



CHAIRE D'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE CNRS

Rapport d'activités

Alexandre MILLON

Institut Méditerranéen Biodiversité & Écologie
marine & continentale - IMBE
UMR Aix-Marseille Université CNRS 7263
IRD 237-Université d'Avignon
Technopôle de l'Arbois
13545 Aix-en-Provence

courriel

alexandre.millon@imbe.fr

site web

www.imbe.fr/alexandre-millon.html



30 août 2014

Curriculum Vitae

Parcours Professionnel Post-Doctoral

- Depuis 2010 sep : **Maître de Conférences** à l’Institut Méditerranéen Biodiversité et Écologie marine et continentale (IMBE). Equipe “Écologie de la Conservation et Interactions Biotiques”. Bénéficiaire d’une Chaire d’Excellence Scientifique du CNRS jusqu’en oct 2015
- 2010 aou-2008 oct : **Chercheur associé** sur le projet “Integrating individual decisions and condition-dependent dispersal to predict spatial population dynamics of resource-limited predators”. Financé par le Natural Environment Research Council (NERC) pour 3 ans. School of Biological Sciences, University of Aberdeen
- 2008 sep-2007 avr **Chercheur associé** sur le projet “Reproductive strategies under a cyclic environment” financement NERC ; **Chargé d’enseignement** en écologie et dynamique des populations (undergrad. & Msc), School of Biological Sciences, University of Aberdeen

Cursus Universitaire

- 2006 jul-2002 oct **Doctorat en Écologie** “Influence de la variation cyclique des proies sur un prédateur : approches individuelle et populationnelle du système busard cendré/campagnol des champs” – bourse MRE, UPMC-Paris VI / Centre d’Études Biologiques de Chizé-CNRS. Directeur : V. Bretagnolle ; Jury : J. Clobert, E. Ranta, R. Arlettaz & B. Cazelles
- 2002 sep-2001 sep **DEA en Écologie & Évolution** école doctorale “Diversité du Vivant”, Université Pierre & Marie Curie, Paris VI. – rang 4/30
- 2001 mai-1999 sep : Assistant de recherche pour le laboratoire d’écologie de l’École Normale Supérieure de Paris, en partenariat avec le Pnr de la Forêt d’Orient dans le cadre d’un service national civil

1 RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1.1 Thématique générale de recherche

En tant qu’écologiste des populations, spécialisé en démographie animale, je m’attèle à caractériser la réponse des populations d’animaux sauvages aux multiples facettes des changements globaux. Je développe une approche mécaniste visant à quantifier les processus éco-évolutifs en interaction, les modéliser pour projeter les conséquences d’éventuelles altérations futures, notamment dans un contexte de gestion/conservation de la Biodiversité.

En bénéficiant d’une chaire CNRS, j’ai pu dès ma prise de fonction il y a 4 ans, renforcer et développer mon projet de recherche. Celui-ci s’articule autour de trois axes complémentaires intégrant recherches fondamentale et appliquée, illustrés ci-après.

Mots-clés : *démographie - biologie de la conservation - écologie des populations - interactions trophiques - modèle stochastique de dynamique - interface recherche-gestion - vertébrés supérieurs*

1.2 Axe 1 : Évolution des stratégies démographiques en environnement variable

De l’évolution de la sénescence *in natura*... La sénescence, ou le déclin des performances en termes de survie et de reproduction avec l’âge, a longtemps été considérée comme l’apanage de l’espèce humaine, du fait de l’allongement d’espérance de vie engendré par les progrès de la médecine. Toutefois, l’émergence récente de suivis à long terme d’animaux a permis de documenter la sénescence pour une large variété de populations sauvages. L’intérêt théorique se porte désormais sur l’étude des facteurs environnementaux à même d’influer l’expression de la sénescence. En analysant un suivi individuel de chouette hulotte, nous avons proposé une des premières analyses

sur l'intensité de la sénescence en fonction des variations environnementales. Nous montrons que les conditions natales, en termes d'abondance de proies, varient énormément d'une année à l'autre et affectent le succès reproducteur (mais pas la survie adulte) des femelles tout au long de leur vie. Les femelles nées lors d'années avec peu de proies élèvent en moyenne 0.25 poussin de moins à chaque événement de reproduction, par rapport à des femelles nées lors d'années riches en proies. Les mâles, eux, demeurent indemnes à cet effet des conditions natales. Finalement, et contrairement aux rares études sur le sujet, les conditions natales n'affectent ni l'âge à laquelle débute la sénescence, ni l'intensité de celle-ci. Notre publication (n° 5) a été mise en avant dans le dernier travail de synthèse sur la sénescence ¹.

... à l'évolution de la dispersion *in silico*. La dynamique éco-évolutive de la dispersion est reconnue comme centrale pour l'étude des réponses des organismes aux changements climatiques. Si les conséquences sur la dispersion de la variabilité spatiale comme temporelle des ressources ont déjà été étudiées, la combinaison des deux types de variabilités dans un espace continu (et non discrétisé en patches) a été jusqu'ici ignorée, bien que représentant des conditions naturelles réalistes. A l'aide de modèles d'évolution individu-centrés, nous avons mis en évidence que les stratégies de dispersion de prédateurs spécialisés sur des proies aux dynamiques spatio-temporelles complexes (e.g. cyclique, chaotique), évoluent des stratégies intégrant des déplacements plus fréquents et une plus grande sélectivité quant au patch de destination. Nous avons également exploré les conséquences de changements de dynamiques spatio-temporelles des proies de type complexe \leftrightarrow stable ou stable \rightarrow complexe. Les populations simulées de prédateurs sont plus vulnérables aux changements de type stable \rightarrow complexe. La plus grande variance des stratégies de dispersion, ayant évolué sous des dynamiques complexes, favorisent la persistance des populations de prédateurs par rapport à des stratégies ayant évolué sous des environnements stables (pub. n° 4).

1.3 Axe 2 : Réponses démographiques des populations aux changements environnementaux

La Biodiversité fait face actuellement à des changements climatiques importants, mais aussi à des changements d'usage des sols, engendrés par les révolutions agricole et urbaine en réponse à la croissance démographique humaine. Ces deux principaux changements environnementaux impactent directement les populations d'animaux sauvages. Ces impacts sont à même de diffuser au sein des réseaux trophiques, et ainsi modifier le fonctionnement des écosystèmes. Si les conséquences directes des changements globaux sont désormais bien décrites, le défi réside désormais dans l'appréhension des processus écologiques et évolutifs en interaction. Pour y parvenir j'ai développé, au cours des 4 premières années de ma chaire CNRS, une approche démographique qui intègre : 1. la quantification des interactions trophiques, largement ignorées jusqu'à présent, bien que cruciales pour la pertinence des modèles prédictifs ; 2. les effets croisés des différents changements environnementaux, dont les interactions peuvent amplifier ou au contraire compenser les effets simples ; et 3. une analyse comparative à l'échelle des populations ou des espèces, de sorte à améliorer le caractère générique des inférences. Deux exemples sont développés ci-dessous :

Approche comparative des dynamiques de campagnols à l'échelle européenne Plusieurs cas d'études ont récemment mis en évidence la disparition des cycles de populations des campagnols, micro-mammifères herbivores réputés pour leur dynamique cyclique engendrant des pics d'abondance vertigineux tous les 3 à 5 ans. Ces rongeurs occupent de nombreux écosystèmes en Europe, depuis la plaine agricole française jusqu'à la taïga scandinave, en passant par les clairières forestières du Royaume-Uni. Trois hypothèses ont été avancées pour expliquer la disparition apparente des cycles : 1. *Perte des processus écologiques à l'origine des cycles* : des changements environnementaux ont réduit l'intensité des processus densité-dépendants agissant avec retard, de sorte que la dynamique des populations se stabilise ; 2. *Altération des processus densité-indépendants* : des changements environnementaux ont altéré l'intensité de processus affectant les populations, in-

1. Nussey *et al.* 2013 in *Ageing Research Reviews*

dépendamment de leurs densités. La cyclicité demeure, mais son amplitude est fortement réduite ; et 3. *Pas de changement* : la stochasticité environnementale induit une perte seulement transitoire des cycles.

Jusqu'alors, les explications pour la disparition des cycles de campagnols se restreignaient à l'échelle d'un site, empêchant un test rigoureux des hypothèses. Notre travail intègre, dans un unique canevas de modélisation espace-état², l'ensemble des jeux de données sur les campagnols en Europe présentant deux sessions de piégeage/an sur une période \geq à 18 ans (publiées ou non, pour éviter un biais potentiel). Nos résultats mettent en lumière une forte atténuation des cycles des populations de campagnols, de manière consistante et synchrone à travers l'Europe. Autrement dit, si les variations d'abondance d'une année à l'autre demeurent, leur amplitude s'est drastiquement réduite. Les spectaculaires pullulations de ces rongeurs sont désormais rares. Notre approche comparative à l'échelle européenne nous permet d'avancer que si les mécanismes à l'origine des cycles perdurent, les conditions environnementales à la charnière entre hiver et printemps ne permettent plus l'explosion des populations (fig. 1). Le cœur des populations de campagnol bat toujours, avec une régularité conservée, mais les pulsations s'atténuent, supportant l'hypothèse n° 2.

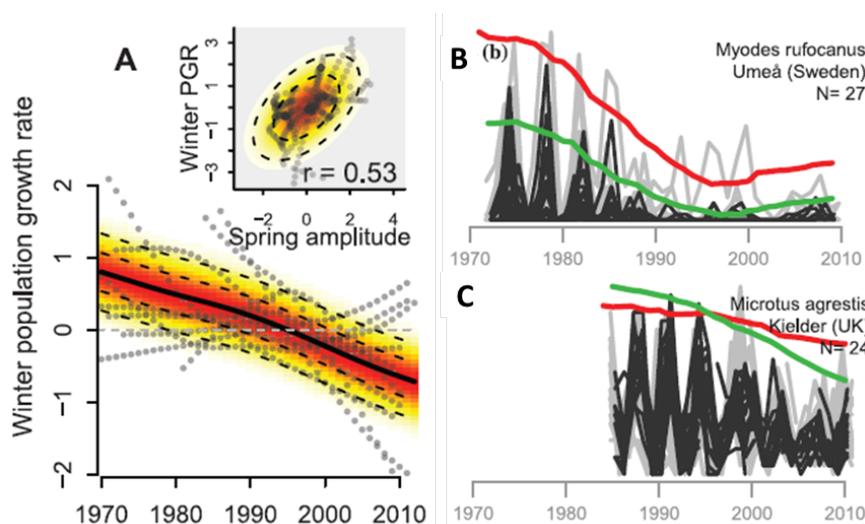


FIGURE 1 – A. Évolution temporelle du taux de croissance hivernal des populations de campagnols standardisé sur la base de 12 populations, et corrélation entre ce taux de croissance et l'amplitude printanière (encart). B & C. Deux exemples de séries temporelles d'abondance de campagnols au printemps (noir, courbe lissée verte) et en automne (gris, rouge). Figure tirée de la publication n° 3 dans la revue *Science*.

Si le forçage climatique est un candidat évident pour expliquer ce changement à l'échelle d'un continent et au sein d'écosystèmes variés, l'identification des facteurs climatiques spécifiques nécessite de futurs travaux. Un autre objectif majeur de recherche réside dans l'étude des conséquences de ces changements au sein des écosystèmes européens, et de leurs éventuelles répercussions au sein des réseaux trophiques (ci-dessous).

Contribution relative des changements climatiques et de dynamique des proies sur la démographie d'un prédateur Les campagnols apparaissent comme des espèces-clés des réseaux trophiques dans toute l'Europe. Par conséquent, l'altération de leur dynamique et la réduction de leur densité est à même d'impacter leurs nombreux prédateurs (e.g. mustélinés, serpents, rapaces). Pour le mesurer, nous avons analysé la démographie des chouettes hulottes, sur la base d'un suivi longitudinal de >3000 individus depuis 1984, en Forêt de Kielder (Royaume-Uni). La dynamique des campagnols dans cette région montre une nette réduction d'amplitude au milieu des années 90 (fig.1C). Ce suivi, exceptionnel par son détail et sa longévité, a permis de mesurer

2. modèle hiérarchique découplant l'estimation des processus biologiques du processus d'observation

la réponse fonctionnelle des traits démographiques des chouettes à la densité des campagnols, mais aussi aux variations climatiques (mesurées via l'indice hivernal de l'oscillation nord-Atlantique, NAO). La survie des juvéniles, et dans une moindre mesure des adultes, est positivement affectée par la densité de proies en automne, mais demeure insensible au NAO. Au contraire, la probabilité de reproduction et la taille de nichée à l'envol sont sous la double influence de la densité de proie au printemps et du NAO, des hivers froids mais secs favorisant la reproduction. Cette réponse fonctionnelle complexe a été intégrée dans un modèle stochastique afin de projeter l'impact de scénarios combinant les variations de dynamique des proies et de climat. Nos résultats suggèrent que la persistance à moyen terme (~ 10 ans) de cycles de campagnols à faible amplitude comme observés actuellement, engendre un déclin important de la population de chouette (fig. 2). En particulier, les faibles densités de campagnols au printemps, caractéristiques des dernières années et observées dans toute l'Europe, font qu'une majorité des couples ne parvient pas à se reproduire. D'un point de vue climatique, des sorties d'hiver et des printemps doux et humides (i.e. NAO positif) pourraient accentuer ce déclin. Par cette analyse nous montrons que : 1. l'altération des interactions trophiques peut avoir un impact plus important sur un prédateur que l'effet direct du climat ; et 2. la résilience démographique liée à la longévité et l'occurrence de *floaters*³, est insuffisante pour empêcher le déclin des chouettes, si les changements environnementaux observés devaient perdurer. Plus généralement, nos résultats suggèrent que les prédateurs spécialistes des campagnols sont vulnérables à l'effondrement des cycles de leur proie et que ce phénomène pourrait engendrer une importante réorganisation des réseaux trophiques en Europe.

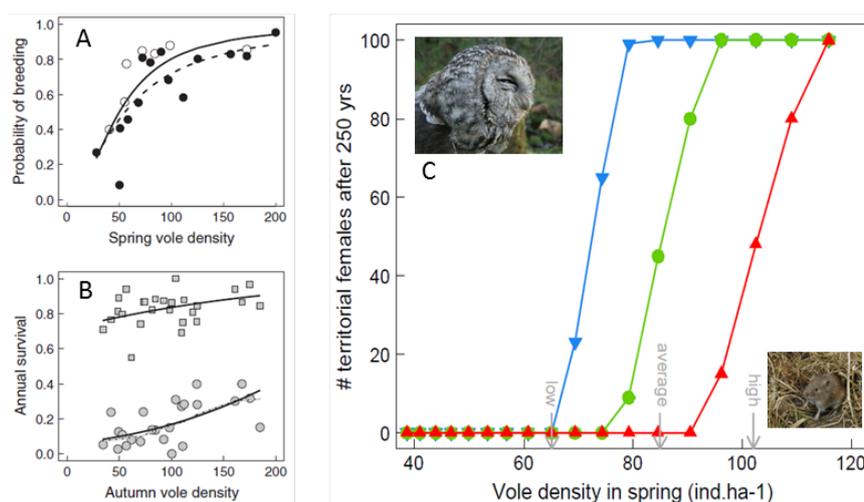


FIGURE 2 – A & B. Réponses fonctionnelles des traits démographiques de la chouette hulotte aux densités de campagnols (probabilité de reproduction, survies adulte et juvénile). C. Projections de la population du prédateur sur 250 ans en fonction de la densité moyenne de proies au printemps. Les trois courbes représentent des scénarios incluant des phases climatiques avec NAO positif (rouge), nul (vert), & négatif (bleu). Les flèches indiquent la densité moyenne de campagnols en Forêt de Kielder avant 1999 (high), après 1999 (low) et sur l'ensemble de la période (average). Figure tirée de la publication n° 1 dans **Global Change Biology**.

1.4 Axe 3 : Améliorer l'interface recherche-société pour la gestion de la Biodiversité

Résoudre les conflits entre usagers de la Nature, optimiser l'utilisation des ressources humaines et financières, répondre à des enjeux sociétaux en termes de maintien de la Biodiversité et des services écosystémiques qui en découlent, autant de situations où la gestion de l'environnement requiert

3. Individus adultes non-territoriaux

des évidences scientifiques pour progresser vers des solutions pertinentes. Ceci passe inévitablement par le biais de collaborations entre la communauté des gestionnaires de l'environnement et celle des chercheurs en écologie, pour lesquelles les bénéfices réciproques sont évidents. Par leur présence intensive sur le terrain, les gestionnaires disposent d'une connaissance unique du fonctionnement des écosystèmes et assurent une récolte de données à des échelles spatiale et temporelle, souvent hors d'atteinte pour les chercheurs. Ils offrent ainsi une formidable opportunité aux chercheurs de tester des hypothèses quant aux processus écologiques et évolutifs en action, et définir un ancrage appliqué et socialement pertinent des programmes scientifiques. Enfin, un transfert conceptuel et méthodologique peut aider concrètement à optimiser les stratégies de conservation de la Nature.

J'essaie, notamment par le biais d'une thèse que j'encadre, de monter de telles collaborations à l'interface recherche-gestion. Je travaille avec l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (CNERA petits prédateurs) dans le but d'optimiser la gestion des populations de renard roux à l'échelle nationale. La manipulation expérimentale de l'effort de chasse nous a permis de quantifier les processus sous-jacents à la dynamique des populations du renard, sur la base de tableaux de chasse récoltés pendant 6 ans sur 5 sites de 200 km². Notamment, nous montrons que la compensation à la mortalité d'origine anthropique se fait essentiellement via le recrutement d'individus extérieurs (immigration) et non pas par l'augmentation de la reproduction. Chez cette espèce, l'immigration semble à même de compenser un taux de prélèvement équivalent ($\approx 50\%$ de la densité locale, estimée par *Distance Sampling*). Surtout, une analyse de la phénologie des prélèvements suggère qu'une concentration de la chasse sur la période post-dispersion permettrait d'atteindre des densités similaires, les prélèvements durant la saison de reproduction n'ayant quasiment aucun effet sur le taux de croissance des populations. Une telle stratégie permettrait de réduire de 40% le nombre d'individus prélevés. Ces résultats seront relayés par les agents de l'ONCFS au sein des fédérations de chasse afin d'améliorer les pratiques de gestion (fig. 3, pub. n° 10).

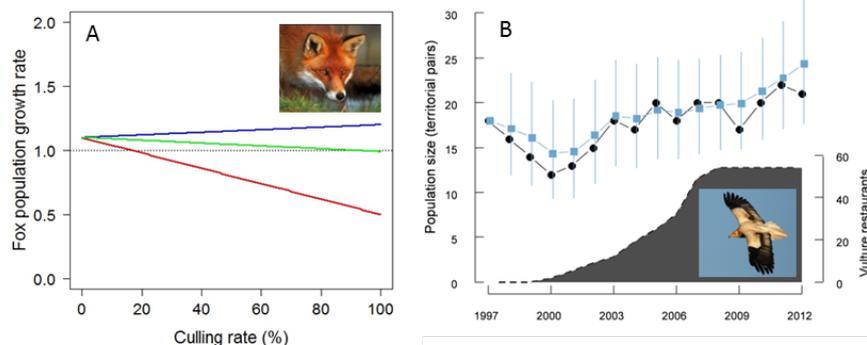


FIGURE 3 – A. Taux de croissance des populations de renard en réponse au taux de prélèvement effectué en période de gestation (vert), d'élevage des jeunes (bleu) et de post-dispersion (rouge). B. Dynamiques du vautour percnoptère observée (noir) et prédite par un modèle intégrant l'immigration (bleu), et de la mise en place des placettes d'alimentation (polygone gris).

Des collaborations similaires ont été entreprises avec des associations de protection de la Nature afin d'initier des suivis d'espèces dans le cadre d'observatoires de la Biodiversité (chevêche d'Athéna, pie-grièche méridionale) sur le pourtour méditerranéen, et d'analyser les suivis réalisés sur des espèces de rapaces menacées à l'échelle européenne (aigle de Bonelli) ou mondiale (vautour percnoptère). Une approche expérimentale dans ces contextes étant difficile à envisager d'un point de vue éthique, je développe une approche démographique intégrée afin d'évaluer au mieux la pertinence des mesures de conservation. Nous avons par exemple analysé les effets d'une renaturalisation d'un service écosystémique (équarissage) sur le vautour percnoptère. Les résultats suggèrent que la mise en place de dépôts de carcasses a permis l'inversion de la tendance de la population de percnoptères dans le Sud-Est de la France, via l'amélioration de la survie plutôt que de la repro-

duction (fig. 3, n° 13). Nous montrons également que bien que géographiquement isolée en marge de distribution, cette population demeure démographiquement connectée aux populations ibériques.

1.5 Publications sur la période 2010-2014

Publications acceptées (*liens web en bleu*)

Tous les travaux acceptés ont été publiés dans des revues à l'*impact factor* ≥ 3 (sauf n° 2), appartenant au premier quartile de leur catégories, dont une publication dans la revue *Science*.

1. **Millon A.**, Petty S.J., Little B., Gimenez O., Cornulier T. & Lambin X. 2014. Dampening prey cycle overrides the impact of climate change on predator population dynamics : a long term demographic study on tawny owls. *Global Change Biology* **20** : 1770-1781
2. Gérard A., Jourdan H., Cugnière C., **Millon A.** & Vidal E. Is naïveté forever? Alien predator and aggressor recognition by two endemic island reptiles. *in press Naturwissenschaften*
3. Cornulier T., Yoccoz N.G., Bretagnolle V., Brommer J.E., Butet A., Ecke F., Elston D.A., Framstad E., Henttonen H., Hörnfeldt B., Huitu O., Imholt C., Ims R.A., Jacob J., Jedrzejewska B., **Millon A.**, Petty S.J., Pietiäinen H., Tkadlec E., Zub K. & Lambin X. Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores. 2013 *Science* **340** : 63-66
4. Travis J.M.J., Palmer S.C.F., Coyne S., **Millon A.** & Lambin X. 2013. Evolution of predator dispersal in relation to spatio-temporal prey dynamics : how not to get stuck in the wrong place! *PloS One* **8** : e54453
5. **Millon A.**, Petty S.J., Little B. & Lambin X. 2011. Natal conditions alter age-specific reproduction but not survival or senescence in a long-lived bird of prey. *Journal of Animal Ecology* **80** : 968-975
6. **Millon A.**, Petty S.J. & Lambin X. 2010. Pulsed resources affect the timing of first breeding and lifetime reproductive success of tawny owls. *Journal of Animal Ecology* **79** : 426-435
7. Ezard T., Bullock J., Dalglish H., **Millon A.**, Pelletier F., Ozgul A. & Koons D. 2010. Matrix models for a changeable world : the importance of transient dynamics in population management. *Journal of Applied Ecology* **47** : 515-523.
8. Villers A., **Millon A.**, Jiguet F., Lett J.-M., Attié C., Morales M.B. & Bretagnolle V. 2010. Tracking of wild and captive-bred Little Bustards *Tetrax tetrax* from western France : migration routes, wintering areas and implications for conservation. *Ibis* **152** : 254-261.

Publications acceptées sous réserve

9. Lieury, N., Ruetten S., Devillard S., Albaret M., Drouyer F., Baudoux B. & **Millon A.** Compensatory immigration challenges predator control : an experimental evidence-based approach improves management. *Journal of Wildlife Management* 14-0137
10. Hoy S., Petty S.J., **Millon A.**, Whitfield D.P., Marquiss M., Davison M. & Lambin X. Age and sex-selective predation as moderators of the overall impact of predation. *Journal of Animal Ecology* 2014-00285

Publications en révision

11. Santangeli A, Arroyo B.E., **Millon A.** & Bretagnolle V. Identifying effective actions to guide volunteer-based and nation-wide conservation efforts for a ground-nesting farmland bird. *Journal of Applied Ecology* 2014-00625
12. Gérard A., Jourdan H., Cugnière C., **Millon A.** & Vidal E. Anti-predator behaviour in a procellariid seabird : wedge-tailed shearwaters do not respond to the odour of introduced black rats. *Ibis* 2014-sc-039

Manuscript en cours de finalisation

- Lieury, N., Gallardo M., Ponchon C., Besnard A., Gimenez O. & **Millon A.** Evaluating the effect of conservation actions for an endangered vulture population geographically isolated but not demographically disconnected. *In prep* pour *Biological Conservation*

Collaborations nationales et internationales

<i>Organisme partenaire</i>	<i>Collaborateurs</i>	<i>Nature de la collaboration</i>
University of Aberdeen (UK)	X. Lambin, S. Petty, T. Cornulier, J. Travis	Réponse démographiques aux changements environnementaux
CEFE-CNRS Montpellier	O. Gimenez, A. Besnard	Évolution des stratégies d'hitoire de vie, Interface gestion-recherche
LBBE Université de Lyon	S. Devillard	Dynamique et gestion des espèces chassées
ONCFS-CNERA Prédateurs	S. Ruelle	Dynamique et gestion des espèces chassées
CEBC-CNRS Chizé, INRA Avignon	V. Bretagnolle, J. Chadoeuf	Patrons et processus de dispersion à large échelle
IMBE-CNRS-IRD, Nouméa & Arbois	E. Vidal, H. Jourdan, C. Albert	Interactions trophiques et invasions biologiques, changements globaux

En outre, ma chaire CNRS m'a permis : 1. de développer des collaborations avec des partenaires issus de la société civile, dans le cadre d'élaboration et d'analyses de suivis à long terme sur des espèces animales vulnérables, notamment en région Méditerranéenne (O. Hameau LPO-PACA, L. Tatin & C. Ponchon CEN-PACA, M. Gallardo Pnr Luberon); et 2. de renforcer mon implication dans le développement des sciences participatives (programme de marquage du busard cendré pour l'étude de la dispersion, 6000 oiseaux marqués un réseau de 400 bénévoles à l'échelle nationale, [site web](#)). De tels suivis à long terme sont d'une importance capitale en écologie/évolution.

Au sein de mon unité, ma recherche s'intègre aux problématiques de l'équipe "Ecologie de la Conservation et Interactions Biotiques" (ECIB) au sein de l'axe "Vulnérabilité des Systèmes Écologiques". J'apporte mes compétences en termes de modélisation de dynamique de populations et de méthodologie de suivis, et cela passe par un recentrage de mes projets de recherche sur de la recherche-action en lien avec différents membres de mon équipe. J'ai ainsi effectué quatre séjours de 3 semaines dans le Pacifique (Nouvelle-Calédonie & Polynésie), afin d'apporter mon expertise sur des problématiques de préservation des espèces menacées (roussettes, cagou, monarque de Tahiti) dans un contexte de lutte contre les invasions biologiques.

2 ENSEIGNEMENT, FORMATION & DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Encadrement de thèse, Jury & Comité

Directeur de la thèse de N. Lieury sur l'utilisation des modèles démographiques intégrés pour la gestion des populations animales. Financement École Normale Supérieure de Lyon. 2012-2015

Co-directeur de la thèse de S. Hoy sur l'impact d'un super-prédateur sur la démographie des prédateurs. University of Aberdeen, financement public/privé NERC/Natural Research 2012-2015

Rapporteur de la thèse de S. Harrando-Perez (Adelaïde University, Australie) & membre de 4 comités de thèse (Q. Duron-Université de Nelle-Calédonie, A. Gérard-Aix-Marseille Université, H. Gillis-Université Paris VI, J. Larroque-Université Lyon I).

Activités d'enseignement universitaire

En tant que maître de conférences, je réalise la totalité de mes enseignements au sein du Master “Sciences Environnement Terrestre” d’Aix-Marseille Université, dans la spécialité “Sciences de la Biodiversité et Écologie” (SBE). Je suis membre de la commission pédagogique du Master 2 [SBE](#) parcours professionnel Expertise Ecologique et Génie de la Biodiversité. Je suis rapporteur pour l’ensemble des stages de M2 EEGB (15 étudiants/an), et responsable des modules Méthodes en Ecologie Animale (M1 SBE) et Connaissances Approfondies en Conservation de la Biodiversité (M2 EEGB).

Ma chaire CNRS m’a permis d’encadrer ou co-encadrer 8 étudiants en Master 2 (R, P) & école d’ingénieur, mais également de privilégier l’enseignement de la recherche par la recherche via le développement d’écoles de terrain (PN Port-Cros, RN Crau). Celles-ci proposent aux étudiants l’ensemble de la démarche scientifique depuis la définition d’objectifs fondamentaux et appliqués, la méthodologie (stratégie d’échantillonnage, modélisation), jusqu’aux inférences, en incluant la récolte effective de données sur le terrain. Le tableau ci-dessous présente l’ensemble des cours réalisés pour l’année scolaire 2012-13.

<i>Niveau</i>	<i>Intitulé du module</i>	<i>heures</i>
Master 2P EEGB	Connaissances approfondies en conservation de la Biodiversité	25
Master 2P EEGB	Ateliers simulation de projet professionnel : Design et mise en place d’un protocole de suivi d’espèce. Ecole de terrain, PN Port-Cros	35
Master 1 SBE	Biologie de la conservation : les grandes causes de l’érosion de la Biodiversité	9
Master 2R SBE	Modélisation en écologie : analyse de viabilité de populations	7
Master 1 SBE	Méthodes en écologie animale : modèles de Capture-Recapture, estimation taille de population, école de terrain, RN de Crau	35

Organisation de conférence & Communication dans la presse

Membre du comité scientifique de la conférence “[Conservation Sciences in the Mediterranean Region](#)”, Tour du Valat, Avril 2014.

Liens web vers les couvertures médiatiques des publications *n*° 1 & *n*° 3 : à propos de l’effondrement des cycles de campagnols : [a](#), [b](#) et de ses conséquences sur la démographie des chouettes hulottes : [c](#), [d](#), [e](#), [f](#), [g](#), [h](#)

3 TRANSFERT SCIENTIFIQUE, ENCADREMENT & ANIMATION DE LA RECHERCHE

Contrats de recherche

J’ai activement pris part à un consortium de recherche composé de 5 équipes de recherche européennes (University of Aberdeen-UK, University of Tromsø-Norvège, CSIC Ciudad Real & Universidad of Palencia-Espagne, CEBC-CNRS de Chizé-France et par rattachement IMBE Aix-Marseille Université) sur le projet [ECOCYLES](#), financé par BiodivERsA (FP7 ERA-Net, 1249 k€). Ce projet, terminé en 2013, a engendré la publication de 29 articles dans des revues internationales à comité de relecture dont 5 dans des revues avec un facteur d’impact ≥ 5 (*Science*, *PNAS*, *Global Change Biology*, *Diversity and Distributions*, *Proc. R. Soc London B*).

Formation de professionnels & Consultances

Formateur à l'Atelier Technique des Espaces Naturels ([ATEN](#)) depuis 2013. Formation dédiée aux professionnels de la nature (Parcs Nationaux de France, Parcs Naturels Régionaux, Réserves Naturelles de France, ONCFS, ONF, associations de protection de la nature, etc). J'assure avec A. Besnard & S. Devillard deux modules alliant théories et pratiques sur les méthodes de suivis des populations animales, les stratégies d'échantillonnage et la modélisation (e.g. modèles hiérarchiques de distribution, Capture-Recapture, Distance sampling). Deux sessions d'une semaine pour 2 groupes de 15 personnes chaque année.

Membre du conseil scientifique/comité de pilotage des organismes suivants :

- Parc National des Calanques
- Conservatoire des Espaces Naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Plan National d'Action ganga cata/alouette calandre
- Réserve Biologique Intégrale du Petit Luberon

Participations à des comités de lecture

Relecture de 15 manuscrits sur les 4 années considérées pour les revues suivantes : *Journal of Animal Ecology*, *Biological Conservation*, *Oikos*, *PLoS One*, *Behavioural Ecology & Sociobiology*, *Ibis*, *Wildlife Biology*, *Regional Environmental Change*, *Ardeola* et *Ecologia Mediterranea*.

4 OBJECTIFS & PROJETS DE RECHERCHE

L'opportunité du renouvellement de ma chaire CNRS me permettrait de renforcer mes activités de recherche actuelles sur l'évaluation de l'impact des changements environnementaux, et surtout de m'investir pleinement dans le développement des 4 projets exposés ci-dessous.

Comment concilier développement agricole, urbain et préservation de la Biodiversité en milieux agricoles intensifs, dans un contexte de changement global ?

Une des priorités de mon institut et de l'INEE, est de promouvoir l'écologie globale, où les composantes évolutives, écologiques, mais également sociologiques et économiques sont explicitement intégrées au sein d'un même modèle conceptuel. Dans ce contexte, et à travers des collaborations externe avec le CEBC-CNRS de Chizé et l'INRA d'Avignon et internes (C. Albert, équipe Macrobio), je participe au montage d'un projet ANR (dépôt cet automne) sur le maintien de la Biodiversité dans les plaines agricoles. Les objectifs de ce projet sont 1. de quantifier les exigences écologiques de plusieurs espèces d'oiseaux emblématiques des milieux céréaliers (e.g. outarde canepetière, oedicnème criard, busard cendré) en termes de régime alimentaire et d'utilisation de l'espace ; 2. de modéliser spatio-temporellement la dynamique de leur population en réponses à des scénarios de changements affectant le climat, l'utilisation des sols et les interactions trophiques ; 3. d'identifier des stratégies d'usage des sols (analyse de type *land sharing/land sparing*, incluant les surfaces agricoles, urbanisées et semi-naturelles) capables de préserver la Biodiversité dans les milieux céréaliers (35% de la surface du pays) ; et 4. de transférer ces résultats pour intégration dans la politique agricole à l'échelle nationale. Mes efforts porteront principalement sur la modélisation de la dispersion (obj.1) et de l'impact sur les populations des changements environnementaux en interaction (obj.2).

Analyse comparative des déterminants de la *fitness* chez les rapaces

La notion de *fitness* s'avère particulièrement difficile à obtenir sur le terrain. Pourtant, son estimation non-biaisée et l'identification des facteurs affectant sa variation sont cruciales tant en évolution qu'en écologie. Classiquement, le nombre de jeunes produits est utilisé comme proxy, et ce malgré des études montrant une faible corrélation de cette mesure avec la *fitness* "vraie" (nombre de descendants reproducteurs). En effet, la survie juvénile et la probabilité de recrutement des jeunes dans la population reproductrice agissent comme autant de filtres, dont les déterminants sont encore peu connus. Je développe actuellement un projet de *Personal Fellowship-EU Marie S. Curie* pour J. Zabala en collaboration avec X. Lambin et A. Besnard (soumission sep 2014), qui vise à 1. analyser la contribution relative de différents déterminants de la *fitness* (e.g. qualité parentale, qualité du territoire, conditions environnementales à la naissance, etc.) ; et 2. identifier les meilleurs proxys de la *fitness* estimables à partir de suivis classiques des populations sauvages. Ce projet développera une analyse comparative sur la base de suivis à long terme collectés sur plusieurs espèces de rapaces en Europe. *In fine*, notre projet a également pour ambition de déterminer les modalités optimales de suivis de ces espèces (traits mesurés, fréquence, précision du suivi), permettant une évaluation précise de la santé des populations dans un contexte de gestion/conservation.

A moyen terme, la constitution d'une base de données regroupant les suivis à long terme de rapaces pourra permettre de mener une analyse comparative (inter-populations, inter-espèces) des réponses démographiques aux changements environnementaux, en termes de plasticité phénotypique et d'évolution de la structure des populations. Un tel projet a pour vocation d'être proposé au Centre de Synthèse et d'Analyses sur la Biodiversité (CESAB).

Organisation du colloque de la Société Française d'Écologie : Marseille 2016

Le prochain colloque de la *Sfé* se déroulera à l'automne 2016 au Palais du Pharo à l'embouchure du Vieux-Port de Marseille. Je participerai activement à cet événement en tant que secrétaire du comité d'organisation (présidé par C. Albert). Notre objectif, en étroite collaboration avec la *Sfé*, est de contribuer à l'ancrage de cette conférence dans le paysage de la recherche en Écologie-Évolution en France. Faisant suite à une organisation conjointe avec la *British Ecological Society* (Lille 2014), *Marseille 2016* sera tourné vers la rive Sud de la Méditerranée, afin de promouvoir les collaborations avec les pays d'Afrique du Nord, enjeu stratégique pour le maintien de la Biodiversité en Méditerranée.

Rédaction d'un ouvrage méthodologique sur le suivi des populations animales

Avec A. Besnard et S. Devillard, nous avons entamé à l'été 2014 la rédaction d'un ouvrage dédié aux méthodes de suivi des populations sauvages, intitulé "Conception et analyses des suivis de populations animales pour la gestion et la conservation". Ce travail répond à une demande récurrente des étudiants et des acteurs de la nature en France, rencontrés au travers de nos collaborations et dans le cadre des formations ATEN, de disposer d'une ressource méthodologique en langue française. L'ouvrage se structure en deux parties : une première apportera les bases théoriques en termes de stratégies d'échantillonnage, d'analyses statistiques et de modélisation, et insiste sur la définition des objectifs et l'optimisation des ressources humaines et financières dans un contexte de mise en place d'actions de conservation. La seconde partie rassemblera des cas d'études appliquant l'ensemble des méthodes (capture-recapture, *Occupancy*, *Distance Sampling*) à une variété de groupes taxonomiques, et sera rédigée en collaboration avec des gestionnaires. Cet ouvrage se veut résolument didactique et visera les professionnels de la Nature ainsi que les étudiants en écologie (master et doctorant).