennes et de la prévisibilité des précipitations. Les impacts observés diffèrent selon les systèmes oléicoles et les variétés cultivées. Aujourd'hui dans le Gard, les variétés locales sont considérées par les oléiculteurs comme les plus adaptées aux diverses manifestations locales du changement climatique, notamment à la sécheresse. C'est le cas de la Picholine et de la Négrette. Ensuite, les oléiculteurs modifient les variétés cultivées en réponse aux changements environnementaux observés, avec deux tendances principales : l'augmentation des variétés locales adaptées à la sécheresse, la diminution et l'abandon des variétés sensibles aux parasites et à la sécheresse. En dernier constat, bien que le changement climatique soit un facteur important dans le choix des variétés cultivées, d'autres facteurs entrent également en jeu, tels que la valeur patrimoniale et la demande du marché. En effet, les résultats font ressortir trois critères privilégiés par les oléiculteurs dans le choix des variétés cultivées : l'adaptation pédo-climatique, le goût et la demande du marché. En réponse à la demande des consommateurs, nombreux sont les oléiculteurs qui élargissent leur gamme d'huiles avec des variétés plus douces (Aglандаu, Négrette et Cayon) ou plus fruitée (Bouteillan). Enfin, la Picholine, en plus de son adaptation au climat, est aussi choisie selon le critère du marché : étant la variété phare de l'AOP Nîmes, certains moulins sélectifs traitent préférentiellement des olives de cette variété.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

En analysant comment les oléiculteurs utilisent la diversité des variétés d'olivier pour s'adapter à la multiplicité des changements qui les affectent, cette étude illustre la contribution que la recherche sur les connaissances locales peut apporter pour comprendre les préoccupations et les priorités des oléiculteurs. Ce stage montre également le potentiel qu'offre l'étude des savoirs environnementaux locaux pour documenter les impacts du changement climatique sur les cultures bénéficiant de peu d'efforts de recherche, comme l'olivier. En reliant les observations des agriculteurs concernant les changements environnementaux avec leurs choix de cultures dans un même cadre opérationnel, notre recherche constitue une étape supplémentaire dans la compréhension et l'inclusion des connaissances des agriculteurs dans la planification de l'adaptation au changement climatique.

En plus de servir à la communauté scientifique, cette étude s'adresse également aux oléiculteurs, en leur permettant de prendre connaissance de la diversité des stratégies d'adaptation mises en place dans la zone d'étude, contribuant ainsi au partage de connaissances. Pour cela, les résultats obtenus au cours de ce stage seront publiés dans le journal « Le nouvel olivier », journal de France Olive consulté par les membres de la filière oléicole, et une restitution orale aura lieu devant les membres de l'AOP huile d'olive de Nîmes.

Potentiel des isotopes stables et radiogéniques du Sr pour identifier les sources d'amendement de cultures céréalières

Réalisé par :

TRINH Tuan Hoang
Master Sciences de la Terre et des planètes, environnement
Ingénierie et géosciences pour l'environnement
École et Observatoire des sciences de la Terre
Université de Strasbourg, France

Sous l'encadrement de :

SCHMITT Anne-Désirée & GANGLOFF Sophie
Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES)
Unité de Recherche UMR 7063 CNRS
Université de Strasbourg, France

BRASSEUR Boris
L'Unité Écologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés (EDYSAN),
Unité de Recherche UMR 7058 CNRS
Université de Picardie Jules Verne, France

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Écobuage ou agriculture sur brulis et marnage ou amendements calcaires sont deux techniques agricoles qui consistent à enrichir un sol acide par des sources de cations externes. Le passage d'une technique à l'autre n'est pas déterminé précisément de façon temporelle dans l'histoire de l'agriculture. Le traçage isotopique s'appuyant sur les isotopes du strontium (Sr) pourrait permettre de combler cette lacune.

Avant d'étudier des échantillons archéologiques, il est nécessaire de valider la méthodologie proposée sur des céréales actuelles cultivées dans des environnements dont on peut contrôler les sources de Sr. Pour ce faire, différentes céréales ont été cultivées en Picardie en milieu forestier fraîchement déboisé sur des luvisols, amendés par des cendres de bois, selon les techniques anciennes. Leur signature isotopique en Sr a été comparée à celle des mêmes céréales semées dans d'autres champs, amendés par des carbonates (craie) (également sur des luvisols).

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Le traçage isotopique est un bon outil pour identifier des traces d'amendement dans les plantes (Drouet *et al.*, 2005a & 2005b; Styring *et al.*, 2016). En raison des similarités physico-chimiques entre le strontium (Sr) et le calcium (Ca), le Sr pourrait être un indicateur de la biodisponibilité du Ca (Åberg *et al.*, 1990; Capo *et al.*, 1998; Drouet *et al.*, 2005b). Dans le cas de notre étude, les rapports des isotopes radiogéniques ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) et stables ($\delta^{88/86}\text{Sr}$) du Sr, traceurs de sources et de mécanismes de fractionnement, ont été utilisés pour tester l'hypothèse de l'enregistrement de signatures isotopiques des amendements calcaires et de l'épandage des cendres dans des grains de céréales.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

Au cours de ce travail de recherche nous avons analysé la composition chimique, ainsi que les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $\delta^{88/86}\text{Sr}$ d'échantillons de sols, de craies, de loess, de pluviolessivat, de cendres et d'organes céréalières provenant de parcelles agricoles auxquelles différents types d'amendements ont été apportés : écobuage ou marnage calcaire. Nos résultats montrent que la calcination de graines actuelles est sans effet sur les signatures stables et radiogéniques du Sr. Les fractionnements du rapport isotopique $\delta^{88/86}\text{Sr}$ au sein des différents organes végétaux de même origine démontrent l'intérêt de choisir un même type d'organe, tel que les graines. Par ailleurs, le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aide à tracer les sources de Sr dans ces graines. Le rapport Ca/Sr ne peut pas être considéré comme un analogue du cycle biogéochimique du Ca dans notre étude en raison d'un fractionnement chimique entre Ca et Sr.

Il ressort de notre étude que grâce à l'étude combinée $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ on arrive à identifier la source de Sr des graines. Ainsi, les graines d'un champ amendé par écobuage sont plus radiogéniques (silicatées) que celles de champs amendés par marnage. Plus l'amendement marneux est ancien, moins la signature $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est radiogénique (entre 57 et 76% du Sr provient du lessivage des craies). Pour un champ fraîchement déboisé et utilisé comme terre agricole, la proportion de Sr provenant des apports atmosphériques passe rapidement de ≈ 35 à 89%. Il n'y a pas d'affleurement de carbonates sur cette parcelle, mais il y a des épandages de craie dans les champs voisins. Ces sols sont soumis à la déflation éolienne lorsqu'ils sont sans couvert végétal (ex. après labour) et par temps sec. Des poussières de ces sols crayeux peuvent alors s'envoler et se déposer *via* les dépôts atmosphériques secs ou humides sur la parcelle expérimentale. Plus les surfaces cultivées localement sont importantes, plus cette contribution en retombées atmosphériques sera élevée.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

L'agriculture s'est développée à partir du Néolithique, vers -5000 AD sur le territoire français. Afin de libérer de l'espace par leurs cultures, les premiers agriculteurs ont défriché des terres forestières pour la plantation de culture vivrière et dans le cadre du pastoralisme. Afin de redresser le pH des sols, ils se sont livrés à des amendements alcalins sans que l'on ne sache actuellement lesquels étaient utilisés (cendres végétales ou calcaire local).

Au Néolithique, les populations étaient faibles, il y avait donc peu de terres cultivées. On peut donc supposer que l'érosion éolienne des sols était moins importante qu'aujourd'hui. En effet, la couverture des sols était plus importante qu'actuellement, il y avait moins de roches carbonatées affleurantes, et les surfaces de sols nus sujettes à la déflation étaient moins importantes. Dans ces conditions, l'analyse des isotopes stables et radiogéniques du Sr dans les graines de céréales datées du Néolithique (de 5600 à 2100 ans avant J.-C.) à la période antique (de 52 avant J.-C. à 476 ans après J.-C.), permettra d'observer des valeurs plus radiogéniques en $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ pour des céréales amendées par écobuage et des valeurs moins radiogéniques pour des céréales amendées par marnage.

Les résultats obtenus au cours de ce stage de M2 semblent donc prometteurs pour identifier le passage d'un amendement par écobuage à un amendement par marnage *via* l'analyse des isotopes du Sr dans des graines de céréales provenant de carporestes.

Références bibliographiques citées dans le texte

Åberg G., Jacksa G., Wickman T., Hamilton P.J. (1990) Strontium isotopes in trees as an indicator for calcium availability. *Catena*, Volume 17, Issue 1, p.1-11, doi: 10.1016/0341-8162(90)90011-2

Capo R.C., Stewart B.W., Chadwick O.A. (1998). Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: theory and methods. *Geoderma*, vol. 82, 197–225, doi :10.1016/S0016-7061(97)00102-X

Drouet Th., Herbauts J., Gruber W., Demaiffe D. (2005a). Strontium isotope composition as a tracer of calcium sources in two forest ecosystems in Belgium. *Geoderma*, vol. 126, p.203–223. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.09.010

Drouet Th., Herbauts J., Demaiffe D. (2005b). Long-term records of strontium isotopic composition in tree rings suggest changes in forest calcium sources in the early 20th century. *Global Change Biology* 11, 1926–1940, doi:10.1111/j.1365-2486.2005.01034

Styring A.K., M. Ater, H. Younes, R. Fraser (2016) Disentangling the effect of farming practice from aridity on crop stable isotope values: A present-day model from Morocco and its application to early farming sites in the eastern Mediterranean. *The Anthropocene Review* 3, DOI:[10.1177/2053019616630762](https://doi.org/10.1177/2053019616630762)

Ecophysiologie de la *Cardamine resedifolia* sur gradients de pollution métallique/HAP issus des activités minières passées dans l'Arc alpin

Réalisé par :

Marie Fourage
Master Risques et Environnement
Biodiversité Santé Environnement
Reims Champagne Ardennes, campus Moulin de la Housse

Sous l'encadrement de :

Muriel Raveton
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et Université Grenoble Alpes (UGA)
Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA) UMR5553
Département Macroevolution, Evolutionary Ecology & Biodiversity dynamics (MEEB)

Idem pour encadrant secondaire

Stéphane Reynaud
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et Université Grenoble Alpes (UGA)
Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA) UMR5553
Département Macroevolution, Evolutionary Ecology & Biodiversity dynamics (MEEB)

Résumé du stage

Contexte et objectif(s)

Le projet CarMine a pour objectif d'étudier l'impact des déchets miniers sur le couvert végétal de l'étage alpin (*i.e.*, au-delà de 2100m d'altitude) notamment en prenant comme modèle biologique la *Cardamine resedifolia* dont la présence sur les sols très enrichis en ETM et/ou HAP est récurrente. Pour cela, le projet fédérera une approche interdisciplinaire indispensable à **i)** la caractérisation de l'exposome et de la contamination des plantes, **ii)** la détermination des assemblages végétaux tolérants aux déchets miniers, **iii)** l'étude de la génétique des populations de *C. resedifolia* ainsi que **iv)** son étude d'un point de vue écophysologique. **Ces travaux de recherche permettront d'évaluer si *C. resedifolia* tolère la pression polluante grâce à des réponses plastiques ou grâce à un processus évolutif d'adaptation.**

Méthode(s) mise(s) en œuvre ou approche(s) utilisée(s)

Pour analyser les réponses écophysologiques et transcriptomiques de *C. resedifolia* en fonction des exposomes miniers de l'Arc Alpin, les méthodes suivantes ont été utilisées:

- Dosage par ICP-MS de la contamination métallique des substrats et des plantes *C. resedifolia* (Plateforme AirOSol, ISTerre) ;
- Mesure des contenus en C/N (Flash EA1112, LECA), en chlorophylle (spectrophotométrie), en phénols totaux (réactif de Follin-Ciocalteu), en flavonoïdes (réactif AlCl₃) et en metallothionéines (kit ELISA Plant Metallothionein). Des mesures *in situ* (SLA, LDMC, NBI, Fv/Fm) ont été réalisées permettant de compléter l'analyse des traits phénotypiques ;
- Analyse du transcriptome de *C. resedifolia* provenant des haldes du Lac Blanc et de la référence. Les séquences ont été alignées sur le génome de *Arabidopsis thaliana* TAIR 10. Les logiciels STAR et R (DESeq et edgeR) ont permis de dénombrer le nombre de reads par gène et de mettre en évidence les gènes différentiellement transcrits entre les conditions.

Principal(aux) résultat(s) ou conclusion(s) obtenu(s)

La contamination des plantes *C. resedifolia* se développant sur les haldes est avérée avec un profil : Hg/As/Cu/Pb/Sr sur le site Lac Blanc (LB), As/Cu/Pb/Hg sur le site Alpe de Villar, Cu sur le site Plan des Cavalles et Zn/Hg/certainement HAP sur le site Combe Charbonnière. Les traits écophysologiques analysés ainsi que le transcriptome des plantes issues du site LB ont permis de caractériser un phénotype de tolérance aux déchets miniers. *C. resedifolia* présente des stratégies d'acquisition des ressources différentes en fonction du profil de contamination : multi-ETM (stratégie conservatrice) vs. HAP (stratégie exploitatrice). Les ETM et/ou

HAP impactent les contenus pigmentaires (diminution des contenus en Chla, Chlb, caroténoïdes) mais *C. resedifolia* semble capable de maintenir une activité photosynthétique normale par des mécanismes compensatoires. *C. resedifolia* réagit au stress direct et indirect (stress oxydant) lié aux ETM/HAP en mettant en place des systèmes de défense (i) capable de chélater les métaux ou les ROS (modulation des contenus en phénols, flavonoïdes, métallothionéines) et (ii) d'assurer un efflux des métaux (induction des transporteurs membranaires). Le transcriptome des *C. resedifolia* issues du site minier LB permet de mettre en évidence l'induction par les ETM de certaines des voies de biosynthèse comme celles (i) des polyamines qui sont décrites comme pouvant jouer un rôle de chélation des métaux et de piégeage des ROS, et (ii) des glucosinolates (mécanismes de défense des plantes) *via* la production des acides aminés Trp, Ser, Met, Leu et Thr. En conclusion, les polyamines et les glucosinolates pourraient jouer un rôle important dans la gestion du stress lié à une exposition aux déchets miniers.

Impact(s) pour les sciences et la société et valorisations envisagées auprès de la communauté scientifique et des parties prenantes ?

La pression de sélection étudiée dans notre projet correspond aux déchets miniers laissés *in natura* depuis leur fin d'exploitation (de l'antiquité au 20^{ème} siècle pour les plus récents). *De facto*, le projet CarMine s'intéresse à la question de la micro-évolution notamment en étudiant la tolérance de *C. resedifolia* sur différents sites miniers modèles. Les populations de *C. resedifolia* confrontées à des substrats peu ou fortement enrichis en ETM/HAP seront analysées au niveau génomique pour déterminer si elles témoignent d'une adaptation.

La cartographie de l'exposome (diagnostic environnemental) en lien avec les déchets miniers d'altitude intéresse les gestionnaires d'espaces naturels (Parc National des Ecrins, Conservatoire des Espaces Naturels, etc.). L'inventaire des assemblages végétaux et l'adaptation/plasticité de *C. resedifolia* associés aux haldes établira le patrimoine naturel végétal renseignant, certes, un intérêt scientifique mais ayant également une portée culturelle de sensibilisation des publics et de leur compréhension de l'environnement. La connaissance des contaminations du couvert végétal des déchets miniers en milieu alpin permettra d'évaluer le potentiel de contamination des chaînes trophiques dans ces zones particulières et d'évaluer le lien potentiel avec le saturnisme mesuré sur la faune sauvage alpine (gypaètes, grands ongulés, etc.).