

les dossiers d'**AGROPOLIS** INTERNATIONAL

Compétences de la communauté scientifique



Biodiversité

Des sciences pour
les humains et la nature

AGROPOLIS INTERNATIONAL

agriculture • alimentation • biodiversité • environnement

Agropolis International associe les institutions de recherche et d'enseignement supérieur de Montpellier et du Languedoc-Roussillon, en partenariat avec les collectivités territoriales, avec des sociétés et entreprises régionales, et en liaison avec des institutions internationales.

Agropolis International constitue un espace international ouvert à tous les acteurs du développement économique et social dans les domaines liés à l'agriculture, à l'alimentation, à la biodiversité, à l'environnement et aux sociétés rurales.

Agropolis International est un campus dédié aux sciences « vertes ». Il représente un potentiel de compétences scientifiques et techniques exceptionnel : plus de 2 200 cadres scientifiques répartis dans plus de 100 unités de recherche à Montpellier et en Languedoc-Roussillon, dont 300 scientifiques travaillant dans 60 pays.

La communauté scientifique Agropolis International est structurée en grands domaines thématiques correspondant aux grands enjeux scientifiques, technologiques et économiques du développement :

- Agronomie et filières de productions agricoles méditerranéennes et tropicales ;
- Biotechnologie et technologie agroalimentaire ;
- Biodiversité, ressources naturelles et écosystèmes ;
- Eau, environnement et développement durable ;
- Sociétés et développement durable ;
- Génomique et biologie intégrative végétale et animale ;
- Alimentation et santé ;
- Qualité et sécurité alimentaire.

Lieu de capitalisation et de valorisation des savoirs, espace de formation et de transfert technologique, plateforme d'accueil et d'échanges internationaux, la communauté scientifique Agropolis International développe des actions d'expertise collective et contribue à fournir des éléments scientifiques et techniques qui permettent d'élaborer et de mettre place des politiques de développement.

Compétences de recherche de Montpellier et du Languedoc-Roussillon dans le domaine de la biodiversité

Le terme « biodiversité » est défini comme étant la diversité du vivant à toutes ses échelles d'organisation des gènes, des populations et communautés, des écosystèmes, et en y incluant les humains du fait de leurs interactions avec toutes les composantes de la biodiversité*.

La communauté de Montpellier impliquée dans cette thématique, et plus largement si on y associe la Tour du Valat, Banyuls et Perpignan, constitue un ensemble exceptionnel avec 31 unités de recherche regroupant plus de 1200 scientifiques et 400 doctorants. Les recherches menées en écologie, évolution et sciences sociales, couvrent l'ensemble des domaines des sciences de la biodiversité avec un fort intérêt pour les environnements méditerranéens et tropicaux, qu'ils soient terrestres ou marins.

La présence de très grands équipements d'envergure internationale, comme l'Ecotron, de dispositifs expérimentaux terrestres et marins et d'observatoires, facilite les liens entre des recherches fondamentales et d'autres qui souhaitent répondre aux grandes interrogations de nos sociétés sur les impacts des changements planétaires en cours, l'exploitation durable des ressources vivantes, la santé et les maladies infectieuses, la conservation de la biodiversité, ou encore le bien-être humain. La présence d'une forte communauté en sciences sociales—économie, anthropologie, gestion des ressources vivantes et de la biodiversité—est aussi une des originalités de Montpellier.

La communauté scientifique de Montpellier est unique par ses compétences concernant les pays méditerranéens et tropicaux et par la présence de nombreux organismes de recherche et d'établissements supérieurs d'enseignement proposant une importante offre de formation en master et doctorat.

Cette communauté a fait le choix de s'organiser d'abord dans un Institut Fédératif de Recherche puis, maintenant, dans la Structure Fédérative de Recherche « Montpellier Environnement Biodiversité » qui regroupe 17 unités de recherche**.

Une autre originalité de Montpellier concerne les liens étroits entre la cité, les citoyens et les scientifiques de la biodiversité, avec le monde associatif, les parcs naturels, les jardins, et les divers projets collaboratifs sciences-citoyens.

* Convention sur la diversité biologique : www.cbd.int

** Montpellier Biodiversité : www.biodiversite-montpellier.org



2010 Année internationale de la biodiversité

Biodiversité

Des sciences pour les humains et la nature

Avant-propos : enjeux, approches et perspectives pour la recherche sur la biodiversité

Page 4

Origine et évolution de la biodiversité

Page 6

Biodiversité fonctionnelle

Page 22

Sociétés et biodiversité

Page 44

Modéliser, scénariser la biodiversité

Page 56

La biodiversité, une science citoyenne

Page 66

Thématiques couvertes

Page 76

par les équipes de recherche

Les formations

Page 78

à Agropolis International

Liste des acronymes

Page 82

et des abréviations

En couverture

Photo principale :

Trois tritons marbrés adultes, Forêt de Rambouillet – P. Zagatti © Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité

Vignettes (de haut en bas) :

- Travail au rucher du laboratoire "Abeilles et environnement" de l'Inra – © Inra
- Débarquement de la pêche artisanale, Sénégal – P. Chavance © IRD
- Culture de pommiers dans le Haut Atlas – © P. Jouve
- Ilot de sternes sur les salins de Giraud – D. Cohez © Tour du Valat
- Fonds coralligène – © Délic Bleu Méditerranée
- Ananas bois dans la forêt – © Parc national de la Guadeloupe
- Gypaète barbu en vol – P. Arsan © Parc national du Mercantour
- Couple d'*Anopheles gambiae*, moustiques africains vecteurs du paludisme, femelle à gauche, mâle à droite – N. Rahola © IRD
- *Macracanthus* (11 mm) – É. Baras © IRD

Les informations contenues dans ce dossier sont valides au 01/10/2010.

Enjeux, approches *et perspectives pour* la recherche sur la biodiversité

Les changements planétaires en cours (changement climatique, changement d'utilisation des terres, invasions biologiques...) questionnent scientifiques et sociétés sur l'évolution future de la biodiversité : Est-elle en crise ? Quelles sont/seraient les conséquences d'une érosion forte de la biodiversité sur les services rendus par les écosystèmes et sur le bien-être humain ? Le développement économique des sociétés est-il antinomique de la préservation de la biodiversité ? Le devenir de la biodiversité figure ainsi à l'agenda des grandes réunions internationales (Sommet de la Terre, Objectifs du Millénaire pour le Développement...), des agences et organisations internationales (Union mondiale pour la nature, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Banque Mondiale...) et de grandes ONG (Conservation International, Organisation mondiale de protection de l'environnement, *World Conservation Society*...). Cependant, s'adapter aux changements affectant la biodiversité nécessite de comprendre les mécanismes de sa genèse, de son fonctionnement et de ses interactions avec les sociétés humaines qui tirent avantage de ses nombreux services écologiques mais aussi culturels et socioéconomiques.

La communauté de recherche fédérée par Agropolis International, impliquée dans cette thématique, est l'une des plus importantes au niveau national, et probablement au niveau européen, par le nombre de ses chercheurs, les domaines scientifiques couverts, tant génériques (génomique, biologie intégrative, écologie évolutive et fonctionnelle, économie, anthropologie...) que finalisés (gestion des ressources vivantes, aquaculture, pêche, foresterie, agronomie, conservation, santé, politiques publiques...), ainsi que par la diversité des environnements étudiés (tropical et méditerranéen, terrestres et marins) et des dispositifs expérimentaux (évolution expérimentale, Ecotron, observatoires...).

De nombreux chercheurs et équipes sont fortement impliqués dans les programmes et réseaux internationaux comme le programme Diversitas*, la plateforme européenne pour la stratégie sur la recherche en biodiversité (*European Platform for Biodiversity Research Strategy*)* ou encore la récente plateforme intergouvernementale sur les services écosystémiques et la biodiversité (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*)*.

Fortement intégrée dans les réseaux nationaux, cette communauté scientifique entretient en premier lieu des relations fortes avec la Fondation pour la Recherche en Biodiversité*.

Montpellier héberge la deuxième plus grande collection muséologique de France avec ses herbiers et collections (paléontologiques, entomologiques, etc.), et, de ce fait, entretient des liens historiques avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Un dossier « *Collections et ressources taxonomiques* » en cours de réalisation et en supplément de ce dossier, exposera cette richesse et diversité.

Le présent dossier illustre les recherches en biodiversité menées par la communauté scientifique de Montpellier et de sa région et contribue ainsi à la visibilité internationale de ce pôle de recherche unique en France. Ces recherches sont décrites dans quatre chapitres, auxquels s'ajoute un dernier chapitre décrivant celles associant citoyens et scientifiques :

■ **Origine et évolution de la biodiversité** : les sciences de l'évolution ont pour objet de décrire et de comprendre les mécanismes de la diversification du vivant. Alliant descriptions, théories et expérimentations,



S. Morand © UMR ISEM

▲ Marché au Cambodge.

ces domaines de recherche s'appuient sur de nombreuses plateformes techniques (séquençage moléculaire, microtomographie, cytogénomique, écologie chimique...).

■ **Biodiversité fonctionnelle** : la compréhension du fonctionnement des écosystèmes permet d'appréhender les liens entre biodiversité et services rendus par les écosystèmes (pollinisation, productivité biologique et ressources, fertilité des sols, régulation des grands cycles bio-géo-chimique et du climat...). La grande expérimentation est une originalité de Montpellier avec de très grands équipements et/ou de grands dispositifs de terrain (Ecotron, Medimeer, stations expérimentales terrestres...). Il faut noter aussi l'importance du développement de l'évolution expérimentale nécessitant des infrastructures adaptées et reposant sur une grande technicité (insectarium sécurisé, bactériologie, conservatoire de la souris...).

■ **Sociétés et biodiversité** : usages, perception et politiques publiques sont les trois grands thèmes des

recherches en sciences sociales concernant la biodiversité. Ces recherches fortement impliquées pour la gestion des ressources vivantes et des écosystèmes s'appuient sur des dispositifs d'observatoires d'importance internationale, localisés partout dans le monde (comme l'Ecoscope du Centre de Recherches Halieutiques de Sète pour les écosystèmes marins) et en région Méditerranéenne pour l'OSU OREME plus centrée sur les observations à long terme, l'organisation et la gestion des bases de données.

■ **Modéliser, scénariser la biodiversité** : les besoins de modélisation sont de plus en plus importants pour faire face tant à l'acquisition des données—depuis la génomique haut débit jusqu'aux données environnementales dont celles issues de la télédétection—qu'aux analyses et simulations nécessaires pour les expérimentations ainsi qu'à l'élaboration de scénarios d'évolution et de gestion de la biodiversité. La modélisation nécessite de développer des outils informatiques et des plateformes spécifiques et de les

mettre à la disposition du plus grand nombre.

■ **Sciences citoyennes et biodiversité** : il convient de montrer la place de la biodiversité (jardins et parcs naturels) dans notre espace sociogéographique et la place des citoyens dans les recherches par le biais des sciences citoyennes. La biodiversité n'est pas qu'une affaire de scientifiques : ceux-ci ont besoin des citoyens pour recueillir des données et doivent, en retour, faire effort de pédagogie sur les recherches menées et leurs enjeux.

**Serge Morand (UMR ISEM),
Marie-Laure Navas (UMR CEFE),
Jean-Dominique Lebreton (UMR CEFE)
& Nicole Pasteur (UMR ISEM)**

* Pour en savoir plus sur :
- le programme Diversitas : www.diversitas-international.org
- la plateforme européenne pour la stratégie sur la recherche en biodiversité : www.epbrs.org
- la plateforme intergouvernementale sur les services écosystémiques et la biodiversité : www.ipbes.net
- la Fondation pour la Recherche en Biodiversité : www.fondationbiodiversite.fr



P. Zagatti © Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité



P. Jarne © UMR CEFE

▲ Ammonites sur la plaque de Digne.

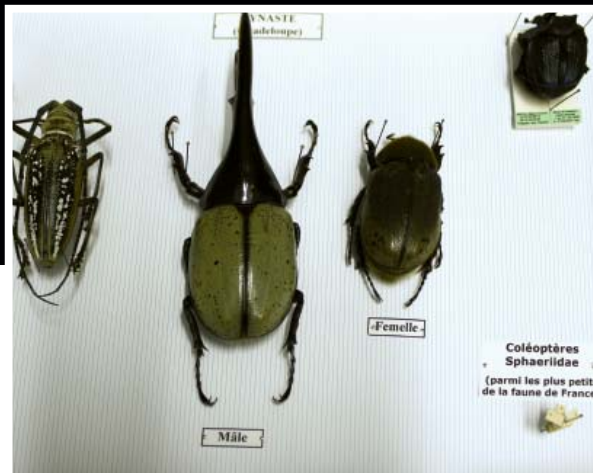
◀ Diversité de Thiaridae.

▶ De gauche à droite :
Diversité de dattes, de coléoptères.

Origine et évolution *de la biodiversité*



S. Ivorra © UMR CBAE



M. Martinez © UMR CBGP

La biodiversité, des gènes aux paysages, est le produit d'une longue évolution. C'est donc la théorie de l'évolution qui fournit l'architecture conceptuelle pour en comprendre l'émergence et la structuration. Les théories de l'écologie fournissent, quant à elles, une trame générale pour comprendre les règles d'interaction entre les unités de biodiversité (individus, populations par ex.) et leur environnement. Dans un contexte de modifications anthropiques sans précédent, il est ainsi important d'analyser l'évolution de la biodiversité dans une double perspective évolutive et écologique. D'une manière un peu schématique, on peut rassembler les activités relevant de ce thème en trois groupes, à savoir la description des patrons de biodiversité, l'analyse des forces agissant sur la biodiversité, ainsi que l'interaction avec l'homme et les changements qu'il induit.

Décrire la biodiversité répond à une double nécessité. La première relève de la classification du vivant à tous les niveaux de perception, des génomes aux communautés. On couvre, en particulier, le champ de la systématique. La seconde est la caractérisation des patrons de distribution de biodiversité de façon à pouvoir inférer les forces qui les font évoluer. La prise en compte de l'environnement est alors fondamentale en raison d'une interaction forte entre unités de biodiversité et environnement.

Les théories évolutives et écologiques fournissent une trame d'interprétation de cette biodiversité et des forces élémentaires qui la modifient. On peut citer la sélection naturelle et la compétition entre espèces comme forces déterministes, et les dérives génétique et écologique comme forces stochastiques. Ce volet est porté par des champs disciplinaires tels que la génétique des populations, la génétique quantitative ou l'écologie des communautés.

Les activités humaines influencent peu ou prou, directement ou indirectement, tous les écosystèmes, et doivent donc être prises en compte dans toute recherche sur la biodiversité. On peut considérer un gradient d'anthropisation, allant d'agrosystèmes quasiment hors-sol à des écosystèmes peu impactés dans certaines forêts équatoriales. Les thèmes scientifiques portent par exemple sur les résistances aux pesticides, l'introduction de nouvelles espèces ou

les interactions entre espèces sauvages et apparentées cultivées. Les champs de recherche vont de la biologie et l'écologie aux sciences humaines et sociales (SHS) telles que l'économie, la géographie ou l'ethnobiologie, dans une démarche fermement interdisciplinaire. L'homme, acteur de l'évolution de la biodiversité, peut aussi devenir objet d'étude, champ classique des SHS. S'y ajoutent à Montpellier des études originales d'évolution et d'écologie humaine.

La description de la biodiversité et la compréhension de son évolution constituent depuis plusieurs décennies un champ de recherche extrêmement actif mobilisant un nombre croissant de chercheurs et d'unités de recherche à Montpellier et sa région, en faisant un site de référence au niveau international. Les travaux sont menés sur du matériel vivant et fossile, et à des niveaux de perception allant des gènes aux écosystèmes. La palette d'échelles spatiales et temporelles de perception est donc extrêmement large, d'autant que, même si l'emphasis porte sur les écosystèmes méditerranéens et tropicaux, l'ensemble des écosystèmes de la planète est pris en compte. Les organismes étudiés ne sont pas moins variés, puisque toute la gamme du vivant est couverte (bactéries, eucaryotes unicellulaires et multicellulaires incluant plantes, champignons et animaux), et qu'il peut s'agir d'organismes manipulés par l'homme (par ex. plantes cultivées), ou non. Un trait saillant des recherches est l'aspect multidisciplinaire et intégratif, mobilisant des disciplines des champs biologiques traditionnels des sciences écologiques et évolutives (par ex. la paléontologie, la génétique des populations, l'écophysiologie...), mais aussi des sciences mathématiques, de la bioinformatique, de la chimie et des SHS. Ces recherches se caractérisent par un équilibre entre approches académiques et finalisées, et entre aspects théoriques et empiriques. Ces dernières peuvent relever de l'observation ou de l'expérimentation, et on notera le développement récent d'approches d'écologie et évolution expérimentales. Un aspect marquant est le nombre et l'importance des programmes de terrain à long terme, certains fonctionnant depuis près de 40 ans.

**Jean-Christophe Auffray (UMR ISEM),
Philippe Jarne (UMR CEFE),
Jean-François Molino (UMRAMAP)
& Flavie Vanlerberghe-Masutti (UMR CBGP)**

Origine et évolution de la biodiversité

Les équipes principales

UMR BETM

**Biologie et Écologie tropicale
et méditerranéenne**
(CNRS, UPVD)
19 scientifiques

Directeur : André Théron,
theron@univ-perp.fr

► Présentation page 11

UMR BGPI

**Biologie et Génétique des Interactions
Plantes-Parasites**
(Cirad, Inra, Montpellier SupAgro)
36 scientifiques

Directeur : Jean-Loup Notteghem,
notteghem@supagro.inra.fr
<http://umr-bgpi.cirad.fr>

► Présentation page 16

UMR BIOM

**Biologie Intégrative
des Organismes Marins**
(CNRS, UPMC)
18 scientifiques

Directeur : Hervé Moreau,
herve.moreau@obs-banyuls.fr
<http://biom.ent.upmc.fr>

► Présentation page 21

UMR CBGP

**Centre de Biologie pour
la Gestion des Populations**
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro)
35 scientifiques

Directrice : Flavie Vanlerberghe,
Flavie.Vanlerberghe@supagro.inra.fr
www.montpellier.inra.fr/CBGP

► Présentation page 10

UMR CMAEE

**Contrôle des maladies
Animales Exotiques et Emergentes**
(Cirad, Inra)
36 scientifiques

Directeur : Dominique Martinez,
dominique.martinez@cirad.fr

► Présentation page 17

UMR DGIMI

**Diversité, Génomes & Interactions
Microorganismes – Insectes**
(Inra, UM2)
16 scientifiques

Directeur : Patrick Tailliez,
tailliez@univ-montp2.fr

► Présentation page 18

**UMR Interactions Hôtes-vecteurs-
parasites dans les Trypanosomoses**
(Cirad, IRD)
25 scientifiques

Directeur : Gérard Cuny,
gerard.cuny@mpl.ird.fr
www.sleeping-sickness.ird.fr

► Présentation page 15

... suite page 10

Origine, dynamique et évolution de la biodiversité actuelle et passée

Depuis plus de 30 ans, l'*Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier* (ISEM, CNRS, IRD, UM2) développe des recherches qui portent sur l'origine et la dynamique de la biodiversité, sur les modalités et les mécanismes de son évolution. Ses recherches concernent tout autant la biodiversité actuelle que passée, portent sur un large éventail d'organismes et de milieux et allient approches de terrain, approches expérimentales et théoriques.

Si les questions fondamentales de la biologie évolutive (mécanismes d'adaptation, de spéciation, etc.) gardent tout leur sens pour la compréhension des mécanismes à l'origine de la biodiversité, de sa structuration et de son fonctionnement, les recherches menées par l'ISEM intègrent (i) l'accélération des moyens de production de données et de la capacité à appréhender les différentes dimensions structurelles et fonctionnelles du vivant (du gène à l'écosystème) qui doit conduire vers une échelle globale d'appréhension des mécanismes de l'évolution à l'origine de la biodiversité, et (ii) le questionnement scientifique et social portant sur les capacités de réponses de la biodiversité (organismes et/ou communautés) vis-à-vis des changements planétaires, qui induit un déplacement du champ des recherches évolutives vers des aspects plus appliqués et/ou prédictifs.

■ **Le département « Génome »** répond à la montée en puissance de la génomique dans l'approche de l'ISEM de l'évolution et de la biodiversité. Les recherches qui y sont menées tirent profit de l'accès à l'information génétique pour décrypter les processus évolutifs, notamment ceux impliqués dans l'évolution moléculaire et la phylogénie, les mécanismes de l'adaptation et de la spéciation.

■ **Le département « Diversité »** répond à la nécessité de lier les processus évolutifs et écologiques (écologie évolutive) pour une meilleure appréhension des mécanismes qui sous-tendent la dynamique de la biodiversité. Ce département s'investit dans la compréhension des effets des changements planétaires sur les organismes, les populations et les communautés. Le développement de modèles théoriques y est tout aussi fondamental que celui de l'évolution expérimentale.

■ **Le département « Forme »** s'attache à une meilleure compréhension des mécanismes par lesquels la dynamique du développement affecte la variation et l'évolution phénotypiques, mécanismes essentiels dans l'émergence de la biodiversité. L'approche proposée ici associe l'étude des mécanismes fins à l'origine de l'émergence et de la variabilité des formes. La vision paléontologique de cette évolution, c'est-à-dire la prise en compte de la paléobiodiversité, sont parties intégrantes de ce département.

■ **Le département « Conservation et domestication »** incarne l'activité de l'unité sur le terrain de l'évolution appliquée et de la valorisation de la biodiversité. On y documente et valorise les connaissances fondamentales sur la diversité ichtyologique, le potentiel adaptatif et la structuration des populations pour se doter des moyens nécessaires au développement de méthodes de conservation, gestion, domestication (production aquacole).

■ **Le département « Environnement »** traite de deux thématiques majeures : les reconstitutions des changements climatiques et de la dynamique des écosystèmes passés. Ces deux thématiques se fondent sur l'acquisition de nouvelles données (proxies environnementaux) et la modélisation pour une meilleure compréhension des processus actuels et futurs. L'un des buts de cette recherche est la gestion de la biodiversité au niveau spécifique et écosystémique dans le cadre des changements globaux. ...

◀ Un tilapia (*Sarotherodon melanotheron*)
âgé de sept mois, élevé dans le Système aquacole à
Recyclage Intégral (SARI).

▼ Prototype SARI
mis en place au Sénégal.



S. Gilles © IRD

L'ISEM et les Sciences de l'évolution au service d'une aquaculture durable

L'évolution influence profondément tous les aspects de la biologie et ses outils et concepts sont de plus en plus employés pour répondre à des questions économiques ou sociales. C'est le cas particulièrement en aquaculture. Au vue de la stagnation, voire de la régression, des captures de la pêche et de l'accroissement démographique de la population humaine, il devient indispensable de caractériser la diversité ichtyologique afin de se doter des moyens nécessaires à sa protection ou sa gestion durable. Pour cela, l'acquisition de bases scientifiques solides est indispensable en particulier pour le développement d'une aquaculture respectueuse de l'environnement. L'ISEM a donc pour ambition de participer à la fois à l'acquisition du savoir fondamental nécessaire à la compréhension des processus évolutifs mais aussi à l'utilisation de ce savoir pour répondre à des questions pratiques.

Les chercheurs du Département « Conservation et Domestication » sont fortement impliqués dans le développement des aspects finalisés qui peuvent découler des études sur l'évolution. Certains d'entre eux sont en poste dans des pays en développement, comme l'Indonésie et le Pérou, et travaillent spécifiquement sur des problématiques et des espèces tropicales (*Pangasius*, *Colosoma*, etc.). Les espèces européennes font également l'objet d'études attentives comme, par exemple, la truite, le loup de Méditerranée ou l'esturgeon. Les travaux entrepris concernent des recherches très théoriques



S. Gilles © IRD

comme la détermination des espèces et des populations, leurs origines et leurs interactions avec l'environnement, jusqu'à des recherches très appliquées sur les techniques d'élevage pour une aquaculture durable. Toutes ces recherches complémentaires se font de manière fortement intégrée et coordonnée ; ce qui constitue également un aspect novateur que l'ISEM entend promouvoir.

**Contacts : Marc Legendre, marc.legendre@ird.fr
& Jean-François Agnèse, jean-francois.agnese@ird.fr**

Diversité spécifique des peuplements d'arbres en forêt guyanaise

Dans les forêts tropicales humides, les études d'écologie des communautés sont d'un abord difficile, en raison de l'extrême diversité biologique et structurale, ainsi que de la relative méconnaissance de la flore. En Guyane, on compte en moyenne 150 à 170 espèces différentes d'arbres sur un seul hectare de forêt, tandis que le département en abrite 1 600 et que de nouvelles sont décrites chaque année. En outre, cette composition floristique varie considérablement, aussi bien à courte qu'à moyenne ou à grande distance. Décrire et analyser ces variations de composition et de diversité spécifique est un enjeu essentiel, tant en termes de connaissance fondamentale que pour permettre une gestion raisonnée des ressources naturelles. Ce thème est abordé par l'UMR AMAP grâce à un réseau de parcelles permanentes sur lesquelles la diversité spécifique locale des communautés d'arbres est mesurée par des inventaires botaniques détaillés. Complétés par des informations de télédétection, des relevés



D. Sabatier © UMR AMAP

pédologiques, géologiques, des analyses génétiques et des données archéologiques, ces dispositifs de terrain permettent d'élaborer des modèles et de tester des hypothèses sur les causes des variations de la diversité spécifique. C'est ainsi qu'a pu être démontrée, à l'échelle locale et régionale, l'influence de facteurs environnementaux actuels (climat, sols, perturbations naturelles) sur cette diversité. De plus, ces parcelles permanentes guyanaises font partie d'un vaste réseau international de même nature, dont les données ont permis de mettre en évidence de grands gradients de composition et de diversité floristique à travers tout le massif guyano-amazonien, et de les relier à des gradients de fertilité des sols ou de durée de la saison sèche.

Contacts : Daniel Sabatier,
daniel.sabatier@ird.fr
& Jean-François Molino,
jean-francois.molino@ird.fr

▲ En forêt tropicale humide (ici, en Guyane française), deux arbres voisins appartiennent le plus souvent à des espèces différentes.

Les équipes principales

UMR ISEM
Institut des Sciences
de l'Évolution de Montpellier
(CNRS, IRD, UM2)
117 scientifiques

Directeur : Jean-Christophe Auffray,
jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr
www.isem.cnrs.fr
► Présentation page 8

UMR MIVEGEC
Maladies infectieuses et vecteurs :
écologie, génétique, évolution et contrôle
(CNRS, IRD, UM1)
84 scientifiques

Directeur : Didier Fontenille,
didier.fontenille@ird.fr
www.mivegac.ird.fr
(ouverture du site en 2011)
www.mpl.ird.fr/ur016 et
<http://gemi.mpl.ird.fr> (jusqu'en 2011)
► Présentation page 13

USDA-ARS-EBCL
Laboratoire Européen
de Lutte Biologique
9 scientifiques

Directeur : Kim Hoelmer,
khoelmer@ars-ebcl.org
www.ars-ebcl.org
► Présentation page 20

... suite page 12

Systematique, génétique, écologie et évolution des populations d'organismes d'intérêt

Le Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (UMR CBGP, Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro) développe des recherches en systématique, génétique, écologie et évolution des populations et des communautés d'organismes d'intérêt en agronomie, santé humaine et biodiversité, dans le contexte des changements globaux. Ces recherches visent à élaborer les éléments conceptuels, théoriques et techniques qui sont nécessaires à l'identification, au suivi et à la gestion de ces organismes et communautés en interaction. Divers modèles biologiques sont étudiés : arthropodes, nématodes et rongeurs, ainsi que les communautés d'organismes qui peuvent leur être associées.

Le CBGP s'attache à caractériser la biodiversité selon une approche multidisciplinaire qui consiste,

en premier lieu, à identifier et déterminer les entités biologiques et à en apprécier la diversité grâce au développement d'outils de biologie moléculaire et d'informatique au service de la taxonomie et de la systématique. Le CBGP possède une expertise en systématique et entretient des collections importantes (plus d'un million de spécimens) et des bases de données en entomologie, acarologie, nématologie et mammalogie. Ces bases de données compilent des informations taxonomiques, biologiques et de géoréférencement.

L'activité du CBGP s'inscrit dans les projets internationaux qui ont pour objectif le développement d'un code-barres du vivant comme outil standard pour la taxonomie (voir *The Consortium for the Barcode Of Life*). Le CBGP a également pour ambition de déterminer l'origine, l'histoire et la distribution spatiotemporelle de cette diversité. Pour cela, il étudie (i) la diversité à diverses échelles géographiques de ces organismes, (ii) les facteurs affectant la distribution géographique des entités étudiées, et (iii) les relations

phylogénétiques entre les différentes entités. À travers le développement de bases de données spatialisées, il devient possible d'expliquer la distribution de certains taxons en fonction de facteurs tels que le climat ou les ressources disponibles et donc de comprendre les règles d'assemblage des communautés d'organismes. Ces différentes approches sont de première importance pour caractériser les taxons étudiés et mieux tracer leur évolution notamment dans le cas (i) d'espèces invasives, (ii) de réservoirs de pathogènes et (iii) de ravageurs des cultures et des denrées stockées.

Le CBGP a tissé un important réseau de collaborations et de partenariats scientifiques. Dans le contexte montpellierain, il collabore étroitement avec d'autres unités mixtes de recherche développant des recherches en biologie évolutive et écologie, l'ISEM, le CEFE, AMAP et le Laboratoire de Génétique et

Évolution des Maladies Infectieuses (GEMI). Le CBGP est membre de la Structure Fédérative de Recherche « Montpellier, Environnement, Biodiversité ». Enfin, le CBGP a mis en place un partenariat diversifié au niveau national et international (pays du Nord et du Sud) formalisé par des projets de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) ainsi que des projets européens et internationaux.

La « biodiversité moléculaire » au cœur des interactions hôte-parasite

Les activités scientifiques de l'unité mixte de recherche (UMR) *Biologie et Écologie tropicale et méditerranéenne* (BETM, CNRS, UPVD) sont centrées sur l'analyse de la diversité des interactions entre les parasites et leur environnement immédiat. Ce dernier est constitué par des espèces

hôtes que les parasites exploitent en relation avec le milieu dans lequel ils se transmettent.

Des approches multi-échelles et intégratives (des populations aux molécules) permettent à l'UMR d'analyser les mécanismes génétiques et épigénétiques générateurs de diversité / plasticité phénotypique et donc d'adaptabilité face aux variations environnementales auxquelles ces espèces sont soumises.

Un des modèles-clés du laboratoire est le parasite métazoaire *Schistosoma mansoni* (schistosome) responsable d'une maladie parasitaire (la bilharziose) affectant plus de 200 millions de personnes dans 74 pays de la zone intertropicale. Ce parasite utilise diverses espèces de mollusques d'eau douce comme hôtes intermédiaires et chez lesquels les larves infectantes pour l'homme sont produites par multiplication asexuée. ...

EDEN et EDENext : comprendre les maladies émergentes pour mieux les prévenir et les contrôler



▲ En haut. Chevaux de Camargue.
À gauche. *Culex pipiens*.
À droite. *Ixodes ricinus*.
En bas. *Phlebotome piquant* L.

Lancé en 2005 par la Commission Européenne (6^{ème} Programme Cadre de Recherche et de Développement Technologique), le projet EDEN (*Emerging Diseases in a changing European eNvironment*) vient de se terminer par une conférence internationale organisée à Montpellier en mai 2010. Ce grand projet (49 partenaires dans 24 pays d'Europe, du Moyen-Orient et d'Afrique) visait à évaluer l'effet des changements environnementaux sur les risques d'émergence de maladies humaines, et de caractériser les écosystèmes les plus exposés. Les maladies transmises par des vecteurs (tiques, insectes...) et des rongeurs ont été choisies car elles sont très sensibles à ces changements. Les résultats montrent que les facteurs sociaux, économiques et comportementaux sont souvent plus importants que les changements climatiques pour expliquer les émergences. Cependant, chaque système épidémiologique est un cas particulier et il est important de disposer de données de terrain et de santé publique d'excellente qualité pour pouvoir conclure.

Au-delà de ces résultats, le projet a permis la réalisation d'une soixantaine de thèses d'université et la constitution d'un réseau de recherche reconnu en tant que tel par la Communauté européenne (CE) et les agences de santé publique. La CE vient d'ailleurs de lancer le projet EDENext, de taille semblable à EDEN, et qui peut être considéré comme une suite abondant également la santé animale. EDENext se focalise d'une part sur la compréhension des risques d'introduction, d'installation et de diffusion des maladies vectorielles, et, d'autre part, sur une évaluation systématique des méthodes de contrôle des populations de vecteurs. La dimension sociale et économique est prise en compte, avec des travaux sur la perception et la gestion du risque par les parties prenantes. Tout comme son prédécesseur, EDENext est coordonné par le Cirad, porteur dans ce projet de la dimension « Sud » avec l'IRD.

Contact : Renaud Lancelot, renaud.lancelot@cirad.fr

Pour plus d'informations : www.eden-fp6project.net

N. Ponçon © IRD

N. Rahola © IRD

I. Rudolf © Institute of Vertebrate Biology

B. Pesson © Université Louis Pasteur

Dimension évolutive dans l'étude de la biodiversité : apports des approches phylogénétiques et phylogéographiques

La phylogénie et la phylogéographie (cf. fig. ci-contre ►) sont des disciplines qui permettent de décrire et de comprendre les relations évolutives entre des groupes d'organismes, soit entre des populations d'une même espèce (phylogéographie), soit entre des espèces ou même des genres différents (phylogénie). Dans l'UMR CBGP, ces approches sont développées pour favoriser (1) la compréhension des patrons de diversification de groupes donnés (approches phylogénétiques dans un cadre temporel), (2) l'analyse des patrons spatiaux de distribution de la diversité au niveau infraspécifique (phylogéographie) et supraspécifique (approches de biogéographie historique en phylogénie), (3) l'estimation de paramètres populationnels (temps de divergence, fluctuations temporelles de taille de populations) et la reconstruction d'événements de colonisation, (4) la délimitation d'espèces et l'identification de priorités de conservation et (5) la compréhension des modalités de l'évolution de certains caractères (traits de vie, caractères adaptatifs, organisation des génomes, etc.).

La phylogénie comparée des partenaires d'une interaction donnée (par ex. mutualiste ou parasite) permet de mieux comprendre l'évolution des traits impliqués dans cette interaction et leur influence dans les phénomènes de spéciation.

Par ailleurs, retracer l'histoire biogéographique des espèces permet de mieux appréhender l'influence des cycles bioclimatiques passés et présents sur la diversité des espèces et sur leur répartition actuelle. Elle permet d'identifier d'éventuelles régions refuges où les espèces ont pu survivre durant les dernières variations paléoclimatiques. Cet aspect est crucial en biologie de la conservation car les populations « refuges » sont souvent génétiquement plus diversifiées. Or, une plus grande diversité génétique donnera plus de chance aux espèces de survivre à des modifications profondes de leur environnement comme celles qui sont engendrées par les changements globaux en cours.

Contacts : Emmanuelle Jouselin,
emmanuelle.jouselin@supagro.inra.fr
& **Gaël Kergoat,** gael.kergoat@supagro.inra.fr

► Figure illustrant l'intérêt des approches de phylogénie et de phylogéographie au niveau supra- ou infra-spécifique.

Sur la gauche sont illustrées quelques applications d'études de phylogénie : délimitations d'espèces (ex. Barcoding moléculaire) / description de la biodiversité ; études sur l'évolution de traits de vie ; études de biogéographie historique. Sur la droite sont illustrées quelques applications d'études de phylogéographie : biologie de la conservation (ex. identification de populations menacées par les changements globaux) ; distribution de la biodiversité (études de génétique des populations) et biologie de l'invasion (historique des invasions).

Autres équipes concernées par ce thème

UMR LECOB
Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques
(CNRS, UPMC)
16 scientifiques

Directrice : Nadine Le Bris,
lebris@obs-banyuls.fr
<http://lecob.obs-banyuls.fr>
► Présentation page 41

UMR LSTM
Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro, UM2)
42 scientifiques

Directeur : Michel Lebrun,
lebrun@univ-montp2.fr
www.mpl.ird.fr/lstm
► Présentation page 30

UMR AMAP
botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes
(Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2)
44 scientifiques

Directeur : Daniel Barthélémy,
daniel.barthelemy@cirad.fr
<http://amap.cirad.fr/>
► Présentation page 58

UMR CEFÉ
Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive
(Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro, UM1, UM2, UM3)
125 scientifiques

Directeur : Philippe Jarne,
philippe.jarne@cefe.cnrs.fr
www.cefe.cnrs.fr
► Présentation page 24

... suite page 16

Un des axes actuels de recherche consiste à comprendre la variabilité spatiale et temporelle des niveaux de compatibilité observés entre différentes populations de schistosome et leurs mollusques hôtes. À ce stade de l'interaction hôte-parasite, la variabilité phénotypique va s'exprimer fortement parmi les molécules-clés impliquées dans les mécanismes de défense des hôtes et l'inféctivité des parasites. Dans ce contexte, l'UMR développe conjointement :

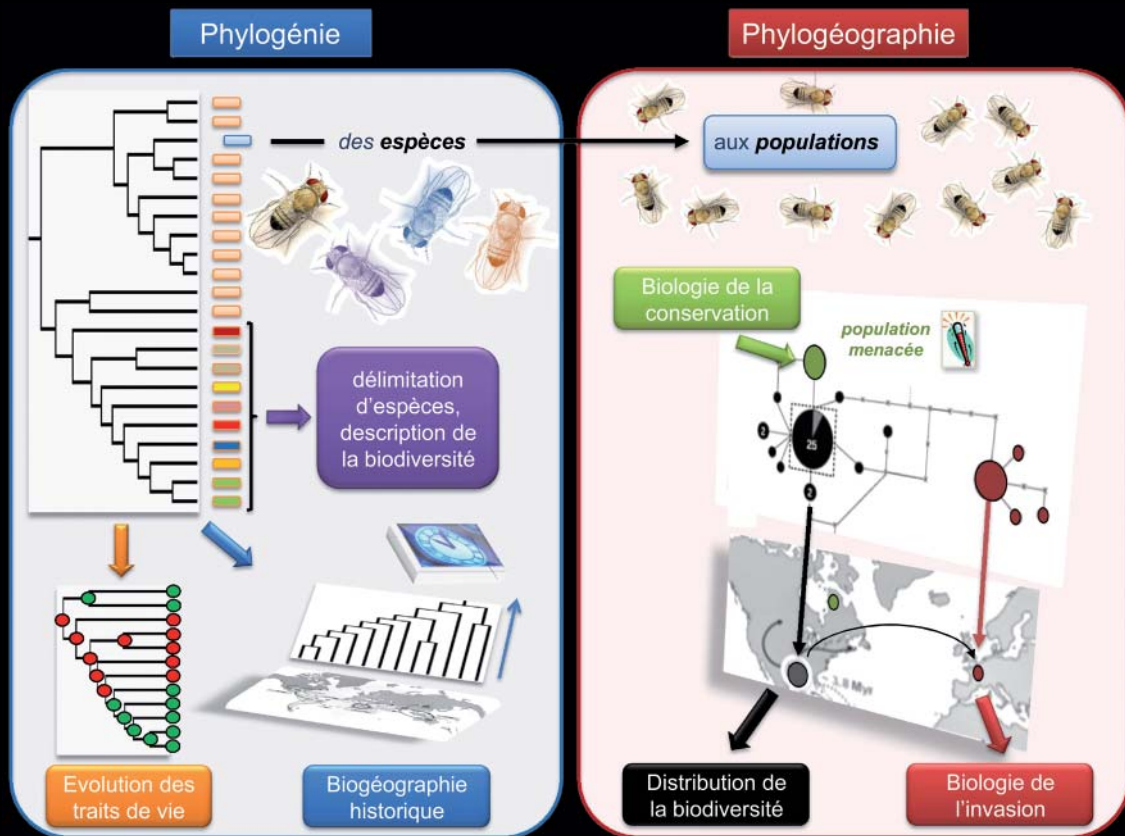
- des approches fonctionnelles de génomique et protéomique visant à caractériser ces déterminants moléculaires ;
- l'étude des processus générateurs de diversité jouant sur ces déterminants qu'ils soient de nature génotypique et/ou épigénétique ;
- les approches populationnelles permettant de suivre ces marqueurs en « temps réel » dans leur dynamique co-évolutive.

L'hôte vertébré des schistosomes est, quant à lui, le siège de la formation des couples entre parasites mâles et femelles et donc de la reproduction sexuée génératrice de diversité génétique. À ce niveau, l'UMR développe des recherches sur l'influence des systèmes et stratégies

de reproduction (recrutement génotype dépendant, choix des partenaires, taux de divorce...) sur la diversité phénotypique de la descendance parasitaire.

Parmi les principaux programmes en cours appuyés par des projets de l'Agence Nationale de la Recherche, citons BIOMGENIM pour l'étude de l'évolution de l'immunité innée chez les mollusques, SCHISTOPHEPIGEN pour les mécanismes génétiques et épigénétiques sous-jacents à la plasticité phénotypique, MONOGAMIX pour les systèmes d'appariement ou encore SCHISTOMED pour la recherche de molécules anti-schistosome.

Centre collaborateur de l'Organisation Mondiale de la Santé pour les schistosomoses, le laboratoire entretient expérimentalement les cycles biologiques complets de plusieurs espèces et souches de *Schistosoma*. Ce savoir-faire est mis à profit pour développer, en partenariat avec des laboratoires de chimie et pharmacochimie du secteur public et privé, un nouvel axe plus appliqué, visant à tester l'efficacité anti-schistosome de nouvelles molécules hybrides.



Adaptation et évolution des complexes hôtes-pathogènes

Les maladies infectieuses demeurent, en Europe comme dans les pays du Sud, un problème majeur de santé publique. Par ailleurs, notre planète subit depuis ces dernières décennies des évolutions environnementales, climatiques, démographiques et économiques, qui peuvent favoriser le développement, l'émergence ou l'extension géographique de maladies épidémiques ou endémiques, voire de pandémies.

La mission de l'UMR *Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle* (MIVEGEC, CNRS, IRD, UM1) est de comprendre, à travers des recherches intégratives, les processus de répllication et de transmission des agents infectieux et leurs dynamiques de transmission, d'étudier leurs éventuels vecteurs, et d'analyser les stratégies et mécanismes, en particulier génétiques, d'adaptation et d'évolution des complexes hôtes-pathogènes. L'originalité de MIVEGEC est d'intégrer tous les niveaux d'étude de ces complexes : de l'agent pathogène à l'environnement, en passant par l'hôte vertébré et le vecteur. Ces travaux conduisent au développement de nouvelles stratégies de contrôle des maladies.

Les recherches sont conduites sur différents modèles, sur différents continents, à différentes échelles : écosystèmes, populations d'hôtes et d'agents pathogènes, individus (*via* des études de génétique et de biologie cellulaire), en intégrant les relations entre les différentes composantes.

La diversité des modèles étudiés (*Leishmania* / phlébotomes, *Plasmodium* / Anopheles, *Trypanosoma* / *Triatoma*, Arbovirus / *Aedes*, *Borrelia*, *Babesia* / *Ixodidae*, insectes pathogènes, ulcère de Buruli, Toxoplasmose, *Mycobacterium* et tuberculose, Cholera, virus Influenza A, interactions virus-plantes) est une richesse importante de l'UMR. Dix équipes composent MIVEGEC :

- BEES : Biologie, écologie et évolution des systèmes vectoriels ;
- DySMI : Dynamique des systèmes –Maladies infectieuses ;
- ETE : Évolution théorique et expérimentale ;
- GAP : Génétique et adaptation des *Plasmodium* ;
- GeneSys : Génétique et biodiversité des systèmes infectieux ;
- IAP : Interactions parasitaires et adaptations ;
- INCHA : Épidémiologie intégrative de la maladie de Chagas ;
- MeBFEA : Mécanismes biologiques fondamentaux des eucaryotes ancestraux ;
- SAT : Stratégies et adaptation de la transmission ;

■ VECOPS : Stratégies de lutte et prévention du contact homme-vecteurs.

Les recherches sont conduites en Bolivie, au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun, au Gabon, au Maroc, en Thaïlande, au Vietnam, en France (y compris Guyane, Martinique, Mayotte et Réunion), et en collaboration avec de nombreux autres pays du Sud.

L'UMR MIVEGEC est membre de deux écoles doctorales, « Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociétés, Environnement » et « Sciences Chimiques et Biologiques pour la Santé » des universités de Montpellier. L'unité est un centre collaborateur de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les *Leishmania* et pour l'utilisation des insecticides en santé publique. Elle héberge le Centre National de Référence pour les *Leishmania* et le Centre National de Référence associé pour la toxoplasmose. Certaines équipes sont certifiées Iso 9001, version 2000.

L'unité participe à une trentaine de programmes de recherche ayant des financements variés (Union européenne, Agence Nationale de la Recherche, ministères de la Santé et de l'Environnement, *National Institute of Health*, OMS, industrie, etc.) et publie plus de 150 articles référencés par an. ...

Écologie de la santé et biodiversité : les virus influenza aviaires en Camargue

M. Gauthier-Clerc © Tour du Valat



M. Gauthier-Clerc © Tour du Valat

Les problématiques de santé ont longtemps été limitées à des approches symptomatiques et immédiates sans intégrer les mécanismes écologiques et évolutifs permettant de comprendre le rôle des interactions complexes entre les organismes et leur environnement ou d'anticiper les conséquences des actions de lutte contre les pathogènes. Dans un monde en mutation sous l'effet des changements globaux (altération des habitats, usages massifs de molécules de lutte, pesticides ou antibiotiques, surexploitation, mondialisation des échanges, introduction d'espèces exotiques, élevage intensif, changements climatiques...), nombre de ces interactions sont actuellement profondément modifiées, et, en particulier, celles avec les parasites et pathogènes. Des conséquences sont l'émergence de nouvelles maladies ou la perte de services rendus par la biodiversité à la santé.

Une émergence récente est celle du virus influenza aviaire H5N1 hautement pathogène et sa dispersion de l'Asie à l'Europe et l'Afrique, altérant la perception positive des migrations des oiseaux sauvages, bien que leur rôle semble sans commune mesure avec celui des échanges commerciaux. Contrairement aux oiseaux domestiques, les oiseaux sauvages sont rarement concernés par des infections liées aux formes hautement pathogènes des virus influenza aviaires. Située à la croisée de plusieurs voies migratoires des oiseaux du Paléarctique, la Camargue est considérée comme une zone privilégiée d'échanges de pathogènes. Les recherches menées en Camargue par la Tour du Valat, le Laboratoire de Génétique et Évolution des Maladies Infectieuses et l'Institut Pasteur concernent en particulier les espèces sauvages réservoirs des virus influenza aviaires, les relations phylogénétiques, les modes de contamination et la dispersion des virus influenza aviaires. Les résultats montrent, par exemple, le rôle prépondérant des canards, des goélands et des mouettes dans la circulation des formes faiblement pathogènes. Les taux d'infection chez les canards peuvent être très différents d'une année à l'autre, mais le même *pattern* mensuel est observé avec une décroissance des taux d'infection de septembre à janvier.

Contact : Michel Gauthier-Clerc, gauthier-clerc@tourduvalat.org

▲ *Sarcelles d'hiver en hiver en Camargue.*

◀ *Vignette - Cygnes de Bewick et canards sauvages en hiver en Camargue.*

Mobilité des animaux et émergence de maladies dans le bétail

Le buffle africain (*Syncerus caffer*), espèce emblématique de la grande faune africaine, présente dans les principales aires protégées d'Afrique, partage avec le bétail et avec l'homme un panel important de pathogènes tels que ceux responsables de la fièvre aphteuse, de la brucellose, de la tuberculose, etc. Le modèle buffle-bétail est étudié par l'UPR AGIRs (Cirad) pour la compréhension des interactions épidémiologiques entre les animaux domestiques et sauvages. Plusieurs études sont menées depuis 2007 par des membres de l'équipe dans et autour d'espaces protégés, en Afrique de l'Ouest (Parc régional du W) et en Afrique australe (Parc transfrontalier du Limpopo). Les risques d'interactions entre la faune, le bétail et l'homme sont en effet particulièrement importants en périphérie des espaces protégés de plus en plus contraints par l'élevage et l'agriculture. À partir de contacts entre bovins infectés et buffle en 1960, la tuberculose bovine s'est, par exemple, répandue dans le Parc National Kruger (Afrique du Sud) pour atteindre récemment le Zimbabwe.

Pour comprendre ces dynamiques de transmission de maladies entre troupeaux sauvages et domestiques par contacts directs ou indirects, l'UPR AGIRs s'intéresse à la mobilité des animaux et aux facteurs écologiques ou liés à l'homme qui conditionnent le partage des mêmes ressources et des mêmes espaces. Des buffles et des bovins ont été équipés de colliers GPS qui enregistrent

leurs localisations en continu sur des cycles annuels. Ces données permettent de caractériser les déplacements, les domaines vitaux mais aussi le potentiel de contacts entre troupeaux. Elles sont analysées en regard de variables explicatives telles que végétation, eau, saison, présences humaines, etc. Ces travaux contribuent à évaluer et, ensuite, mieux contrôler les risques sanitaires mais plus généralement les risques de conflits entre les enjeux de conservation et de développement.



D. Cornélis © Cirad

Contact : Marie-Noël De Visscher, visscher@cirad.fr

▲ Pose d'un collier GPS et collecte d'échantillon sur un buffle du parc national de Gonarezhou au Zimbabwe.

Trypanosomes : identification, variabilité génétique, interactions hôtes-parasites

Malgré les efforts consacrés à la lutte contre les trypanosomoses, ces maladies parasitaires représentent encore des problèmes préoccupants de santé publique et de développement. L'arrêt du dépistage de masse, le manque de surveillance médicale des populations à risque, la confrontation accrue des contacts « glossines—hommes—bétail » liée entre autres facteurs à des changements climatiques et démographiques, ainsi que de nombreuses lacunes et inconnues sur les traits de vie des parasites dont leur transmission, font encore de la Trypanosomose Humaine Africaine (THA, maladie du sommeil) une endémie perçue comme « ré-émergente », et une priorité de santé publique pour l'OMS. Les trypanosomoses animales (nagana) constituent également un obstacle majeur au développement de l'élevage en Afrique sub-saharienne ainsi qu'en Amérique latine et en Asie.

Ce constat, renforcé par la rareté des travaux consacrés à une étude globale de « ces maladies à transmission vectorielle », a conduit l'UMR *Interactions Hôtes-vecteurs-parasites dans les Trypanosomoses* (Cirad, IRD) à proposer des recherches sur les interactions que les parasites établissent chez

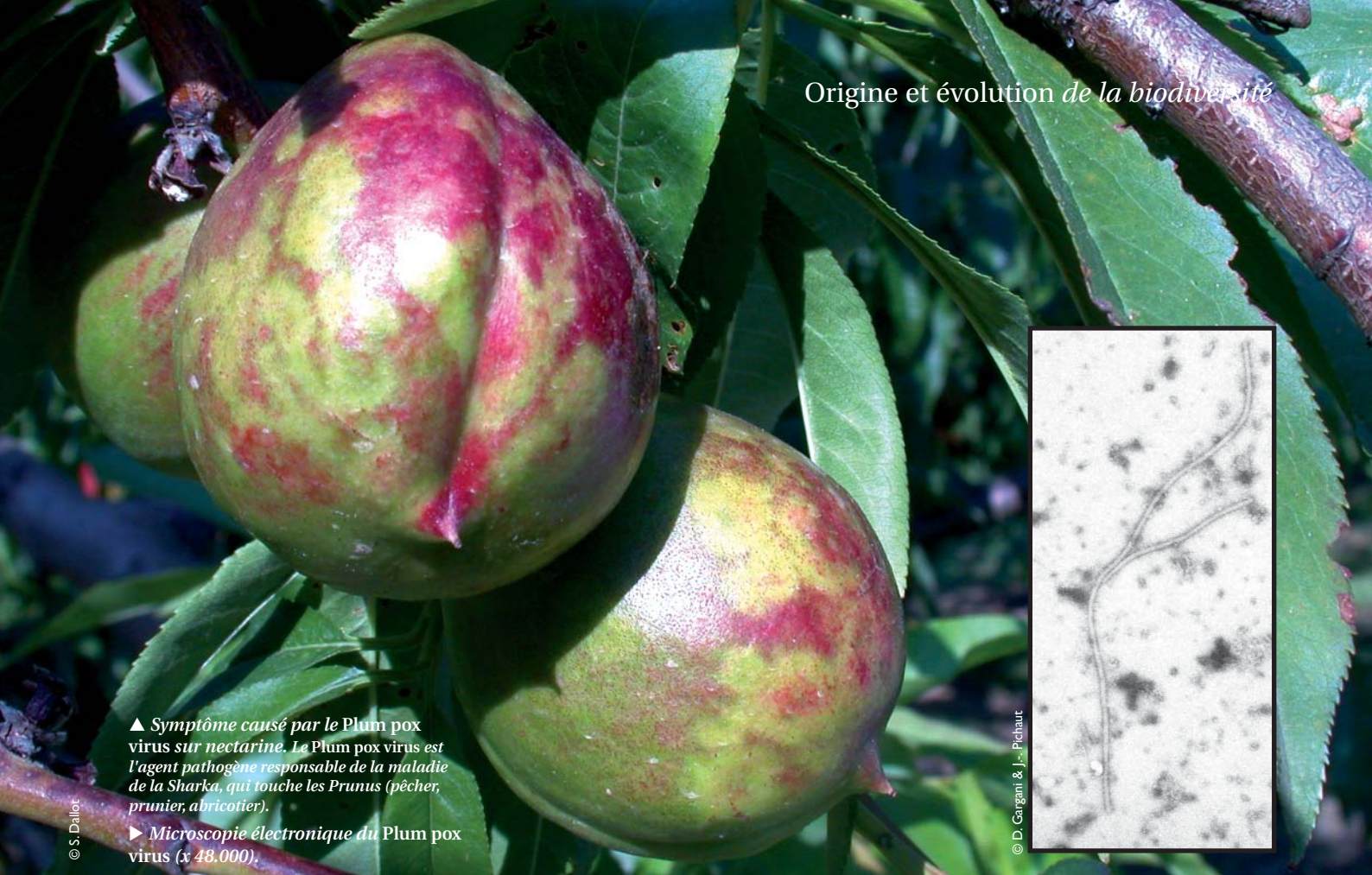
les deux hôtes dont dépend leur pérennité : un insecte hôte—vecteur hématophage—et un mammifère hôte—source de sang de l'insecte—afin d'améliorer les moyens de contrôle et de lutte contre ces maladies.

Les recherches menées en parallèle par l'IRD sur les maladies naturelles humaines et par le Cirad sur les maladies animales, ont montré que de nombreuses questions sont communes à ces deux types de maladie en matière d'épidémiologie et de lutte, d'autant que la transmission des parasites est assurée par le même vecteur (glossine ou mouche tsé-tsé). Le regroupement au sein d'une UMR de compétences complémentaires et synergiques permet le développement d'une approche pluridisciplinaire commune déclinée autour de trois objectifs de recherche :

- diagnostiquer et identifier les trypanosomes (chez l'hôte et le vecteur), leur variabilité génétique, les facteurs de virulence et/ou pathogénicité des souches parasitaires en fonction de leur origine géographique ;
- étudier les interactions hôtes-parasites par l'identification des marqueurs impliqués dans la tolérance/susceptibilité à l'infection, dans le développement de la maladie ;
- clarifier les modalités de la transmission vectorielle pour un meilleur ciblage de la lutte.

Pour répondre à ces objectifs, l'UMR bénéficie d'équipes implantées dans plusieurs pays où sont diagnostiquées ces maladies et où sont présentes les ressources humaines et financières permettant (i) d'assurer le dépistage, (ii) de détecter et de caractériser les parasites chez les vecteurs et les hôtes, (iii) d'apporter un appui au suivi thérapeutique et au traitement, (iv) de déterminer la structuration génétique des populations de glossines, les éléments-clés de leur compétence vectorielle, (v) d'étudier les relations des trois acteurs de ces écosystèmes parasitaires dans leur environnement, (vi) de réaliser des infections expérimentales (bovins) avec des populations parasitaires différant par des critères biologiquement pertinents.

Ce dispositif au Sud est complété au Nord par le laboratoire commun IRD-Cirad, implanté sur le campus de Montferrier-Baillarguet (France). Ce dernier dispose d'infrastructures opérationnelles pour des explorations aux échelles moléculaire et cellulaire des facteurs prédisposant au développement—ou non—des processus pathogènes ainsi que d'un insectarium où sont maintenues en élevage cinq espèces et sous-espèces de glossine d'importance médicale et vétérinaire permettant de déterminer les différents éléments-clés qui se traduiront par le développement abortif ou, au contraire, optimal des trypanosomes transmissibles à l'hôte mammifère. ...



▲ Symptôme causé par le Plum pox virus sur nectarine. Le Plum pox virus est l'agent pathogène responsable de la maladie de la Sharka, qui touche les *Prunus* (pêcher, prunier, abricotier).

► Microscopie électronique du Plum pox virus (x 48.000).

© S. Dailot

© D. Gargani & J.-P. Pichaut

Diversité des interactions et des mécanismes adaptatifs des agents pathogènes

Les interactions entre plantes et agents pathogènes sont le résultat d'une coévolution qui a été le moteur d'une biodiversité observée aujourd'hui dans les milieux les moins anthropisés. L'agriculture a profondément modifié ces interactions en réduisant la biodiversité des espèces cultivées et en sélectionnant des génotypes résistants qui exercent une pression de sélection élevée sur les agents

pathogènes. La domestication des plantes cultivées a nécessité la sélection de plantes suffisamment résistantes aux agents pathogènes. Par ailleurs, les introductions de nouvelles espèces cultivées dans toutes les régions du monde a été à l'origine de l'introduction involontaire d'agents pathogènes dans des régions où ils étaient absents jusqu'alors. C'est ainsi qu'ont eu lieu des confrontations entre des espèces cultivées et des agents pathogènes avec lesquels elles n'avaient pas co-évolué.

Les grandes surfaces en culture monospécifique ou monovariétale ont offert aux agents pathogènes les conditions écologiques favorables à des sauts d'hôtes et à des épidémies dévastatrices. La situation actuelle résulte de changements qui ont commencé au début de l'agriculture, mais qui ont été amplifiés par l'accélération des échanges de matériel végétal. Si l'agriculture moderne a pu se construire sur de nombreux succès dans la limitation des épidémies, beaucoup d'échecs ont été observés dans l'utilisation des résistances variétales ou dans le développement de produits phytosanitaires. La compréhension de la biodiversité des pathosystèmes culturels et des mécanismes d'adaptation des agents pathogènes est donc importante pour évaluer la durabilité des agrosystèmes et pour

proposer les méthodes les plus sûres de limitation des pertes.

Les recherches conduites à l'UMR *Biologie et Génétique des Interactions Plantes-Parasites* (BGPI, Cirad, Inra, Montpellier SupAgro) visent à mieux connaître la diversité des interactions et des mécanismes adaptatifs des agents pathogènes. Les travaux concernent les virus et leurs vecteurs, les bactéries et les champignons. Les recherches sont conduites à différentes échelles, par des études de biologie des populations menées en confrontant la structure observée des populations d'agents pathogènes aux modèles théoriques de la génétique des populations, mais également par des approches d'épidémiologie, d'évolution expérimentale et de modélisation.

L'analyse de la biodiversité globale des virus présents dans des agrosystèmes et dans des écosystèmes proches est conduite par des analyses de métagénomique. Les virus dont le génome est intégré à celui de la plante hôte posent des questions spécifiques sur les rôles de l'évolution des séquences virales intégrées et de celle des génomes viraux à l'origine des épidémies de *Caulimoviridae* (*Banana streak viruses*, *Cacao swollen shoot virus*). L'étude de l'évolution de ces virus permet de mieux comprendre les épidémies actuelles.

Autres équipes concernées par ce thème

UR Biens et Services des Écosystèmes Forestiers Tropicaux : intégrer les enjeux liés aux changements globaux

(Cirad)

36 scientifiques

Directeur : Alain Billand,

alain.billand@cirad.fr

www.cirad.fr/ur/bsef

► Présentation page 49

UR COREUS

Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique

(IRD, UPMC)

21 scientifiques

Directeur : Claude Payri,

claud.payri@ird.fr

www.coreus.ird.fr

► Présentation page 40

Les insectes vecteurs sont la cause de goulots d'étranglements qui ont un effet majeur sur l'évolution des populations virales. La vection fait ainsi l'objet de travaux de BGPI (*Cauliflower mosaic virus*, CaMV, et *Geminiviridae*). La recombinaison est un mécanisme majeur dans l'évolution de certaines familles virales. Son impact sur la virulence et la valeur sélective des virus font l'objet d'études (*Geminiviridae*).

Ces travaux permettent d'estimer le potentiel d'émergence de ces virus recombinants. L'évolution expérimentale est utilisée dans le cas du CaMV pour tester des modèles théoriques d'évolution. L'évolution des virus au cours d'épidémies naturelles est utilisée pour approfondir les analyses spatio-temporelles de maladies transmises par vecteur. L'étude de la biologie des populations de vecteurs et d'agents pathogènes, champignons

(*Magnaporthe grisea*, *Mycosphaerella fijiensis*) et bactéries (*European stone fruit yellows*), soumis à différentes pressions de sélection, espèce hôte, génotype résistant, fongicides, permet de mieux appréhender les mécanismes épidémiologiques et évolutifs et d'essayer d'en évaluer les limites, dans le but d'aboutir à l'identification d'agrosystèmes durables.

Plasticité des génomes microbiens et vecteurs en interaction avec les agents pathogènes

Dans un contexte d'accélération des émergences sanitaires d'origine infectieuse et parasitaire ces 20 dernières années, l'UMR **Contrôle des maladies Animales Exotiques et Émergentes** (CMAEE, Cirad, Inra) développe des recherches sur la

dynamique des maladies animales et zoonotiques d'importance économique et sanitaire pour les pays du Sud, dont certaines menacent les pays du Nord. En effet, les régions tropicales qui constituent le champ d'action de l'unité sont à la fois des « *hot-spots* » de ces émergences de maladies infectieuses et des zones où les systèmes de surveillance et d'alerte sont très peu efficaces.

Les modèles étudiés sont bactériens ou viraux, à transmission directe ou par des vecteurs arthropodes (tiques, culicoïdes, glossines ou moustiques). Les recherches reposent sur une approche intégrée d'étude des interactions entre les micro-organismes pathogènes, les hôtes cibles (domestiques et sauvages) et les vecteurs lorsqu'ils existent en prenant en compte les interactions avec l'environnement agro-écologique. ●●●

Bases génétiques de l'adaptation des vecteurs africains du paludisme au milieu



D. Fontenille © IRD

N. Rahola © IRD

▲ Gîtes de développement de larves d'*Anopheles funestus*, moustique vecteur du paludisme, à Lagdo, Cameroun.

Vignette - Couple d'*Anopheles gambiae*, moustiques africains vecteurs du paludisme. femelle à gauche, mâle à droite.

Les vecteurs majeurs de *Plasmodium* africains sont capables de coloniser des environnements extrêmement différents en Afrique subsaharienne, des savanes arides en bordure du Sahara jusqu'au cœur de la forêt équatoriale, dans les zones rurales, les périmètres agricoles, les villages et les villes. L'UMR MIVEGEC s'intéresse particulièrement aux mécanismes génétiques adaptatifs sélectionnés par les espèces du complexe *Anopheles gambiae* (inversions chromosomiques, polymorphisme allélique, niveau d'expression de gènes), en réponse aux variables climatiques, aux types de gîtes larvaires colonisés et à la pression anthropique (agriculture, insecticides, déforestation, urbanisation), et permettant leur survie et leur développement dans les différents biotopes.

L'analyse des interactions « gènes—environnement » chez *An. gambiae* passe par l'étude du polymorphisme chromosomique et de la distribution des inversions paracentriques au sein des populations naturelles de vecteurs. D'importantes campagnes de terrain ont été réalisées au Cameroun et au Burkina Faso, et la niche écologique des principales espèces du complexe *An. gambiae* a pu être modélisée à l'échelle des deux pays sur la base d'analyses statistiques des corrélations entre les points de présence de l'espèce et une gamme de facteurs environnementaux répertoriés dans un système d'information géographique. L'analyse comparative des niches écologiques des différentes espèces du complexe a permis d'identifier des variables environnementales discriminantes.

Les techniques les plus récentes de la biologie moléculaire et de la génomique sont utilisées en complément de la cytogénétique traditionnelle pour la mise en évidence de polymorphismes génétiques associés aux variations phénotypiques révélées par ces analyses écologiques. Ces études ont permis de décrypter le polymorphisme moléculaire de certaines inversions chromosomiques chez *An. gambiae*, ainsi que d'en préciser le rôle et le fonctionnement comme réservoir de variabilité génétique adaptative chez ce vecteur.

Contacts : Frédéric Simard, frederic.simard@ird.fr & Carlo Costantini, carlo.costantini@ird.fr

Elles visent à caractériser les déterminants de l'émergence des agents pathogènes, de leur transmission et de leur diffusion dans une approche multi-échelles où la modélisation épidémiologique prend une importance croissante.

Parmi les quatre axes qui structurent le projet scientifique de l'unité, deux intègrent fortement les études de diversité :

■ **L'étude de la plasticité des génomes microbiens** (bactéries et virus) vise à décrire la diversité génétique et les forces évolutives auxquels sont soumis les micro-organismes. Les technologies à haut débit permettent de caractériser cette diversité au niveau des génomes entiers et de l'analyser à l'échelle des populations qui seule permet d'aborder la complexité de l'écologie microbienne.

■ **Les vecteurs en interaction avec les agents pathogènes, les hôtes et dans l'environnement.** La complexité des systèmes vectoriels est abordée aussi bien en termes de diversité des espèces impliquées dans la transmission d'un agent pathogène que de la variabilité de leur compétence et capacité vectorielle vis-à-vis de ces pathogènes qui présentent eux-mêmes une diversité génétique et phénotypique. Elle intègre la diversité génétique des espèces permettant de caractériser la structure des populations et son évolution.

L'objectif finalisé est de contribuer à l'évaluation des risques sanitaires et de proposer des stratégies de

lutte intégrée associant les outils développés en recherche (diagnostic, vaccins, thérapeutiques) et les méthodes basées sur la connaissance de l'écologie des vecteurs, des processus épidémiologiques et de leur modélisation.

Pour délivrer ses produits de recherche de façon optimale pour le développement des pays du Sud et construire leur capacité, l'unité a fait le choix de s'impliquer en ingénierie des réseaux de santé publique vétérinaire en contribuant au développement et/ou au fonctionnement de réseaux à l'échelle régionale (réseau CaribVET dans les Caraïbes, AnimalRisk dans l'Océan Indien, Remesa en Méditerranée...) essentiellement à partir de ses équipes déployées Outre-mer.

L'unité entretient un réseau de nombreux partenariats internationaux dans les pays du Nord comme du Sud, au travers des réseaux de santé et de recherche (européens, internationaux). L'unité détient cinq titres nationaux et six mondiaux (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Organisation mondiale de la santé animale) de laboratoire de référence. Au niveau de Montpellier, l'unité intègre son dispositif de laboratoires confinés (L3), d'animaleries et d'insectarium géré sous assurance qualité selon la norme ISO 17025, au « réseau sur les vecteurs et les maladies émergentes » dont elle est membre fondateur avec des UMR de l'IRD, de l'université et l'Entente interdépartementale pour la démoustication.

Biodiversité des pathogènes d'insectes ravageurs des cultures

Les projets de recherche de l'UMR **Diversité, Génomes & Interactions Microorganismes—Insectes** (DGIMI, Inra, UM2) portent sur la caractérisation d'organismes entomopathogènes et l'étude de leurs interactions avec les insectes. Dans le contexte actuel de réduction de l'utilisation des pesticides chimiques et du développement durable, ces travaux contribuent au développement de nouvelles stratégies de lutte contre les insectes ravageurs de culture et les insectes vecteurs.

Les principaux entomopathogènes étudiés sont :

■ les densovirus (famille des parvovirus), petits virus animaux à ADN et pathogènes d'insectes aux stades larvaires (équipe *Dynamique des interactions densovirus-insectes*) ;
■ les nématodes entomopathogènes (genres *Heterorhabditis* et *Steinernema*) associés à leurs bactéries symbiotiques entomopathogènes *Photorhabdus* et *Xenorhabdus* (*Enterobacteriaceae*) indispensables au cycle parasitaire de leurs hôtes (équipe *Ressources biologiques & génétiques des bactéries et nématodes entomopathogènes*) ;
■ les hyménoptères endoparasitoïdes (*Ichneumonide* *Hyposoter didymator*) associés à un symbiote indispensable à la réussite parasitaire appartenant à la

Capricornes asiatiques et biodiversité



▲ Femelle *Anoplophora chinensis*.

Anoplophora glabripennis et *A. chinensis* (Coleoptera, Cerambycidae) sont des espèces invasives originaires d'Extrême-Orient. Leurs larves creusent des galeries dans le bois de nombreuses essences à feuilles caduques. Directement et indirectement, les *Anoplophora* affectent la biodiversité, et la biodiversité affecte les populations d'*Anoplophora*.

L'effet direct des *Anoplophora* sur la biodiversité est lié à leur grande polyphagie. Les essences feuillues attaquées sont notamment les érables, peupliers, saules, marronniers, aulnes, charmes, ormes, noisetiers, pommiers, agrumes (pour ce qui concerne *A. chinensis*), etc. Les parcs et jardins des zones urbaines, les pépinières, les vergers et les forêts de feuillus sont menacés. Les ré-infestations successives des plantes-hôtes entraînent leur mort, ce qui conduit à l'anéantissement ou le déplacement des biocénoses indigènes normalement inféodées à ces essences. L'effet indirect des *Anoplophora* sur la biodiversité est observé dans les bouleversements des écosystèmes liés aux efforts d'éradication du ravageur dans les paysages urbains, agricoles et forestiers. La destruction de certaines zones forestières entraîne aussi la disparition des strates arbustive et herbacée et le déplacement des populations d'insectes, de petits mammifères et d'oiseaux qui peuplaient ces zones boisées. En retour, la biodiversité affecte les populations d'*Anoplophora* car certains insectes parasitoïdes locaux, notamment des hyménoptères ennemis naturels d'insectes xylophages, acceptent les *Anoplophora* comme hôtes de substitution.

Dans le nord de l'Italie, le Laboratoire Européen de Lutte Biologique a montré que huit espèces d'insectes parasitoïdes de la faune européenne, appartenant à cinq familles (Braconidae, Eurytomidae, Eupelmidae, Bethyidae, Pteromalidae), attaquent les jeunes larves d'*A. glabripennis* et *A. chinensis* sous écorce. Une plus grande biodiversité exerce une action antagoniste plus forte sur le ravageur et ses populations sont mieux contenues.

Contact : Franck Hérard, herard@ars-ebcl.org

famille des Polydnavirus (*Hyposoter didymator* IchnoVirus) (équipe Biologie intégrative des interactions hôte-parasitoïdes).

Les densovirus, découverts dans les principaux groupes d'insectes d'importance agronomique, médicale ou vétérinaire, sont des candidats en lutte biologique. Afin d'évaluer leur potentiel et les risques liés à leur utilisation, l'UMR s'intéresse aux mécanismes de l'infection en utilisant comme modèles d'interaction des lépidoptères ravageurs de culture et les densovirus (DNV) :

- étude des mécanismes moléculaires d'entrée et de spécificité du densovirus de *Junonia coenia* (JcDNV) en utilisant des cellules d'insectes en culture, permissives ou non ;
- étude du spectre d'hôte et des déterminants de spécificité des densovirus, en comparant un densovirus « généraliste », pathogène pour plusieurs hôtes, et un densovirus « spécialiste », pathogène pour un seul hôte, afin de comprendre les mécanismes qui déterminent la spécificité d'hôte ;
- étude des mécanismes de transmission et de l'évolution virale (collaboration avec le BGPI).

Concernant les nématodes parasites d'insectes (genres *Heterorhabditis* et *Steinernema*) et leurs bactéries symbiotiques intestinales entomopathogènes, les travaux de classification de ces deux genres bactériens ont fondé la réputation

internationale du laboratoire depuis la fin des années 80. Entre 2005 et 2009, 11 nouvelles espèces de *Xenorhabdus* et quatre nouvelles sous-espèces de *Photorhabdus* ont été décrites. Ces travaux sont réalisés à partir d'une collection unique au monde de bactéries isolées de nématodes entomopathogènes collectés sur tous les continents à l'aide de pièges ou à partir d'insectes parasités récoltés directement dans la nature. Les thèmes abordés sont :

- la classification et la généalogie des espèces bactériennes dans ces deux genres ;
- l'identification des modes d'évolution de ces associations en comparant les généalogies des deux partenaires nématodes et bactéries ;
- les spectres d'hôtes pour identifier les couples nématodes-bactéries pathogènes pour un grand nombre d'ordres d'insectes et ceux qui sont plus inféodés à un groupe d'insectes particuliers ;
- le criblage et la valorisation de nématodes, de molécules insecticides et antimicrobiennes en collaboration avec des partenaires professionnels.

Le laboratoire est également un acteur central dans la constitution de ressources génomiques chez les genres *Photorhabdus* et *Xenorhabdus*, pour lesquels sont actuellement ou bientôt disponibles deux génomes de *Photorhabdus* et cinq génomes de *Xenorhabdus* (collaboration Génoscope, Université du Wisconsin-Madison, Monsanto).

Les hyménoptères parasitoïdes constituent un groupe extrêmement diversifié qui joue un rôle important dans les équilibres des populations au niveau des écosystèmes naturels et des agrosystèmes. DGIMI s'intéresse à la diversité des stratégies de développement et des facteurs de virulence de ces agents de contrôle des populations d'arthropodes. Le principal modèle d'étude est l'ichneumonide *Hyposoter didymator*, associé à un virus symbionte de la famille des Polydnavirus et parasite de noctuelles (*Chrysodeixes chalcites*, *Helicoverpa armigera* ou *Spodoptera littoralis*) sur le continent européen. En collaboration avec, entre autres, le CBGP, sont étudiées les interactions entre un braconide polyembryonnaire *Macrocentrus cingulum* et les lépidoptères du genre *Ostrinia*. Les thèmes abordés sont :

- les convergences et divergences des facteurs de virulence chez les hyménoptères parasitoïdes ;
- l'origine et l'évolution des associations hyménoptères ichneumonides – polydnavirus ;
- le rôle des facteurs de virulence et de leur variabilité dans le spectre d'hôte des hyménoptères parasitoïdes.

Ces thèmes sont développés au sein d'un réseau incluant plusieurs laboratoires français (universités de Tours, d'Amiens et de Toulouse, Inra Sophia-Antipolis, CBGP, etc.) et internationaux (Laval University, Escola Superior de Agricultura « Luiz de Queiroz », etc.). ...



▲ *Anoplophora chinensis*.

Biodiversité et lutte biologique contre les bio-invasions

Situé sur le campus de Montferrier-Baillarguet au Nord de Montpellier, l'**European Biological Control Laboratory** (EBCL) ou Laboratoire Européen de Lutte Biologique, est le plus important laboratoire de recherche basé outre-mer, du Service de Recherche en Agriculture (ARS) du Département américain de l'Agriculture (USDA).

Aux États-Unis, de nombreux bioagresseurs introduits sans leurs ennemis naturels sont d'origine eurasiennne ou africaine, ce qui a conduit dès 1919 à l'implantation du premier laboratoire USDA en France à Auch. Depuis sa création, ses activités sont orientées vers la lutte biologique classique contre les bio-invasions sur le territoire nord-américain, en étudiant particulièrement la biodiversité dans l'aire d'origine des espèces cibles. L'étude de cette biodiversité fait alors appel à plusieurs disciplines naturalistes telles que l'entomologie, la botanique, l'acarologie et aborde également l'écologie des communautés, la pathologie des insectes et des plantes, la phylogéographie ainsi que la caractérisation génétique des organismes cibles et de leur cortège parasitaire.

Les axes d'étude de l'EBCL portent sur la découverte à travers le monde des ennemis naturels en association avec les bioagresseurs cibles, leur caractérisation morphologique et génétique, l'étude de leur biologie, et s'intéressent à différentes composantes qui sous-tendent les bioinvasions. Les unités « plantes invasives » et « insectes ravageurs » au sein de ce laboratoire multinational et pluridisciplinaire sont épaulées par une équipe commune de génétique moléculaire.

Voici cinq exemples d'études en cours concernant la biodiversité :

■ **Les domptes-venin** (*Vincetoxicum* spp.) sont des plantes d'origine eurasiennne et invasives dans le nord-est des États-Unis et au Canada. La première phase du programme de lutte biologique (2006-2008) a conduit à évaluer la phylogéographie de ces plantes dans l'aire native et d'introduction en rapport avec la biodiversité entomologique *in situ* : 16 insectes phytophages et une rouille phytopathogène récoltés en Europe. La seconde phase (2009-2012) consiste à sélectionner les meilleurs candidats au travers de tests de spécificités, en vue d'importations futures en Amérique du Nord. Une chrysomèle, un noctuide et une mouche téphritide sont actuellement évalués.

■ **L'euphorbe ésule** (*Euphorbia esula*) est une plante envahissante en Val de Saône malgré son origine eurasiennne. Afin d'étudier la faisabilité d'une lutte biologique par augmentation et conservation, son cortège d'insectes et d'agents pathogènes est échantillonné : 15 espèces ont déjà été capturées dans les prairies inondables du Val de Saône.

■ **L'herbe de Guinée** (*Urochloa maxima*), originaire d'Afrique tropicale, est hautement invasive dans le sud des États-Unis, où elle menace la culture des agrumes et de la canne à sucre. Des explorations au Cameroun en 2009 ont permis d'identifier 27 herbivores, représentés au sein de 10 familles de coléoptères, mais aussi trois espèces de punaises et quatre de lépidoptères.

■ Les punaises *Lygus* sont invasives sur les côtes Est et Ouest des États-Unis dans des cultures de luzerne et cultures maraichères ; le cortège parasitaire a été recherché en Eurasie, particulièrement en Espagne et au Maroc. Trois parasites nymphaux du genre *Peristenus* ont été récoltés, élevés et envoyés aux États-Unis pour être relâchés. Le parasitisme observé en Europe est de 10 à 60 % alors qu'il est de 60 à 90 % dans les zones d'introduction où les auxiliaires sont en voie d'acclimatation.

■ Les longicornes asiatiques (*Anoplophora glabripennis*, *A. chinensis*) sont deux cérambycides menaçant gravement l'arboriculture fruitière, les forêts et les plantes d'ornement nord-américaines et européennes. Des explorations en Lombardie (Italie) ont permis d'identifier huit parasites larvaires de la faune européenne comme candidats potentiels pour la lutte biologique. Un parasitoïde oophage d'origine asiatique, spécifique à *A. chinensis* mais importé fortuitement avec son hôte, est maintenant largement réparti et efficace en Lombardie.

D'autres programmes s'intéressent à la biodiversité comme celui sur la mouche de l'olive et celui sur la canne de Provence (*Arundo donax*), pour lesquels divers auxiliaires eurasiatiques ont déjà été envoyés aux États-Unis en vue d'être lâchés.

Organismes marins : mécanismes de développement et d'adaptation

Le projet de l'UMR **Biologie Intégrative des Organismes Marins** (BIOM, CNRS, UPMC) a pour objectif principal d'étudier les mécanismes de développement et d'adaptation

des organismes à travers une approche évolutive. Cet objectif est extrêmement général et la spécificité du projet consiste en l'utilisation d'organismes modèles marins non conventionnels permettant des études originales complémentaires à celles réalisées sur des modèles plus traditionnels. Ce type d'approche a souvent abouti à des avancées significatives dans divers domaines de la biologie en permettant de répondre à certaines questions biologiques fondamentales. Ceci utilise à la fois les particularités issues de la diversité des organismes étudiés, et, en même temps la profonde unité du vivant qui permet des comparaisons entre des organismes parfois très éloignés phylogénétiquement.

Ce projet d'UMR se développe autour de quatre thèmes de recherche correspondants à quatre équipes de recherche actuellement fonctionnelles :

- Facteurs du milieu et mécanismes adaptatifs
- Évolution et développement des chordés
- Régulation des mécanismes cellulaires au cours du développement
- Génomique environnementale et adaptation du phytoplancton

Les principaux organismes modèles utilisés sont soit des métazoaires marins tels que des

échinodermes (oursin étoile de mer), des céphalochordés (*Amphioxus*), des poissons (loup de Méditerranée) ainsi que des micro-algues eucaryotes (prasinophytes, diatomées, dinoflagellés).

L'unité est localisée à l'observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer et l'ensemble de l'unité regroupe 30 personnes dont 10 chercheurs et enseignants-chercheurs titulaires. Les équipements disponibles incluent les moyens à la mer de la station, aussi bien humains que matériels, ainsi que des équipements scientifiques variés. Les moyens à la mer sont essentiellement constitués d'un chalutier de 14 mètres avec son équipage spécialisé pour l'expérimentation, des plongeurs scientifiques, des aquariums d'étude et des moyens de stabulation/élevage/culture d'organismes marins. Les équipements scientifiques sont des laboratoires équipés pour l'expérimentation en biologie cellulaire et moléculaire ou l'écologie, avec une plateforme de microscopie/cytométrie.

Les financements de l'unité proviennent essentiellement de ses deux tutelles (CNRS, UPMC) ainsi que de contrats de recherche de l'Agence Nationale de la Recherche ou bien européens. ■

Biodiversité et environnements extrêmes en grande profondeur

L'exploration des fonds marins a mis en évidence des communautés profondes riches et abondantes, liées à des ressources localisées et éphémères. Ces communautés, d'abord décrites autour des sources hydrothermales, sont aujourd'hui connues pour une grande variété d'habitats : des sédiments riches en hydrocarbures aux carcasses de baleine, en passant par les canyons sous-marins et les bois coulés. Témoignant d'une longue histoire évolutive, les espèces qu'elles abritent reflètent par leurs adaptations les forts couplages entre stress et énergie disponible dans ces milieux marins extrêmes. Alors que la pression anthropique se fait plus forte sur ces « hauts lieux de biodiversité profonde », les bases fondamentales manquent encore pour prédire leur sensibilité aux perturbations directes et indirectes, telles que l'acidification ou le réchauffement des eaux profondes. Avec le soutien de la Fondation Total, l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC) s'investit dans des recherches dédiées à ces *hot-spots* de biodiversité profonde au travers de la chaire « Environnement extrême, biodiversité et changement global ».



© WHOI/S. Sievert

Dans ce cadre, le LECOB (**Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques** CNRS, UPMC) mobilise ses compétences pour mieux comprendre la dynamique combinée des processus de colonisation, de dégradation de la matière organique et de chimiosynthèse en milieu profond, impliquant consortiums microbiens, assemblages faunistiques et environnement physico-chimique. Le LECOB développe à cette fin un large éventail d'outils (métagénomique, capteurs, analyses de biomolécules, traceurs géochimiques) qui permettront la mise en place d'approches expérimentales *in situ* encore peu développées en grande profondeur, complétant le dispositif d'observation du canyon sous-marin Lacaze-Duthiers de l'Observatoire océanologique. Ces recherches sont combinées à un enseignement dédié aux écosystèmes profonds et environnements marins extrêmes, inscrit dans la spécialité « Océanographie et Environnement Marins » du master de l'UPMC.

Contact : Nadine Le Bris, lebris@obs-banyuls.fr

▲ Mesures électrochimiques *in situ* sur des communautés hydrothermales profondes à partir du sous-marin Alvin.



S. Hättenschwiler © UMR CEFE



M. Trousselier © UMR Ecosym

▲ *Pari d'un écosystème forestier méditerranéen associant microcosmes non-permanents et organismes décomposeurs (détritivores).*

◀ *Mésocosmes pélagiques de la plate-forme MEDIMEER.*

Biodiversité *fonctionnelle*

La Terre abrite une extraordinaire diversité biologique ou « biodiversité » qui comprend des millions d'espèces différentes. La biodiversité spécifique se décline en de multiples facettes dont celles de leurs gènes, de leurs molécules, de leurs physiologies et de leurs comportements, de leurs multiples interactions écologiques avec leur environnement, ainsi que la variété des écosystèmes complexes qu'elles forment. La survie de la Terre et de l'humanité est basée sur l'extraordinaire diversité des formes de vie, notamment dans sa composante fonctionnelle, qui permet de fournir des services écosystémiques.

Un des enjeux scientifiques majeurs est de pouvoir comprendre, préserver, voire améliorer, les services rendus par les écosystèmes : réalisation des cycles biogéochimiques, production primaire, pollinisation, lutte contre les ravageurs agricoles, purification de l'air et de l'eau, dépollution et traitement des déchets, développement et conservation de la diversité biologique, source de nouveaux médicaments et de nouvelles variétés de cultures. S'il est difficile de leur attribuer une valeur économique, il apparaît clairement que ces services, même s'ils sont affectés par les activités humaines, présentent une grande valeur pour l'humanité.

Dans un écosystème, des milliers d'espèces se côtoient et des interactions extrêmement complexes sont à la base de son fonctionnement général qui se caractérise par une dynamique de sa biodiversité fonctionnelle. On peut distinguer deux composantes de la biodiversité, l'une dite « remarquable » correspondant à des entités (gènes, espèces, habitats) que la société a identifiées comme présentant un intérêt particulier (dimension patrimoniale, emblématique ou valeur d'usage), et l'autre dite « ordinaire » n'ayant pas de valeur intrinsèque identifiée mais indispensable au fonctionnement des écosystèmes. Les interactions entre des entités ordinaires plus ou moins abondantes, contribuent potentiellement à la production de services écosystémiques considérables. Cependant, les liens entre la dynamique de la biodiversité fonctionnelle et les services rendus sont très difficiles à évaluer car ils sont plus liés à l'apparition de nouvelles interactions entre espèces qu'à la richesse spécifique ou à l'abondance. Quelle que soit notre perception de la biodiversité, un de ses rôles majeurs dans le contexte actuel des changements climatiques est d'offrir des alternatives biologiques permettant de faire face à l'instabilité de l'environnement.

L'exemple des espèces végétales ou animales introduites mérite notre attention sachant que ces espèces transportent souvent des agents pathogènes qui trouvent alors, *via* les espèces indigènes, de nouveaux territoires à conquérir. Cependant, les bio-invasions peuvent aussi créer des conditions de pression de sélection sur les espèces indigènes mais aussi en retour sur les espèces introduites. Les cultures sont ainsi confrontées à de nombreuses attaques d'organismes nuisibles et la préservation de la biodiversité passe nécessairement par une meilleure connaissance des stratégies de prévention et de méthodes de lutte

pour gérer au mieux le risque de bio-invasions lié en particulier à la mondialisation des échanges, au changement d'usage des terres et des paysages, et au réchauffement climatique. L'une des actions de lutte contre les ravageurs sera également de maîtriser le développement des agents pathogènes et de leurs hôtes, et de construire des résistances durables chez les plantes cibles. Dans le cas de transmission de maladies communes aux animaux sauvages et domestiques (voire à l'homme), des actions sont portées sur la connaissance du rôle joué par la biodiversité fonctionnelle des populations animales et des pathogènes transmis, avec un regard particulier sur le système multi-espèces (homme-bétail-micro-organismes). Enfin, la prise de conscience des risques liés aux invasions biologiques dans les systèmes aquatiques est relativement récente, le trafic maritime lié à la mondialisation étant responsable de certaines érosions de la biodiversité, comme l'arrivée des espèces lessepsiennes de la mer Rouge vers la Méditerranée *via* le canal de Suez.

Quel que soit l'écosystème considéré, les microorganismes dominent la biodiversité (d'un point de vue structurel et fonctionnel) et jouent un rôle majeur dans la production de biomasse et les flux de matière et d'énergie (production, prédation, recyclage des nutriments), l'ensemble de ces processus étant en interaction avec l'atmosphère et le climat. L'exemple des symbioses microbiennes dans les sols met en exergue la biodiversité fonctionnelle de certaines associations avec le monde végétal permettant d'améliorer durablement les services écosystémiques rendus que sont les productions agricoles et forestières tout en restaurant certains environnements menacés. L'ensemble des activités biologiques dans les sols liées à la biodiversité fonctionnelle de la microfaune (p. ex. nématodes) et des macroorganismes que sont les ingénieurs du sol (p. ex. vers de terre ou termites) permet de comprendre les processus de régulation de la dynamique des nutriments et de leur disponibilité, et de la séquestration du carbone, et ceci dans un contexte d'amélioration des services écosystémiques rendus par les sols.

Si les études de terrain sont indispensables à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes, l'étude du rôle de la biodiversité dans ce fonctionnement nécessite également des analyses en expérimentation (Ecotron Européen de Montpellier, MEDIMEER de Sète). Ces études vont de la compréhension des aspects fondamentaux du rôle de la biodiversité dans les fonctions de l'écosystème à des aspects appliqués d'utilisation de la biodiversité à des fins d'ingénierie écologique.

Dans le contexte actuel des modifications anthropogéniques accélérées, de l'échelle moléculaire à celle du paysage, l'approche intégrative de gestion des espèces apparaît comme prometteuse en tenant compte des relations interspécifiques et des processus évolutifs assurant la pérennité des processus adaptatifs des systèmes naturels méditerranéens et tropicaux.

**Marc Bouvy (UMR ECOSYM),
Éric Blanchart (UMR Eco&Sols)
& Alain Brauman (UMR Eco&Sols)**

Biodiversité *fonctionnelle*

Les équipes principales

UMR CBAE
Centre de Bio-Archéologie et d'Écologie
(CNRS, EPHE, Inrap, UM2)
Une vingtaine de scientifiques
Jean-Frédéric Terral,
terral@univ-montp2.fr
www.umn5059.univ-montp2.fr
► Présentation page 28

UMR CEFE
Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive
(Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro, UM1, UM2, UM3)
125 scientifiques
Directeur : Philippe Jarne,
philippe.jarne@cefe.cnrs.fr
www.cefe.cnrs.fr
► Présentation page 24

UMR Eco&Sols
Écologie fonctionnelle et Biogéochimie des Sols & Agro-écosystèmes
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro)
63 scientifiques
Directeur : Jean-Luc Chotte,
jean-luc.chotte@ird.fr
www.montpellier.inra.fr/ecosols
► Présentation page 29

UMR ECOSYM
Écologie des systèmes marins côtiers
(CNRS, IRD, UM2)
82 permanents
Directeur : Marc Troussellier,
marc.troussellier@univ-montp2.fr
www.ecolog.univ-montp2.fr
► Présentation page 37

UMR EME
Écosystèmes Marins Exploités
(Ifremer, IRD, UM2)
56 scientifiques
Directeur : Philippe Cury,
philippe.cury@ird.fr
www.crh-sete.org
► Présentation page 38

UMR LECOB
Laboratoire d'Écogéochimie des Environnements Benthiques
(CNRS, UPMC)
16 scientifiques
Directrice : Nadine Le Bris,
lebris@obs-banyuls.fr
<http://lecob.obs-banyuls.fr>
► Présentation page 41

... suite page 26

De la biologie évolutive *des populations aux cycles* de matière et d'énergie *dans les écosystèmes*

Le *Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive* (CEFE, Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro, UM1, UM2, UM3) développe des recherches allant de la biologie évolutive des populations à l'étude des cycles de matière et d'énergie dans les écosystèmes. S'appuyant sur une tradition ancienne d'écologie végétale*, l'unité s'est diversifiée en termes de problématiques et de modèles biologiques dès le début des années 80. Une culture commune caractérisée par un équilibre entre approches empiriques et naturalistes, d'une part, et fondements théoriques d'autre part, a émergé et constitue actuellement une caractéristique du CEFE. Dans un dispositif de recherche sur l'environnement et la biodiversité riche et divers, le CEFE est devenu le point focal des recherches en écologie à Montpellier. Ses recherches mettent en avant une vision intégrative de l'écologie, rassemblant sur des questions de recherche fondamentale des approches diverses et complémentaires, en les reformulant dans le contexte de l'écologie : approches empiriques, marqueurs moléculaires, expérimentations, constructions pluridisciplinaires alliant sciences de l'homme et de la société, les biomathématiques, la modélisation ou encore l'écologie chimique.

Les activités du CEFE couplent des recherches en écologie évolutive et fonctionnelle avec un effort transversal de recherche en écologie de l'anthropisation. L'impact de

l'homme sur les systèmes écologiques est, en effet, multiple, omniprésent et complexe. Il comprend le changement climatique et les changements d'usages : usages des terres, transports... L'impact anthropique résulte aussi des interactions entre ces deux types de changement et concerne tous les niveaux d'organisation écologiques. Le CEFE est divisé en trois départements :

■ **Le département « Biologie des populations »** centre son activité sur le rôle de l'adaptation et des contraintes dans la dynamique de la biodiversité. Il regroupe des équipes de renom international en dynamique et génétique des populations, biologie évolutive, et coévolution. Au cours des dernières années, la constitution d'une masse critique en écologie comportementale a conduit à des avancées significatives, par exemple en ce qui concerne la signalisation visuelle et olfactive. Une large part des activités est consacrée aux interactions, qu'il s'agisse de relations hôte-parasite, de pollinisation, ou d'autres mutualismes. L'étude des impacts anthropiques sur la biodiversité concerne la biologie de la conservation de vertébrés, abordée notamment à travers la dynamique des populations, mais aussi le rôle de l'homme dans la génération de biodiversité par domestication, au sein d'une équipe regroupant des personnels du Cirad, CNRS, IRD et UM2.

■ **Le département « Dynamique des systèmes écologiques »** regroupe des équipes travaillant sur plusieurs niveaux d'organisation, de la population aux communautés et aux paysages. Un des principaux objectifs est de comprendre les mécanismes qui gouvernent la dynamique des communautés et des paysages.



M. Razafindrakoto © IRD

Les ingénieurs du sol : diversité et fonctions

Les sols constituent l'un des habitats les plus diversifiés sur terre : l'une des trois « frontières biotiques » des écologistes, avec la canopée des forêts tropicales et les grands fonds marins. Les organismes du sol présentent une extraordinaire diversité taxonomique : environ un quart des espèces vivantes actuellement décrites. Ces espèces se regroupent au sein des microorganismes (bactéries, archées, champignons, protozoaires), de la microfaune (nématodes), de la mésofaune (acariens, collemboles), de la macrofaune (annélides, macro-arthropodes). Au sein de cette diversité, les macro-invertébrés (vers de terre, mille-pattes, insectes) jouent un rôle-clé dans le fonctionnement des sols. Ils décomposent la litière et l'incorporent au sol, protègent les plantes contre les maladies et les pathogènes, construisent et maintiennent la structure du sol en creusant des galeries et en modifiant l'agrégation du sol.

Ces macro-invertébrés sont considérés comme des ingénieurs du sol car les modifications de l'environnement sol via leurs activités de construction (turricules, galeries, nids) affectent significativement la diversité et les activités microbiennes. Pourtant le rôle bénéfique de ces organismes dans le fonctionnement des sols et la fourniture de services

écosystémiques est encore mal connu et peu utilisé par les gestionnaires du sol (agriculteurs, etc.). Ils sont pourtant des indicateurs de la qualité des sols et doivent être considérés comme une ressource permettant d'améliorer la fourniture de services fournis par les agro-écosystèmes.

L'UMR Eco&Sols étudie la diversité et les fonctions de ces organismes dans le cadre de différents projets : diversité taxonomique des ingénieurs du sol dans les sols de Madagascar (programme « Faune-M » financé par l'Institut Français de la Biodiversité), diversité et rôle sur la dynamique du carbone en agriculture de conservation (programme « Pépites » financé par l'Agence Nationale de la Recherche/Systerra), régulation de la diversité et de l'activité microbiennes par les ingénieurs du sol [programme « Endemic » financé par CNRS-EC2CO (Ecosphère Continentale et Côtière)].

Contacts : Éric Blanchart, eric.blanchart@ird.fr & Alain Brauman, alain.brauman@ird.fr

▲ *Ver de terre de Madagascar (famille Megascolecidae).*

À côté de sujets fondamentaux comme les systèmes de reproduction et les mécanismes de dispersion et colonisation, ou les relations entre traits fonctionnels et successions végétales, le département consacre une large part de son activité aux conséquences écologiques des activités humaines, et notamment à l'effet des transformations d'usage des terres, par elles-mêmes ou en interaction avec le changement climatique. Ces transformations sont également analysées par des recherches interdisciplinaires en

sciences de la conservation et en sciences humaines et sociales.

■ **Le département « Fonctionnement des écosystèmes »** regroupe deux équipes d'écologie fonctionnelle. L'accent sur les flux de matière et d'énergie établit un lien d'une part avec les aspects paysages par des approches spatialisées par exemple au niveau de bassins versants, d'autre part, avec les aspects traits d'histoire de vie à travers l'analyse des mécanismes en écologie fonctionnelle. Une large part des efforts est tournée

vers l'analyse des conséquences écologiques des changements globaux, qu'il s'agisse des changements climatiques et des aspects liés au cycle du carbone, ou des effets de l'érosion de la biodiversité, à travers l'étude des relations biodiversité-fonctionnement. Ce département a abrité le projet « Ecotron Européen de Montpellier », désormais devenu une unité propre de service (UPS) du CNRS. ...

* Le Centre d'Études Phytosociologiques et Écologiques, créé au début des années 1960, est devenu le CEFE en 1989.



▲ Ecotron - vue du Sud

J.Roy © UPS Ecotron

L'Ecotron Européen de Montpellier pour analyser le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes et sa réponse aux variations climatiques

Les organismes vivants régulent les cycles biogéochimiques (carbone, azote, phosphore, eau...) dans les écosystèmes et la dynamique de leur diversité, sous l'effet de variations environnementales, détermine le devenir des services que rendent ces écosystèmes à la société. L'**Ecotron Européen de Montpellier**, une des très grandes infrastructures de recherche du CNRS, permet d'étudier ces relations entre diversité à différents niveaux trophiques et les flux de matière et d'énergie dans les écosystèmes et comment ces relations sont modifiées par des changements environnementaux.

L'Ecotron est un maillon important entre l'analyse de fonctions élémentaires en conditions très simplifiées et l'étude d'écosystèmes *in situ*. En confinant des écosystèmes dans des enceintes, il permet la simulation d'une large gamme de conditions environnementales (température, conditions hydriques, CO₂, polluants) en croisant les niveaux de plusieurs facteurs, et la mesure précise des principaux flux générés par l'écosystème et

l'établissement de bilans. Des capacités de mesures importantes caractérisent l'Ecotron Européen de Montpellier, notamment les mesures en ligne de photosynthèse, respiration, transpiration, dégagement de méthane et d'oxyde nitreux, des rapports isotopiques ¹³C/¹²C et ¹⁸O/¹⁶O du CO₂. L'approche isotopique comprend aussi un marquage ¹³C de la matière organique nouvellement formée. Ces mesures sont complétées ponctuellement par des mesures non invasives (réflectance spectrale...) ou sur prélèvements de sol ou de plante.

Les questions pouvant être abordées dans l'Ecotron concernent aussi bien des aspects fondamentaux du rôle de la complexité biologique dans les fonctions de l'écosystème (par exemple interactions entre les diversités à différents niveaux trophiques) que des aspects appliqués d'utilisation de la biodiversité à des fins d'ingénierie écologique (par exemple optimisation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les climats du futur). L'aspect « conditionnement environnemental » de l'Ecotron permet de manipuler les variables de forçage qui vont agir sur la dynamique de la biodiversité et peut conduire à une analyse fonctionnelle de cette dynamique. L'aspect « mesure du fonctionnement » appliqué au niveau de l'écosystème complet ou de ses composantes permet d'établir le lien entre diversité et fonctionnement et d'en rechercher les bases mécanistes.

Les équipes principales

UMR LOMIC

Laboratoire d'Océanographie
Microbienne
(CNRS, UPMC)
18 scientifiques

Directeur : Stéphane Blain,
stephane.blain@obs-banyuls.fr
<http://lomic.obs-banyuls.fr>

► Présentation page 40

UMR LSTM

Laboratoire des Symbioses
Tropicales et Méditerranéennes
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro, UM2)
42 scientifiques

Directeur : Michel Lebrun,
lebrun@univ-montp2.fr
www.mpl.ird.fr/lstm

► Présentation page 30

UMS 2348 OOB

Laboratoire ARAGO – Observatoire
Océanologique de Banyuls-sur-Mer
(CNRS, IRD, UPMC)
140 scientifiques

Directeur : Philippe Lebaron,
lebaron@obs-banyuls.fr
www.obs-banyuls.fr

► Présentation page 36

UPRA Acridologie

Écologie et maîtrise des populations
d'acridiens
(Cirad)

11 scientifiques

Directeur : Michel Lecoq,
lecoq@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/acridologie
<http://locust.cirad.fr>

► Présentation page 34

... suite page 28



© UMS GmbH

Rôle fonctionnel de la biodiversité : complémentarité des recherches réalisées *in situ* et à l'Ecotron

La première expérience dans le plateau 'mésocosmes' de l'Ecotron Européen de Montpellier est associée à l'importante étude sur le rôle de la diversité végétale dans le fonctionnement de l'écosystème menée au champ depuis 10 ans par l'Université de Jena en Allemagne. Les mesures réalisées *in situ* pendant cette période démontrent un rôle majeur du nombre et du type d'espèces dans les principaux cycles biogéochimiques (carbone, azote et eau). L'analyse globale des résultats indique que la complémentarité des espèces pour l'utilisation des ressources est à l'origine de cet effet, mais les mécanismes de cette complémentarité peuvent difficilement être mis en évidence au champ.

Des échantillons d'écosystèmes (2 m³) seront prélevés dans 24 parcelles de différentes diversités et insérés dans des lysimètres puis transportés à l'Ecotron. Chaque lysimètre sera entouré d'un système de régulation thermique du sol et sera coiffé d'une enceinte permettant de contrôler l'atmosphère. Pendant une saison de végétation, le climat de Jena sera recréé et le fonctionnement de l'écosystème mesuré. Par exemple, l'insertion, à différentes profondeurs du sol et à différentes périodes de l'année, de molécules marquées avec différents isotopes

permettra de déterminer quelle espèce prélève quelle ressource et quand. Nous testerons ainsi l'hypothèse selon laquelle une augmentation de la diversité s'accompagne d'une diminution de la niche individuelle des espèces et d'une augmentation de la niche globale de la communauté. Les mesures en continu des processus physiologiques de la canopée et du sol permettront aussi de montrer à quelles périodes et échelles de temps l'effet biodiversité est le plus marqué et pour quelles conditions de milieu. Ceci pourra suggérer des mécanismes supplémentaires au travers desquels la biodiversité joue un rôle.

Les trois plateaux expérimentaux de l'Ecotron (macro, méso et microcosmes) vont permettre une large gamme d'études appliquées ou théoriques, concernant des écosystèmes intacts complexes ou simplifiés, et soumis à des conditions environnementales réalistes ou artificielles spécifiques. La relation biodiversité-fonctionnement sera au cœur de l'ensemble de ces études.

Contact : Jacques Roy, jacques.roy@ecotron.cnrs.fr

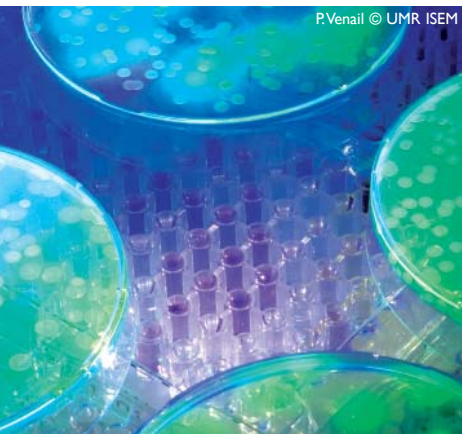
▲ *Vue d'ensemble des 24 parcelles de différentes diversités, avant insertion dans les lysimètres (vignette) et études à l'Ecotron (p.26).*

Implanté sur le campus de Baillarguet au Nord de Montpellier, l'Ecotron est constitué de 3 plateaux expérimentaux allant de l'étude de d'écosystèmes complexes réalistes à celles d'écosystèmes simplifiés en conditions artificialisées. Les macrocosmes (12 unités de 35 m³) peuvent accueillir, en condition de lumière naturelle, des échantillons d'écosystèmes de 1 à 8 tonnes. Les mésocosmes (24 unités de 2 à 3 m³) peuvent accueillir des échantillons d'écosystèmes de 0,2 à 1 tonne, et en particulier les lysimètres

standard actuellement en service en Europe. Le plateau microcosmes, en laboratoire avec niveau de confinement L2, accueillera dans des volumes de 1 à 200 dm³ des microécosystèmes (de 24 à 400 unités suivant leurs natures), permettant d'analyser individuellement les composantes de l'écosystème (physiologie des organismes, biologie du sol, interactions biotiques simplifiées...). Les études sont principalement comparatives entre conditions environnementales, types d'écosystèmes, complexités

des communautés, ou encore entre espèces ou génotypes différents. L'Ecotron est ouvert, par appel d'offre, à la communauté scientifique internationale. Son comité scientifique européen sélectionne les projets de consortiums d'équipes les plus novateurs permis par la très forte instrumentation de l'infrastructure. Que les projets soient orientés physiologie de l'écosystème ou biologie des communautés ou des organismes, le rôle et la réponse de la biodiversité sont au cœur de la plupart d'entre eux. ...

Quand l'évolution tend à maximiser la diversité et le fonctionnement des systèmes écologiques



P.Venail © UMR ISEM

Des chercheurs du CNRS basés à l'UM2 (UMR ISEM, UMR ECOSYM) ont montré que l'évolution peut conduire à plus de diversité biologique et, surtout, à un meilleur fonctionnement des systèmes écologiques. Dans le contexte actuel de l'érosion de la biodiversité, ces résultats publiés dans la revue *Nature** soulignent l'importance de l'évolution comme force structurante des systèmes écologiques.

L'expérience s'est déroulée en laboratoire. Après avoir créé des microcosmes, constitués de plusieurs sources de carbone pour générer des environnements hétérogènes, les chercheurs ont suivi la diversification évolutive de la bactérie *Pseudomonas fluorescens*. Un clone unique de cette bactérie a été inoculé dans chaque microcosme (microplaque dont chaque « puits » contient une source de carbone différente), puis les bactéries ont été libres d'évoluer pendant plus de 500 générations. Les chercheurs ont aussi manipulé les déplacements des bactéries d'un puits à l'autre d'une même microplaque selon

des niveaux bien définis. Au terme de l'expérience, les chercheurs ont montré que les dispersions intermédiaires ont permis d'évoluer vers une plus grande diversité bactérienne et une productivité écologique accrue.

L'érosion actuelle de la diversité biologique oblige tout à la fois de proposer une approche conceptuelle de l'organisation de la biodiversité, de comprendre ses relations avec le fonctionnement des écosystèmes et de prédire les éventuelles conséquences de son déclin. D'une manière générale, les travaux de ces chercheurs suggèrent que l'évolution peut conduire à une forte complexification des systèmes écologiques débouchant sur un meilleur fonctionnement. Ce processus est maximisé lorsque les ressources disponibles sont hétérogènes et les systèmes biologiques convenablement connectés ; des conditions qui ne correspondent pas à la tendance actuelle d'homogénéisation des écosystèmes par les activités humaines. À plus long terme, ces résultats suggèrent que cette homogénéisation risque de réduire la capacité future de diversification du vivant.

Contact : Nicolas Mouquet, nmouquet@univ-montp2.fr

* Venail P.A., MacLean R.C., Bouvier T., Brockhurst M.A., Hochberg M.E., Mouquet N. 2008. Functional Diversity and Productivity Peak at Intermediate Levels of Dispersal in Evolving Metacommunities. *Nature*.

Les équipes principales

UPR AGIRs

Animal et Gestion Intégrée des Risques
(Cirad)

22 scientifiques dont 10 écologues

Directeur : François Roger,
francois.roger@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/agirs

► Présentation page 35

UPR Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes

(Cirad)

12 scientifiques

Directeur : Christian Cilas,
christian.cilas@cirad.fr
www.cirad.fr/nos-recherches/unites-de-recherche/maîtrise-des-bioagresseurs-des-cultures-perennes

► Présentation page 32

UR COREUS

Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique

(IRD, UPMC)

21 scientifiques

Directeur : Claude Payri,
claud.payri@ird.fr
www.coreus.ird.fr

► Présentation page 40

UPS Ecotron Européen de Montpellier

(CNRS)

8 scientifiques

Contact : Jacques Roy,
jacques.roy@ecotron.cnrs.fr
www.ecotron.cnrs.fr

► Présentation page 26

... suite page 30

Changement des environnements anciens et dynamique de la biodiversité

Les activités du *Centre de Bio-Archéologie et d'Écologie* (UMR CBAE, CNRS, EPHE, Inrap, UM2) visent (i) à comprendre comment les environnements anciens ont changé au cours des derniers siècles ou millénaires et (ii) à déterminer les liens unissant les changements globaux et la dynamique de la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes, l'organisation des communautés et la répartition géographique des espèces. Les changements environnementaux passés sont soumis aux modifications d'usage du sol (agriculture, exploitation des ressources) mais aussi à des modifications climatiques ou orographiques. Les recherches du CBAE concernent les régions du pourtour méditerranéen y compris le Moyen-Orient, mais aussi les régions tropicales (Afrique, Amérique du Sud) et enfin les régions boréales (Canada, Scandinavie).

Pour analyser ces processus, le CBAE met en œuvre des stratégies et des méthodes fondées sur l'exploitation d'indicateurs biologiques contenus dans les sols naturels, les gisements archéologiques ainsi que dans les dépôts de surface comme les tufs, les sédiments lacustres ou tourbeux, ainsi que les cernes des arbres. Ces archives biologiques se sont accumulées au cours des derniers siècles et millénaires dans la plupart des cas, voire au cours du Quaternaire. Ces dépôts sont alimentés par les modifications du couvert végétal, mais aussi par les changements de climat et de pratiques sociétales d'occupation du sol.

Des chercheurs du laboratoire s'intéressent également aux modalités d'exploitation et d'usage des ressources biologiques, depuis leur cueillette ou leur récolte jusqu'à leur transformation en vue d'une utilisation domestique. Les origines de la domestication, les développements de l'agriculture, l'évolution et la dispersion géographique des plantes cultivées sont mis en relation avec les migrations humaines et les pratiques agricoles.

L'étude des restes botaniques d'origine archéologique permet de retracer l'histoire de l'alimentation humaine, des pratiques agraires, de la transformation des produits et de leurs usages. Des problématiques-clés animant ce groupe concernent l'exploration, la conservation, la valorisation et la reconstruction de l'histoire de patrimoines biologiques que constituent certaines plantes cultivées emblématiques (palmier dattier p. ex.) et leur ancêtre sauvage (encore inconnu dans le cas du dattier).

Les thèmes de recherche prioritaires de l'UMR sont (i) la dynamique spatiale et chronologique (depuis le dernier maximum glaciaire) de la biodiversité, en relation avec des changements environnementaux, (ii) le rôle des perturbations (incendies, avalanches, insectes) sur la dynamique de la biodiversité, (iii) la diversité biologique des organismes domestiqués, l'exploitation, l'usage et la transformation des ressources

biologiques, (iv) la fonction de la déprise agropastorale sur l'éco-diversité des paysages forestiers actuels.

Écologie fonctionnelle, organismes du sol et des plantes, et devenir des contaminants biologiques

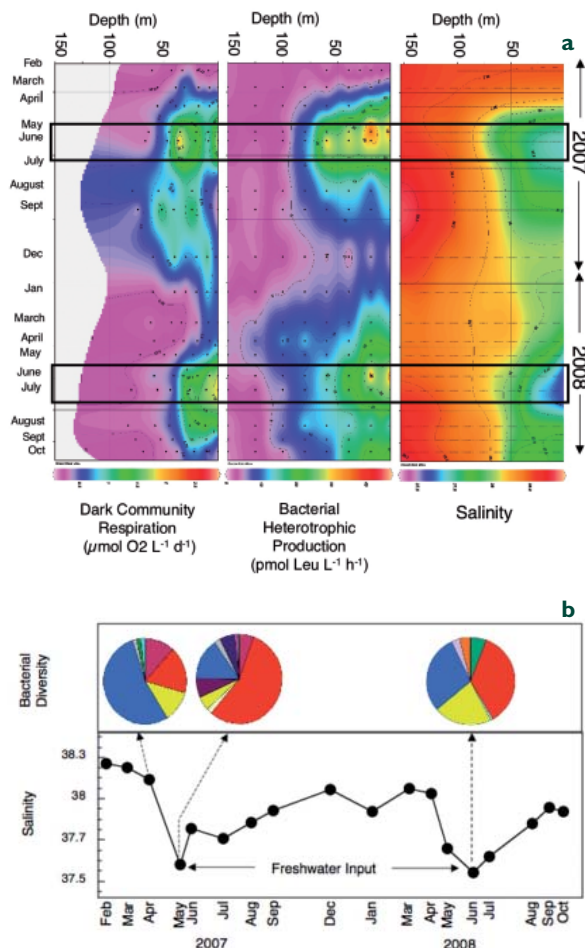
L'UMR *Écologie fonctionnelle et Biogéochimie des Sols & Agro-écosystèmes* (Eco&Sols, Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro) étudie les cycles biogéochimiques du carbone et des nutriments (notamment azote N et phosphore P), et leur couplage dans les agro-écosystèmes méditerranéens et tropicaux. Il s'agit, dans ces agro-écosystèmes, de décrire, comprendre et prévoir les processus écologiques de régulation des flux de carbone et de nutriments. Dans une démarche d'écologie fonctionnelle, l'UMR Eco&Sols pose ainsi les questions :

■ du rôle des organismes du sol et des plantes, ainsi que des interactions

entre eux et avec leur milieu, dans les cycles biogéochimiques au sein des sols et des agro-écosystèmes ;
■ du devenir des contaminants biologiques (Bt, prions, virus) dans les sols.

La description, la compréhension et la prédiction des flux couplés de C, N et P, ont pour objectif finalisé la maîtrise de ces flux afin de parvenir à une production soutenue et durable des agro-écosystèmes, i.e. une production compatible avec la fourniture de services environnementaux comme la séquestration du carbone. L'identification de stratégies d'ingénierie écologique sera centrée sur la maîtrise des communautés fonctionnelles (plantes, organismes du sol) et leurs interactions. La compréhension des fonctions de la biodiversité (microorganismes, nématodes, macrofaune, racines de végétaux) pour la mise en place d'une agriculture écologiquement intensive est l'un des objectifs centraux de l'UMR Eco&Sols. ...

Évolution temporelle de l'activité et de la structure de la communauté bactérienne à la station d'observation MOLA



La figure ci-contre illustre l'évolution temporelle de l'activité et de la structure de la communauté bactérienne à la station d'observation MOLA (*Microbial Observatory Laboratoire Arago*, 42° 27'2" N ; 03° 32'6" E) située à 20 miles des côtes au large de Banyuls-sur-Mer (France).

a : Les profils de mesures de la salinité font apparaître des épisodes de dessalures en surface (salinités < 37,9) en mai-juin 2007 et juin-juillet 2008. Ces épisodes sont certainement liés à des intrusions d'eau douce du Rhône. Selon les conditions de vent, des lentilles d'eau dessalée peuvent se détacher du panache du Rhône et circuler le long de la côte sur plusieurs centaines de kilomètres. Ces lentilles peuvent constituer une source externe de sels nutritifs et de matière organique et stimuler la production biologique en milieu marin. On remarque ainsi que ces apports sont associés à une augmentation de la production bactérienne et de la respiration communautaire.

b : La diversité bactérienne a été déterminée par des banques de clones basées sur le gène codant pour l'ARNr 16S. Chaque couleur composant les diagrammes circulaires représente un groupe phylogénétique bactérien différent. La diversité bactérienne mesurée en surface lors des épisodes de dessalure en mai 2007 et juin 2008, était significativement différente de celle mesurée lors d'un bloom phytoplanctonique (avril 2007). Le groupe des *Alphaproteobacteria* (en rouge) est le groupe dominant durant les épisodes de dessalures en représentant 38 à 56 % des séquences de clones totales de chaque banque, alors que le groupe des *Bacteroidetes* (en bleu) est majoritaire lors du bloom phytoplanctonique. Si les épisodes de dessalure influent fortement sur la diversité bactérienne, aucun des groupes bactériens présents lors de ces épisodes n'est spécifique de cette situation (Laghdass et al., 2010)*

Contact : Ingrid Obernosterer, ingrid.obernosterer@obs-banyuls.fr

*Laghdass M., West N.J., Batailler N., Caparros J., Catala P., Lantoiné F., Oriol L., Lebaron P., Obernosterer I. 2010. Impact of lower salinity waters on bacterial heterotrophic production and community structure in the offshore NW Mediterranean Sea. *Env. Microbiol. Rep.* (sous presse).

▲ Ectomycorhizes
de Pin Sylvestre.

5 mm

© UMR LSTM

Autres équipes concernées par ce thème

Tour du Valat
25 scientifiques

Directeur : Jean Jalbert,
jalbert@tourduvalat.org
www.tourduvalat.org
► Présentation page 53

UMRAMAP
botAnique et bioinforMatique
de l'Architecture des Plantes
(Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2)
44 scientifiques

Directeur : Daniel Barthélémy,
daniel.barthelemy@cirad.fr
<http://amap.cirad.fr/>
► Présentation page 58

UMR BIOM
Biologie Intégrative
des Organismes Marins
(CNRS, UPMC)
18 scientifiques

Directeur : Hervé Moreau,
hervé.moreau@obs-banyuls.fr
<http://biom.ent.upmc.fr>
► Présentation page 21

UMR CBGP
Centre de Biologie pour
la Gestion des Populations
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro)
35 scientifiques
Directrice : Flavie Vanlerberghe,
Flavie.Vanlerberghe@supagro.inra.fr
www.montpellier.inra.fr/CBGP
► Présentation page 10

... suite page 32

L'UMR propose trois thématiques de recherche : (i) Sols, activités et réseaux biologiques, (ii) Nutriments et intensification écologique, (iii) Carbone et changements globaux.

Le premier thème est résolument tourné vers l'étude de la biodiversité fonctionnelle dans les sols. Seize chercheurs et quinze ingénieurs et techniciens travaillent sur cette thématique. Dans un milieu donné (climat, sol, usages et modes de gestion), les communautés microbiennes responsables de la minéralisation des matières organiques à l'origine des flux de C, N et P, sont régulées par : (i) des organismes bactériovores et fongivores (comme les nématodes), (ii) des organismes ingénieurs (comme les vers de terre) qui modifient l'environnement physique et la disponibilité des ressources, (iii) la quantité, la qualité et la localisation de la matière organique et (iv) les déterminants abiotiques. L'amélioration de notre connaissance de la diversité fonctionnelle des organismes du sol et la prise en compte d'une part des interactions entre organismes au sein d'assemblages complexes et d'autre part des déterminants abiotiques des processus biologiques sont au cœur des travaux de ce thème de recherche.

Les recherches mettent en œuvre des approches expérimentales de laboratoire (en microcosmes et mésocosmes) et de terrain. Ces démarches expérimentales sont très fortement associées à une

démarche de modélisation dédiée à la formalisation des processus biologiques déterminant le fonctionnement des sols. Ces études sont menées dans des contextes pédoclimatiques contrastés, méditerranéens et tropicaux (Sénégal, Burkina Faso, Madagascar, Kenya, Thaïlande), dans le cadre de collaborations avec des institutions du Nord et des centres nationaux de recherche agronomique et des universités du Sud.

La thématique de recherche sur la biodiversité repose sur des plateaux techniques de pointe, avec notamment un laboratoire dédié à l'étude des protéines, un laboratoire de biologie (principalement pour l'étude des nématodes du sol) et deux laboratoires de biologie moléculaire à Montpellier et à Dakar.

Biodiversité, fonctionnement des microorganismes symbiotiques et adaptation des plantes

Le *Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes* (UMR LSTM, Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro, UM2) est une unité de microbiologie et de biologie des plantes, spécialisée dans la biodiversité, les mécanismes de fonctionnement des microorganismes symbiotiques et dans la réponse et l'adaptation des plantes à ces microorganismes et aux conditions extrêmes de l'environnement.

Les recherches menées par le laboratoire vont de la caractérisation et l'analyse de la biodiversité des microorganismes symbiotiques à la compréhension des mécanismes moléculaires impliqués dans l'interaction plantes/bactéries. Ses études et champs d'application s'intéressent aux milieux méditerranéens et tropicaux, où les symbioses microorganismes/plantes permettent d'améliorer durablement les productions agricoles et forestières et de restaurer les environnements menacés.

Le LSTM est composé de cinq équipes :

- Écologie et physiologie moléculaire des *Bradyrhizobium* photosynthétiques
- Biodiversité et évolution des symbioses
- Réponse des plantes aux microorganismes
- Adaptation des plantes et des microorganismes au nickel
- Fonctionnement symbiotique des écosystèmes

Le LSTM est engagé dans les orientations suivantes :

- caractériser la biodiversité des symbioses dans les écosystèmes méditerranéens et tropicaux ;

- comprendre la structuration et l'évolution de la diversité génétique et fonctionnelle des populations bactériennes symbiotiques (approches phylogénétiques et de génétique des populations) ;
- caractériser les stratégies mises en œuvre par les bactéries pour noduler les légumineuses par des approches de génomique comparative.
- étudier la diversité génomique et les mécanismes d'interaction bactéries/plantes hôtes ainsi que les mécanismes de régulation induits par la lumière chez les *Bradyrhizobium* photosynthétiques ;
- caractériser la nouvelle voie symbiotique nod-indépendante mise en évidence dans l'interaction *Bradyrhizobium* ORS278/*Aeschynomene*. L'absence de gènes de nodulation communs chez ces *Bradyrhizobium* photosynthétiques suggère l'existence d'une nouvelle voie de signalisation possible entre un rhizobium et une légumineuse dont les déterminants font l'objet d'études dans l'unité ;
- décrypter les voies de signalisation des plantes en réponse aux bactéries. Outre l'identification de ces voies, l'objectif est de comprendre leurs interactions et caractériser les gènes bactériens impliqués dans leur induction.

- étudier les mécanismes de l'adaptation des plantes et microorganismes associés aux contraintes édaphiques extrêmes des sols ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. Les niveaux d'approches de génomique fonctionnelle permettront de caractériser les mécanismes de (i) la résistance et de l'hyperaccumulation des métaux chez les plantes, (ii) l'adaptation des micro-organismes associés aux plantes, (iii) interactions plantes-microorganismes ;
- transférer et valoriser une technologie de développement durable pour les pays du Sud afin de proposer des méthodologies susceptibles d'intéresser le développement durable et les entreprises du domaine des biotechnologies.

Le LSTM dispense de nombreux enseignements et participe à l'organisation de formations universitaires de biologie, microbiologie et physiologie à l'UM2, Montpellier SupAgro et dans plusieurs pays d'Afrique. Il soutient également les formations au travers d'interventions et d'encadrement de stages professionnels ou de recherche. ...

Un observatoire pour le suivi à long terme de la biodiversité des canyons sous-marins en Méditerranée

Les premières observations de coraux profonds en Méditerranée ont été réalisées par des chercheurs du Laboratoire ARAGO au large de Banyuls-sur-Mer, dans le canyon de Lacaze-Duthiers, en 1961 et en 1963, au cours d'explorations réalisées avec la soucoupe plongeante SP 600 du Commandant Cousteau. Depuis aucune expédition n'avait été conduite sur ce site pour évaluer l'état des populations de coraux observées dans ce contexte.

Au cours d'expéditions récentes (mai-juin 2008) réalisées par l'Observatoire Océanologique de Banyuls et la Direction régionale de l'environnement, expéditions menées en utilisant le support technique de la COMEX (Navire Océanographique Minibex, ROV Super Achille et submersible Remora), les populations de coraux profonds observées il y a plus de 40 ans ont pu être retrouvées et d'autres populations encore plus denses de ces espèces ont été mises en évidence, faisant du canyon de Lacaze-Duthiers un site de référence pour ces espèces en Méditerranée française.

Quatre espèces de coraux profonds sont présentes dans le canyon de Lacaze-Duthiers, pour certaines en quantités relativement importantes : *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*, *Desmophyllum dianthus* et *Dendrophyllia cornigera*. Ces espèces sont toutes protégées au niveau national, européen et international. Ces populations de coraux s'épanouissent sur les flancs rocheux du canyon à des profondeurs variant entre -180 et -365m.



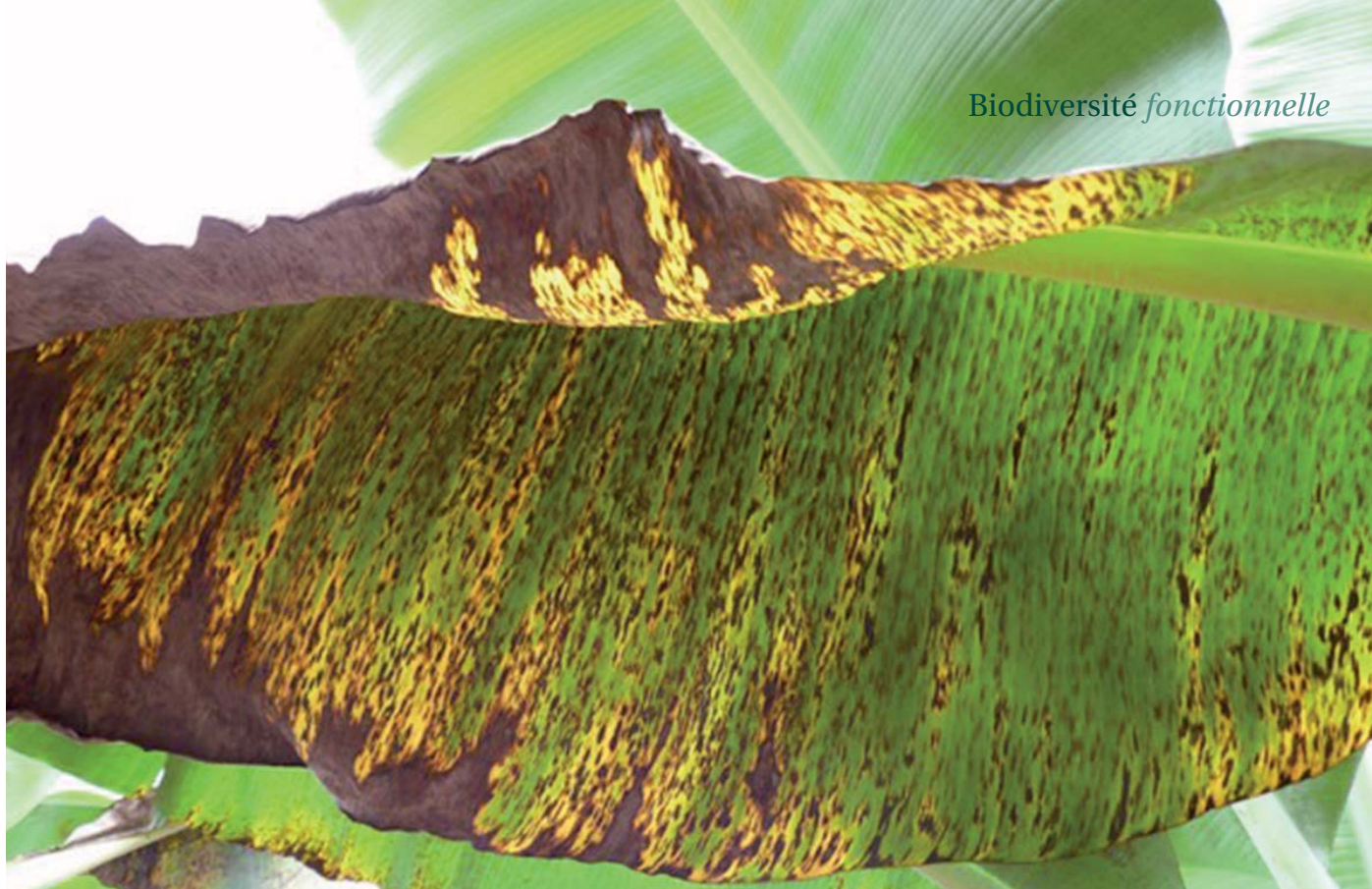
© DIREN

Elles sont associées à une faune très riche en invertébrés sessiles tels que des éponges, des brachiopodes, des échinodermes, des bivalves, des ascidies, des bryozoaires, ainsi qu'à des organismes vagiles comme des céphalopodes et des poissons dont certains présentent un intérêt économique important (sabres, grenadiers). Parmi les invertébrés, nombre d'espèces pourraient se révéler intéressantes dans un contexte de caractérisation et d'exploitation de biomolécules d'intérêt pharmacologique par exemple.

Point de départ pour des recherches futures, ces observations ainsi que celles qui ont été réalisées depuis sur cette zone d'intérêt (en particulier par l'Agence des Aires Marines Protégées), vont servir de base à l'Observatoire Océanologique de Banyuls pour mettre en place un observatoire profond qui permettra, outre la réalisation de mesures *in situ* en continu de paramètres physico-chimiques et biologiques au sein du canyon, un suivi à long terme des communautés de coraux profonds et la mise en place de programmes de conservation de ces espèces patrimoniales et sensibles.

Contact : Philippe Lebaron, lebaron@obs-banyuls.fr

▲ Coraux froids et faune associée dans le canyon Lacaze-Duthiers



▲ *Symptômes de la Maladie des Raies Noires (Mycosphaerella fijiensis) sur une feuille de bananier.*

Autres équipes concernées par ce thème

UMR CMAEE
Contrôle des maladies Animales
Exotiques et Emergentes
(Cirad, Inra)

36 scientifiques

Directeur : Dominique Martinez,
dominique.martinez@cirad.fr

► Présentation page 17

UMR ESPACE-DEV
Espace pour le développement
(IRD, UM2, Université Antilles-Guyane,
Université de la Réunion)

60 scientifiques

Directeur : Frédéric Huynh,
huynh@ird.fr

www.espace.ird.fr

► Présentation page 62

**UMR Interactions Hôtes-vecteurs-
parasites dans les Trypanosomoses**
(Cirad, IRD)

25 scientifiques

Directeur : Gérard Cuny,
gerard.cuny@mpl.ird.fr
www.sleeping-sickness.ird.fr

► Présentation page 15

UMR ISEM
Institut des Sciences
de l'Évolution de Montpellier
(CNRS, IRD, UM2)

117 scientifiques

Directeur : Jean-Christophe Auffray,
jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr

www.isem.cnrs.fr

► Présentation page 8

... suite page 36

Gestion des risques associés aux bioagresseurs des cultures pérennes tropicales

L'unité propre de recherche (UPR) *Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes tropicales* (Cirad, département « *Systèmes biologiques* ») est l'unité héritière des travaux en défense des cultures menés au Cirad sur les cultures pérennes tropicales (cacaoyer, caféier, cocotier, hévéa, palmiers). Sa mission est de contribuer à une meilleure gestion des risques associés aux maladies et aux ravageurs.

Les bio-agresseurs réduisent la productivité des cultures, compromettent leur durabilité et affectent la qualité des produits. Ils revêtent une importance particulière chez les cultures pérennes dans la mesure où les dégâts induits sont souvent cumulatifs (plusieurs années). L'utilisation des pesticides et des biocides est une charge financière importante pour les petits planteurs et génère des effets négatifs sur l'environnement et sur la qualité des produits. Le développement de nouvelles stratégies de lutte, beaucoup moins agressives pour l'homme et son environnement, est donc un enjeu important dans nos sociétés.

Les deux objectifs principaux de l'unité sont les suivants :

- la définition d'itinéraires techniques adaptés aux systèmes de culture permettant de réduire l'impact des bio-agresseurs ;
- la construction de résistances durables aux bio-agresseurs.

Pour atteindre ces objectifs, l'UPR travaille sur deux axes principaux :

- compréhension des épidémies et des dynamiques des populations de bio-agresseurs, construction de modèles, évaluation des différentes interventions agronomiques sur les populations de bio-agresseurs ;
- identification des résistances durables dans le matériel végétal, évaluation de leur efficacité dans la maîtrise des bio-agresseurs en milieu réel.

Les modèles « plantes / bio-agresseurs » étudiés concernent les principaux organismes nuisibles du cacaoyer, du caféier, du cocotier, de l'hévéa et du palmier à huile. Certains de ces bio-agresseurs s'attaquent aux fruits, d'autres à l'appareil végétatif, aérien ou souterrain. L'identification et la hiérarchisation des facteurs influençant l'intensité des attaques ou des symptômes, s'appuient sur des observations, des enquêtes et des essais participatifs *in situ*, dans des réseaux de parcelles, en milieu paysan ou en plantations privées.



Comprendre l'origine des invasions du criquet pèlerin

A. Monard © Cirad

Le criquet pèlerin est un ravageur majeur. Ses invasions spectaculaires peuvent s'étendre sur plus de 29 millions de km² de la Mauritanie à l'Inde. Les dégâts matériels, humains et sur l'environnement peuvent être considérables. La lutte contre cet insecte représente un enjeu capital. Pour de nombreux pays en développement, il s'agit d'une priorité nationale. La stratégie de lutte préventive contre cet insecte nécessite de surveiller en permanence les conditions environnementales dans les aires d'origine des invasions, dites aires grégaires, représentant seulement 0,25 % de l'aire d'invasion. Chaque pays concerné doit disposer d'une capacité de réaction rapide pour procéder si nécessaire à des traitements préventifs contre les premières pullulations avant que l'invasion ne s'étende. La rapidité d'intervention est essentielle.

En collaboration avec les centres antiacridiens nationaux et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'unité d'acridologie du Cirad développe, sur l'Afrique, des travaux pour permettre de détecter les situations à risque. D'une part, des techniques de biologie moléculaire (marqueurs microsatellites, AFLPs) sont utilisées

pour comprendre et suivre plus précisément les migrations et les fluctuations d'effectifs des populations solitaires, pendant les phases précédant les invasions, afin d'évaluer le degré de risque. D'autre part, l'unité travaille à perfectionner l'usage de la télédétection spatiale et des systèmes d'information géographique afin de repérer encore plus précocement les conditions favorables à la reproduction du criquet. Ses habitats sont situés dans les zones désertiques, peu peuplées et peu accessibles. Les données satellitaires peuvent fournir en continu une estimation des pluies et du développement de la végétation herbacée verte, facteurs-clés pour prévoir le développement de l'insecte et les pullulations. Des satellites comme METEOSAT, SPOT-VGT, MODIS, SMOS sont utilisés et des perfectionnements sont en cours. Tous ces travaux doivent permettre de rendre encore plus efficace la stratégie de prévention contre les invasions qui a déjà montré son efficacité au long des 50 dernières années.

Contact : Michel Lecoq, michel.lecoq@cirad.fr

▲ *Le criquet pèlerin, Schistocerca gregaria Forskål, grégaire.*

Les actions de recherche sont réalisées en partenariat avec des organisations internationales (*Bioversity International, Cocoa Research Unit, PROMECafe, International Rubber Research and Development Board...*), des structures nationales de recherche (Institut de Recherche Agricole pour le Développement, *Instituto del Café de Costa Rica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária...*) et avec des opérateurs de développement. Des collaborations transversales existent avec d'autres UMR (BGPI, CBGP, DAP, etc.).

L'unité produit des connaissances dans le domaine de la biologie et de l'écologie des bio-agresseurs, de l'épidémiologie végétale et des résistances durables. Ces résultats contribuent à la mise en place d'une meilleure gestion des bio-agressions, donc à une diminution des dégâts et à une amélioration de la qualité des produits. Ces travaux sont valorisés par la diffusion de nouvelles méthodes de prévision et de maîtrise des risques biotiques et par l'identification de matériel végétal qui possède une résistance durable.

L'originalité de l'unité réside dans le caractère pluridisciplinaire des recherches entreprises qui associent mycologie, entomologie, épidémiologie, dynamique des populations, génétique, écologie du paysage, lutte intégrée, bio-statistique, dans différents contextes agro-écologiques et à des échelles allant de l'arbre au paysage en passant par l'échelle de la parcelle villageoise et de la plantation industrielle. ...

Acridiens ravageurs : stratégies de prévention et méthodes de lutte

La préservation de l'environnement, de la biodiversité, et la diminution des quantités d'insecticides nécessaires pour lutter contre les invasions de criquets sont au cœur des préoccupations de l'UPR *Écologie et maîtrise des populations d'acridiens* (Acridologie, Cirad). Elle contribue à améliorer la connaissance des acridiens ravageurs pour améliorer les stratégies de prévention et les méthodes de lutte afin de mieux gérer ce risque naturel aux conséquences économiques, sociales et environnementales catastrophiques.

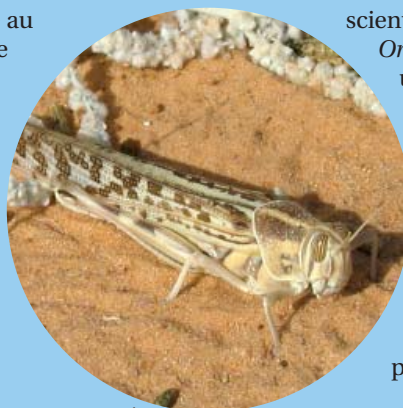
L'unité cherche, tout d'abord, à mieux comprendre les bases biologiques et écologiques des processus d'invasion acridiennes : compréhension des phénomènes d'agrégation et de grégarisation, dynamique et génétique des populations de criquets de très basse densité précédant les phases d'invasion, fonctionnement des aires grégarigènes et usage de la télédétection spatiale pour le repérage précoce des conditions écologiques favorables aux pullulations. Elle tente, par ailleurs, d'améliorer les modes de gestion du risque acridien : estimation de l'impact économique et social des criquets, justification et évaluation de l'efficacité des stratégies de lutte, détermination des modes de gouvernance des dispositifs de prévention les plus efficaces et les

plus durables, mise au point d'outils d'aide à la décision, limitation de l'impact environnemental de la lutte antiacridienne en mettant à l'épreuve les solutions alternatives aux insecticides chimiques.

L'unité est ancrée dans le pôle agronomique montpelliérain et fait partie des membres du réseau thématique de recherche avancée « Montpellier Agronomie et Développement durable » d'Agropolis Fondation. Elle est rattachée à la Structure Fédérative de Recherche (SFR) « Montpellier Environnement-Biodiversité » et est laboratoire d'accueil de l'école doctorale « Territoires, Temps, Sociétés et Développement » (voir page 81).

L'unité a développé un large réseau, mondial, de partenariats scientifiques et techniques sur le problème acridien.

Elle collabore tout spécialement avec l'université de Sydney en Australie mais aussi avec de nombreuses autres universités et organismes de recherche de par le monde (par exemple le Centre régional AGRHYMET au Niger, institution spécialisée du Comité Permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel). Elle contribue à l'animation de la Société internationale des Orthoptéristes (*Orthopterists' Society*) et de sa revue



A. Foucart © Cirad

scientifique, *Journal of Orthoptera Research*. Sur un plan opérationnel, l'unité fait partie des principaux réseaux mondiaux en acridologie regroupant des organismes techniques et scientifiques concernés par les pullulations d'acridiens.

Elle est ainsi directement impliquée dans les instances de gestion du problème du criquet pèlerin *via* les liens tissés avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (et son service d'information sur les acridiens) et la Commission de lutte contre le criquet pèlerin en région occidentale avec laquelle elle a passé un accord de coopération scientifique et technique. Des collaborations étroites existent avec de nombreux services antiacridiens, en particulier d'Afrique de l'Ouest, du Maghreb et de Madagascar. Enfin, l'unité fait partie de l'*Association for Applied Acridology International*, association internationale de scientifiques et d'experts pour l'amélioration de la gestion des problèmes acridiens. Pour son fonctionnement l'unité dispose de ressources financières du Cirad et de celles résultant de contrats de recherche, de développement et de missions d'expertise pour des partenaires publics comme privés, nationaux ou internationaux.

▲ Essaim de criquets migrants à Madagascar lors de l'invasion de 1996-2000.

Vignette - Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål, solitaire.

M. Lecoq © Cirad



▲ Suivis des mouvements d'un oiseau par télémétrie satellite pour comprendre la dispersion du virus H5NI (agent de la grippe aviaire).

N. Gaidet © Cirad

Compréhension et gestion des risques sanitaires liés aux animaux sauvages et domestiques

Dans les écosystèmes tropicaux, les populations animales sauvages sont soumises aux changements globaux, parmi lesquels la transformation des habitats et de leurs vocations, dans un contexte de changement climatique et d'intensification des échanges économiques. C'est ainsi que les contacts entre l'homme, les animaux domestiques et une faune sauvage encore bien diversifiée s'intensifient, et ce bien souvent au détriment de tous. Ces interactions « homme-faune » impliquent en effet des risques croissants à la fois pour la conservation des populations sauvages et pour le développement des communautés rurales. L'émergence, la circulation et la transmission de maladies communes aux animaux sauvages et domestiques ainsi qu'aux hommes en est un très bon exemple.

Les travaux de l'unité propre de recherche *Animal et Gestion Intégrée des Risques* (UPR AGIRs, Cirad) se focalisent sur la compréhension et la gestion des risques sanitaires liés aux populations animales sauvages et domestiques et à leurs interactions au sein de communautés.

L'UPR mène ainsi des recherches sur l'écologie des communautés animales impliquées dans l'émergence ou la persistance de zoonoses, telles que la grippe aviaire, la fièvre de la vallée du rift ou la tuberculose bovine. Elle s'intéresse plus particulièrement aux systèmes multi-espèces « homme-faune-bétail » dans des espaces faiblement anthropisés d'Afrique subsaharienne ou en zones rurales périurbaine d'Asie du Sud-Est. Les travaux portent sur l'écologie de ces communautés en s'interrogeant (1) sur les facteurs biophysiques, écologiques et anthropiques qui agissent sur l'émergence, la circulation et la persistance des pathogènes et (2) sur le rôle que peut y jouer la diversité fonctionnelle, spécifique et génétique des populations animales y compris celle des pathogènes. Une dernière question de recherche (3) concerne la mobilité des individus et des populations et leurs déterminants comme facteur de contacts entre composantes d'une communauté.

Les terrains d'études s'organisent en un réseau de sites « observatoires » complémentaires centrés sur des zones humides (Delta du Niger au Mali, Lac Aloatra à Madagascar, rizières en Asie du sud-est), sur les périphéries des espaces protégés (parc transfrontalier du Limpopo en Afrique australe) ou en forêt humide (Gabon). L'UPR s'intéresse aux herbivores (buffle africain), à l'avifaune aquatique (*Anatidae*, *Laridae*, Limicoles...) mais

aussi aux Suidae (potamochères) et aux congénères domestiques (bovins, volailles, porcs). Ces travaux d'écologie de terrain bénéficient au sein de l'UPR—ou au travers de partenariats—d'un appui en système d'information géographique (SIG), télédétection, bio-statistique, modélisation et analyses sérologiques ou virologiques.

L'unité coordonne ou participe à des projets financés par l'Agence Nationale de la Recherche, le ministère français des Affaires étrangères et européennes (Fonds de solidarité prioritaire), l'Union européenne ainsi que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ou l'Organisation mondiale de la santé animale. Elle entretient un partenariat important avec des unités de recherche du CNRS et de l'Inra, avec les écoles vétérinaires, avec les universités *via* la participation à des masters Recherche et des écoles doctorales (dont UM2, Paris 6 et 10).

Elle collabore également avec des équipes européennes (dont Erasmus et Wageningen, Pays-Bas, Padova, Italie, Kalmar, Suède, Londres, UK), des universités du Sud (dont les universités du Zimbabwe, de Pretoria, du Niger, de Thaïlande), le réseau des Instituts Pasteur ou l'*United States Department of Agriculture* (USDA). Sur le terrain et pour le volet relatif à la surveillance et aux contrôles des maladies, l'UPR travaille avec les services vétérinaires et les gestionnaires des espaces protégés. ...

Biodiversité et fonctionnement des réseaux trophiques des écosystèmes marins côtiers

La biodiversité des systèmes écologiques concerne non seulement celle des organismes qui les composent mais aussi celle de leurs nombreuses interactions (prédation, compétition, mutualisme, parasitisme, etc.). Ces relations entre organismes impliquent que l'extinction d'une espèce peut provoquer une disparition ou une prolifération des autres espèces directement ou indirectement *via* des réactions en cascades. Les organismes et les interactions qui les lient forment les réseaux trophiques, et la diversité des organismes et de leurs interactions influence la stabilité et la résilience de ces réseaux face aux changements environnementaux.

Dans les écosystèmes marins, deux types principaux de réseau trophique peuvent être distingués : le réseau trophique classique—ou herbivore—dominé par les communautés phytoplanctoniques (producteurs primaires), généralement de grande taille, alimentant le zooplancton et les poissons, et le réseau trophique microbien dominé par les communautés microbiennes autotrophes (cyanobactéries, phytoplancton de petite taille) et hétérotrophes (flagellés et ciliés). Le réseau microbien domine plutôt dans les zones oligotrophes ou pendant les périodes peu productives des écosystèmes marins contribuant peu à l'exportation de matière à l'inverse du réseau

herbivore jouant un rôle significatif dans la séquestration du carbone dans les zones océaniques.

Il est avéré que les activités humaines modifient de plus en plus l'environnement et que ces modifications concernent aussi bien des changements climatiques à l'échelle globale (comme l'augmentation de température, des radiations ultraviolettes et de la pression de gaz carbonique) que ceux plus localisés (comme l'eutrophisation et la surpêche). Les changements environnementaux affectent les réseaux trophiques planctoniques soit directement en modifiant la physiologie des organismes, soit indirectement en modifiant les interactions entre les communautés, et/ou *via* le changement des facteurs abiotiques (comme la disponibilité en nutriments). Afin de comprendre les modifications de la diversité des réseaux trophiques et du fonctionnement des écosystèmes marins côtiers consécutives aux changements environnementaux, il est indispensable de prendre en compte aussi bien leurs effets directs que ceux indirects, ce qui est appréhendé par l'UMR ECOSYM.

Contact : Marc Bouvy, marc.bouvy@ird.fr

Autres équipes concernées par ce thème

UMR TETIS

Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale

(AgroParisTech, Cemagref, Cirad)
58 scientifiques dont 10 impliqués
dans la thématique « Biodiversité »

Directeur : Jean-Philippe Tonneau
jean-philippe.tonneau@cirad.fr
<http://tetis.teledetection.fr>

► Présentation page 54

UR Biens et Services des Écosystèmes Forestiers Tropicaux : intégrer les enjeux liés aux changements globaux

(Cirad)

36 scientifiques

Directeur : Alain Billand,
alain.billand@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/bsef

► Présentation page 49

UR Green

Gestion des Ressources Renouvelables Environnement

(Cirad)

15 scientifiques

Directrice : Martine Antona,
urgreen-perm@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/Green

► Présentation page 60

USDA-ARS-EBCL

Laboratoire Européen de Lutte Biologique

9 scientifiques

Directeur : Kim Hoelmer,
khoelmer@ars-ebcl.org
www.ars-ebcl.org

► Présentation page 20

Écologie marine, biogéochimie, microbiologie et biologie d'organismes modèles marins

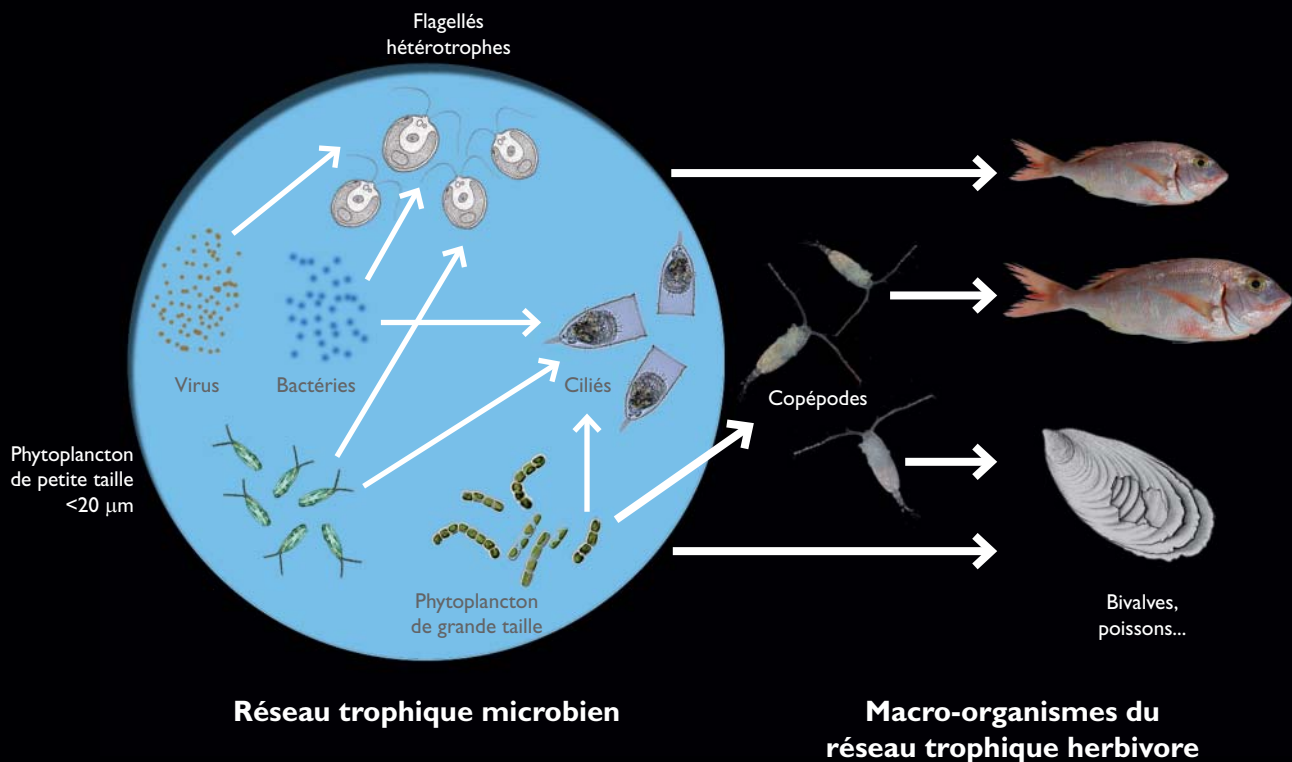
Le laboratoire ARAGO (*Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer*, CNRS, IRD, UPMC) est un lieu privilégié pour l'étude de la biodiversité dans le département des Pyrénées-Orientales et, plus généralement, en Languedoc-Roussillon. Situé sur une côte rocheuse, à l'extrémité orientale de la chaîne des Pyrénées, et à l'extrémité Ouest du Golfe du Lion, ce site bénéficie d'un environnement exceptionnel par la diversité des biotopes qui se succèdent entre les sommets du Mont Canigou et de la forêt de la Massane et les profondeurs des canyons sous-marins. Cette richesse biologique est en partie liée à ce gradient d'altitude qui va de près de 1 000 mètres au niveau de la Massane à moins de 1 000 mètres sous la surface de la mer, en moins de 60 kilomètres.

Ce laboratoire a quatre grandes missions : la formation et la diffusion des connaissances, la recherche, l'observation et l'accueil. Devenu un laboratoire du CNRS en 1967, et une école interne de l'Université Pierre

et Marie Curie (UPMC) en 1985, le laboratoire a rapidement adopté le statut d'Observatoire Océanologique de l'Institut National des Sciences de l'Univers. À ce titre, il assure un suivi régulier et à long terme de différents paramètres du milieu. Ce suivi intègre aujourd'hui des paramètres biologiques. Il entretient des liens très étroits avec les collectivités territoriales en leur apportant son expertise dans le domaine de l'environnement littoral et côtier.

À son origine, le laboratoire servit d'abord de base pour la récolte de matériel et il devint rapidement le cadre de multiples découvertes dont celles des canyons et de leur richesse biologique, de la division cellulaire chez l'oursin ou encore du plus petit eucaryote connu à ce jour, sans compter la découverte et la description, encore aujourd'hui, de très nombreuses espèces biologiques. Il a toujours été fréquenté et dirigé par des chercheurs internationalement reconnus et plusieurs prix Nobel y ont séjourné.

Le laboratoire dont les recherches ont toujours été orientées vers l'étude de la biodiversité a donné naissance à deux réserves naturelles (forêt de la Massane, réserve marine de Cerbère-Banyuls). Dans le domaine terrestre, les recherches actuelles sont des recherches accueillies.



▲ Schéma simplifié du réseau trophique microbien et du réseau trophique herbivore. Les flèches mettent en évidence la prédation et/ou la filtration des proies par les prédateurs.

B. Mostajir & F.Vidussi © Équipe RESEAUX

Les recherches se déclinent en plusieurs domaines d'excellence que sont l'écologie marine, la biogéochimie, la microbiologie et la biologie d'organismes modèles marins (oursin, *Ostreococcus*, Amphioxus, Loup...). Elles s'appuient sur de solides partenariats nationaux, européens et internationaux et de fortes collaborations avec le monde industriel, notamment dans le domaine des biotechnologies marines et de la pharmacologie. Quatre UR sont intégrées au sein de l'observatoire dont trois unités CNRS/UPMC :

- LOMIC (Laboratoire d'Océanographie Microbienne) ;
- LECOB (Laboratoire de d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques) ;
- BIOM (Laboratoire de Biologie Intégrative des Organismes Marins) ;
- COREUS (Laboratoire de Biocomplexité des écosystèmes coralliens, unité IRD/UPMC).

Une unité de service (US) apporte son soutien aux UR grâce à la mise en commun de moyens logistiques et analytiques et coordonne également les autres missions de l'observatoire.

Dans le cadre de sa mission de diffusion des connaissances, le laboratoire développe un vaste programme de médiation scientifique dont l'objectif est de

faire découvrir à différents publics, dont les scolaires, la biodiversité méditerranéenne marine et terrestre au travers d'un espace de médiation scientifique appelé « Biodiversarium ». Cette structure se décline en deux sites de vulgarisation des connaissances : l'aquarium et le jardin méditerranéen. Des espaces interactifs ouverts au public permettent de faire découvrir les espèces méditerranéennes terrestres et marines mais aussi les recherches menées au laboratoire et de faire découvrir aux plus jeunes le métier de chercheur.

Le laboratoire ARAGO a récemment été reconnu par la communauté européenne comme l'une des grandes infrastructures de recherche en biologie marine pour les 20 prochaines années.

Changements environnementaux et écosystèmes marins côtiers

La dynamique des écosystèmes marins côtiers est dépendante des activités anthropiques locales qui se surajoutent aux modifications globales des changements climatiques, pouvant entraîner l'altération de la structure des

communautés d'espèces ainsi que le dysfonctionnement général de l'écosystème. Dans ce contexte, l'UMR *Écologie des systèmes marins côtiers* (ECOSYM CNRS, IRD, UM2) focalise ses recherches sur l'étude des « effets des changements locaux et globaux liés à l'anthropisation sur les écosystèmes marins côtiers, les communautés, les populations et les organismes qui les composent ». Elle repose sur l'analyse de la diversité de ces systèmes écologiques en considérant les principales catégories de micro- et macroorganismes présentes à différentes échelles d'organisation et de leurs réponses aux modifications des facteurs environnementaux.

La démarche scientifique d'ECOSYM est orientée par (i) la définition d'un type d'objet (les écosystèmes marins côtiers, les communautés et les populations qui les composent), (ii) la formalisation des questions relatives aux conséquences des changements environnementaux sur les principales composantes biologiques (du niveau individuel à celui de l'écosystème), et (iii) l'élaboration ou le développement d'outils permettant de comprendre et d'anticiper les effets de ces changements. ...



M. Taquet. © FADIO/IRD-Ifremer

Ces approches s'appuient sur le couplage entre les trois piliers méthodologiques qui supportent l'acquisition des connaissances et l'analyse des systèmes écologiques : l'observation, l'expérimentation et la modélisation. Les approches conceptuelles et les supports méthodologiques doivent aussi s'inscrire dans les dimensions spatiales et temporelles qui caractérisent les systèmes marins côtiers. Au-delà de la compréhension des actions des facteurs physico-chimiques sur les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des écosystèmes marins côtiers, il s'agira d'étudier particulièrement les interactions homme-littoral-mer, benthos-pelagos, macroorganismes-microorganismes qui sont au cœur des équilibres/déséquilibres constatés.

Les trois priorités scientifiques d'ECOSYM sont :

- décrire, comprendre et modéliser les effets des changements environnementaux d'origine locale et globale sur les composantes biologiques (réseaux, communautés, populations, organismes) des milieux marins côtiers en termes de capacités adaptatives, de diversité et d'interactions ;
- estimer les conséquences des modifications structurelles au sein des assemblages de micro- et macroorganismes sur les fonctions qu'ils exercent dans leurs écosystèmes ;

■ contribuer à l'élaboration des bases conceptuelles et méthodologiques pour la gestion des ressources et des services écosystémiques fournis par les milieux marins côtiers.

L'UMR dispose d'un potentiel de recherche et de formation dans le domaine de l'écologie et de la biologie marine côtière, remarquable à plusieurs titres :

- mixité des personnels (organismes d'appartenance et missions) ;
- équilibre entre potentiels de recherche et de formation ;
- masses critiques atteintes par grandes catégories de compartiments biologiques.

Différents supports techniques mutualisés permettent la mise en œuvre des activités de recherche d'ECOSYM : deux services communs, six plateaux techniques et une plateforme de Microbiologie Expérimentale (MICROBEX) situés sur le campus de l'UM2, et le site d'expérimentation et d'observation MEDIMEER (*Mediterranean Platform for Marine Ecosystem Experimental Research*) localisé à la Station Méditerranéenne de l'Environnement Littoral (UM2) à Sète qui constitue le second site métropolitain d'implantation de l'unité. La création de la plateforme de microbiologie expérimentale permet à la fois de regrouper une partie des soutiens techniques de l'unité qui concernent la culture et la caractérisation des microorganismes, de conforter

nos capacités expérimentales *in vitro* en petit volume et de créer une interface entre ces moyens et des utilisateurs extérieurs. Deux implantations secondaires (Dakar, Hanoï) permettent de développer des projets de recherche et de formation en partenariat sur les thématiques de l'unité dans les pays du Sud.

Changements globaux et écosystèmes marins exploités

L'UMR *Écosystèmes marins exploités* (EME, Ifremer, IRD, UM2), a pour objectif d'étudier l'impact des changements globaux sur les écosystèmes marins, leur gouvernance et leur exploitation et de définir des scénarios d'évolution à l'aide de modèles et d'analyses empiriques.

L'UMR EME est composée de trois équipes de recherche, et de trois pôles transversaux :

- L'équipe de recherche *Habitats et dynamique des ressources (organisation et stratégies adaptatives des ressources halieutiques)* étudie la structuration des différents niveaux des écosystèmes marins à méso-échelle en relation avec le changement global. Elle s'intéresse à la corrélation de la dynamique spatio-temporelle de la productivité, des interactions trophiques et des dynamiques des populations avec les dynamiques physiques.



▲ Banc multi spécifique de poissons sous un dispositif de concentration de poissons dans l'océan Indien.

BIOPS : Biodiversité des milieux Pélagiques marins de l'Océan Indien

Si les écosystèmes terrestres ont fait l'objet d'attentions particulières dans la communauté scientifique, les écosystèmes marins pélagiques restent encore méconnus du fait de leur accès difficile, alors que la biodiversité marine est une richesse naturelle et culturelle pour de nombreux pays du Sud comme les îles de l'Océan Indien. Le programme BIOPS, financé par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, vise à étudier la biodiversité marine pélagique dans l'Ouest de l'Océan Indien à travers un large éventail de sources de données dans l'objectif de caractériser cette biodiversité pélagique et d'en assurer son suivi. Le projet s'attache à établir un inventaire de la biodiversité pélagique à partir de divers « échantillonneurs » qui sont, pour la première fois, réunis et utilisés dans cet objectif : (i) les bateaux de pêche de grands poissons pélagiques (observateurs embarqués sur les palangriers), (ii) les grands poissons prédateurs qui échantillonnent les niveaux trophiques intermédiaires par leur comportement alimentaire opportuniste, (iii) les dispositifs de concentration de poissons qui ont la capacité naturelle d'agréger de nombreuses espèces pélagiques. Les analyses visent (i) à déterminer les indices les plus pertinents pour caractériser la biodiversité pélagique à partir de cet ensemble varié de données, (ii) à analyser leur évolution temporelle et spatiale.

Outre un état des lieux de la biodiversité marine pélagique dans l'ouest de l'Océan Indien, incluant analyses rétrospectives et nouvelles données acquises au cours du projet, BIOPS proposera également à son terme des méthodes de suivi (*monitoring*) de cette biodiversité incluant des systèmes de collectes de données régulières et originales par les pays du Nord et les pays du Sud, et des outils d'analyses rapides et robustes pour déceler des changements de cette biodiversité et les causes de ces évolutions (changements climatiques ou anthropiques).

Contact : Frédéric Ménard, Frederic.Menard@ird.fr

■ L'équipe de recherche *Réseaux trophiques et biodiversité* étudie le fonctionnement des écosystèmes en utilisant des traceurs (contenus stomacaux, isotopes stables, contaminants) et des modèles couplés spatialisés permettant de mieux comprendre la résilience et les changements de régime.

■ L'équipe de recherche *Exploitation, filières et gouvernance* s'intéresse à la dynamique des marchés mondiaux et le comportement des acteurs (couplages bioéconomiques à grande échelle, stratégie des flottilles, gestion des rejets et prises accessoires), à la gouvernance des pêcheries et leur évolution dans le cadre de l'approche écosystémique.

Le pôle *Observatoire méditerranéen et tropical* est structuré en deux équipes :

■ L'Observatoire méditerranéen et tropical assure le suivi statistique et scientifique des pêches tropicales thonières françaises de surface dans les océans atlantique et indien et le suivi des pêches côtières méditerranéennes.

■ Le projet Écoscope est un dispositif de capitalisation, de valorisation et de diffusion des savoirs acquis au sein de l'unité.

Le pôle *Expertise des Pêcheries tropicales et méditerranéennes* recouvre les activités ayant trait aux diagnostics et avis individuels ou collectifs sur les pêcheries et sur les ressources dans le cadre de l'approche écosystémique des pêches.

Le pôle *Enseignement-Formation* encadre la formation universitaire et le réseau des écoles doctorales :

■ au niveau national, avec le module « Approche écosystémique des ressources marines exploitées » dispensé en master M2 et en doctorat au sein de la formation « Bioressources aquatiques en environnement méditerranéen et tropical » de l'école doctorale « Systèmes intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences et Environnement » ;
■ au niveau européen, sur le thème de « l'écologie marine quantitative » avec l'appui du Consortium EUR-OCEANS (*European Network of Excellence for Ocean Ecosystems Analysis*) hébergé au Centre de recherche halieutique méditerranéenne et tropicale de Sète (France).

Microorganismes des écosystèmes marins et changements globaux

Les microorganismes jouent un rôle essentiel dans la structuration et le fonctionnement des écosystèmes marins. Ils participent aux transformations chimiques qui, à l'échelle géologique, ont déterminé la composition de l'atmosphère et l'équilibre des principaux sels nutritifs des océans dont dépend le phytoplancton pour effectuer la production primaire.

L'ensemble de ces processus sont en interaction avec l'atmosphère et affectent le climat.

Le défi posé aux scientifiques est de décrire et comprendre les contrôles environnementaux des communautés microbiennes marines de manière à prédire les conséquences des changements globaux sur la biologie et la chimie des océans. Les manifestations des changements globaux incluent non seulement les modifications de la température des océans, de la circulation, de la disponibilité des sels nutritifs et du pH liées à l'augmentation des gaz à effet de serre, mais aussi l'altération de l'environnement marin associée à une pression anthropique croissante (destruction d'habitats, eutrophisation, pollution, etc.).

L'introduction des outils moléculaires il y a 20 ans à l'étude des micro-organismes dans les océans a permis de révéler une exceptionnelle diversité phylogénétique et fonctionnelle qui reste encore largement inexplorée. Alors que moins d'1 % des bactéries marines sont à ce jour cultivables au laboratoire, le développement de nouvelles approches culturelles des micro-organismes reste un challenge constant pour les microbiologistes afin de décrire les propriétés écologiques et biotechnologiques d'espèces encore inconnues. ...



© O. Rué & F. Marret

▲ Banc d'arguin, Nouakchott, Mauritanie.

Dans ce contexte, les objectifs du **Laboratoire d'Océanographie Microbienne** (UMR LOMIC, CNRS, UPMC) de Banyuls-sur-Mer sont :

- d'identifier les principaux acteurs et quantifier les processus-clés qui déterminent les propriétés biogéochimiques de l'océan ;
- de comprendre le lien entre la diversité des communautés microbiennes, leurs fonctions/activités métaboliques, et les caractéristiques de l'environnement ;
- d'étudier le lien entre la physiologie des micro-organismes et leur environnement ;
- de valoriser les micro-organismes marins en partenariat avec le monde industriel.

Pour répondre à ces différentes questions, le LOMIC s'est structuré en quatre équipes :

- Réponses et fonctions des micro-organismes en biogéochimie marine
- Biodiversité et biotechnologie microbiennes
- Équipe mixte Pierre Fabre/ CNRS/ UPMC
- Biologie systémique des réponses environnementales

Les différentes compétences regroupées au sein du LOMIC (biogéochimie, génétique, physiologie intégrative) sont mises en synergie afin de proposer des approches originales couplant les techniques des « omiques » (génomique, métagénomique, transcriptomique, protéomique) aux mesures biogéochimiques associées aux micro-organismes. Ces recherches sont conduites

dans différents environnements océaniques (e.g. Méditerranée, Océan Indien, Océan Arctique) et sont couplées à un travail de laboratoire lié à l'étude de la physiologie de modèles de micro-organismes marins tels que la microalgue *Ostreococcus tauri* et à l'isolement et la description de nouvelles souches bactériennes ainsi qu'à la recherche de leurs potentialités en termes de bioremédiation et de production de biomolécules à intérêt pharmacologique et dermo-cosmétique.

Le travail du LOMIC s'appuie sur le service d'observation, la souchotèque de bactéries marines ainsi que les plateformes de cytométrie et de biologie moléculaire de l'Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer.

Structures et fonctions des écosystèmes coralliens

Les écosystèmes coralliens représentent, avec les mangroves et les herbiers marins, les habitats majeurs du littoral des zones tropicales et intertropicales. Réservoirs de biodiversité, complexité des réseaux trophiques et des interactions biotiques, forte structuration spatiale et production élevée, sont les caractéristiques majeures de ces écosystèmes. Complexes et fragiles, le récif corallien et les écosystèmes associés sont en danger ainsi que les quelques 500 millions de personnes, qui en dépendent directement ou

indirectement dans une centaine de pays, pour la plupart du Sud. La France, avec 55 000 km² de récifs coralliens, a la responsabilité d'un des plus grands ensembles récifaux au monde. Acquérir les connaissances fondamentales sur la biodiversité pour promouvoir les concepts de gestion durable du développement est essentiel à la préservation de ces écosystèmes.

L'état de santé des récifs coralliens, leur biodiversité et leur devenir, dans le contexte d'un changement global, interpellent la communauté scientifique. Ces questions dont la composante sociétale est importante, se traduisent par des recherches visant à étudier la biocomplexité de ces écosystèmes. L'UR **Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique** (COREUS, IRD, UPMC) tente d'y répondre en étudiant la structure de l'écosystème corallien et ses fonctions à différentes échelles spatiales et organisationnelles. Il s'agit par exemple d'analyser les mécanismes d'érosion de la biodiversité et ses conséquences à long terme sur le fonctionnement et notamment les services de l'écosystème. Cette démarche permet de mieux comprendre la résistance et la résilience des systèmes en s'intéressant notamment aux changements de phase. L'unité est souvent amenée à établir un diagnostic de l'état de santé des récifs, quantifier l'efficacité des mesures de protection mises en place et décliner les stratégies de conservation qui peuvent être proposées pour maintenir la biodiversité, les services

écosystémiques et la ressource halieutique en milieu corallien.

Outre l'observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer, l'unité compte quatre autres implantations géographiques, dans les océans Pacifique et Indien ainsi que dans les Caraïbes. Son implantation principale est en Nouvelle-Calédonie. L'UR regroupe un large éventail de compétences en biologie et en écologie, en taxonomie, en phylogénie, en biogéographie et phylogéographie, en génétique des populations, en halieutique et gestion des ressources, ainsi qu'en télédétection marine et modélisation. La diversité des compétences permet de développer une approche comparative, intégrée et multidisciplinaire, et d'apporter des réponses aux grands problèmes biocomplexes auxquels l'écosystème corallien ainsi que les autres grands écosystèmes de la planète sont confrontés aujourd'hui.

Outre les budgets récurrents des tutelles, l'unité bénéficie de financements de l'Agence Nationale de la Recherche de l'Europe (Fonds européen de développement), des territoires (programme ZONECO)

des appel à projets du ministère de l'Outre-Mer et du Fonds Pacifique, de l'Agence Française de Développement (*Coral Reef Initiative for South Pacific*) et enfin du ministère de l'Environnement par le programme IFRECOR (Initiative Française pour les REcifs Coralliens). COREUS est membre du groupe de recherche international « Écosystèmes coralliens » et participe au groupe de recherche *BioChiMar* (biodiversité et chimiodiversité marines). L'unité inscrit ses activités scientifiques dans le cadre du Grand Observatoire de la biodiversité marine et terrestre du Pacifique Sud où elle anime l'axe dédié au volet marin.

Biodiversité des environnements benthiques

Les environnements benthiques sont par nature des zones de transfert, de transformation et d'accumulation de la matière. Cette matière sert de support à des communautés très diversifiées, des microorganismes à la macrofaune, en passant par la meiofaune dont la taille des individus ne dépasse pas le millimètre et qui jouent un rôle majeur

dans sa transformation. À l'interface eau-sédiment, la combinaison des ressources énergétiques et des contraintes environnementales exerce une pression très forte sur les communautés benthiques et favorise la mise en place de consortiums complexes capables d'exploiter l'énergie disponible.

Comprendre les mécanismes qui gouvernent l'établissement de la biodiversité en réponse à la disponibilité de la ressource ainsi que leurs relations réciproques le long du continuum côtier-profond, est l'objectif central des recherches du **Laboratoire d'Écogéochimie des Environnements Benthiques** (LECOB, CNRS, UPMC). La démarche privilégiée par le laboratoire se concentre sur l'existence d'interactions d'intensités variables entre organismes entre eux et avec les composantes chimiques et physiques de leur environnement. Elle vise à poser les bases, au travers de l'étude de réseaux « écogéochimiques » complexes, d'une approche nouvelle des relations entre diversité des communautés, transfert d'énergie et processus de transformation de la matière dans les environnements benthiques. ...



F. Lebaron © Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer



▲ Etude des impacts de l'activité minière sur les récifs et lagons de Nouvelle-Calédonie.

Écosystèmes coralliens et gestion durable

En Nouvelle-Calédonie, le défi est de savoir jusqu'à quel point les richesses littorales et côtières peuvent supporter sans dégradation irréversible la multiplication des activités humaines, notamment celles liées à l'exploitation du nickel qui constitue le moteur économique de ce pays. Évaluer les perturbations qui en résultent, directement ou indirectement, constitue un enjeu crucial. Pour y répondre, l'unité de recherche COREUS et ses partenaires, en collaboration avec les collectivités territoriales, ont développé dans la province Nord le projet « Cogestion des récifs et lagons à forte valeur patrimoniale en Nouvelle-Calédonie » (COGERON). Ce projet accompagne le projet minier Koniambo de la région Voh-Koné-Poinbout. Il s'agit notamment de donner aux parties les moyens pour

organiser la fréquentation du lagon et la pêche, et ainsi limiter les dégradations du milieu.

De 2006 à 2008, des enquêtes de pêche et des suivis de l'activité de pêche de crabes et de poissons récifaux, ont montré l'importance de la pêche non-professionnelle dans cette zone. Si aujourd'hui la pression de la pêche y reste encore raisonnable, on peut prédire un risque de surexploitation des ressources avec l'augmentation de la pression anthropique dans cette zone. Ce risque pourra être mieux géré grâce aux résultats de ces études.

Contact : Claude Payri, claud.payri@ird.fr

Projet « Identification et analyse des principes de fonctionnement du littoral Est-malgache : vers une gestion intégrée »



E.Rakotoarisoa © Cirad

▲ Usages contraires de la mer à Madagascar : pêche côtière et exploitation pétrolière.

Les littoraux malgaches présentent un intérêt écologique et économique majeur pour le développement durable de Madagascar et de la région de l'Océan Indien. Par exemple, les récifs coralliens et les mangroves, sites de reproduction des crevettes et de la plus grande partie de la faune littorale, représentent un revenu potentiel annuel respectivement d'environ 100 à 200 millions d'euros. Ce revenu inclut les services environnementaux que ces habitats procurent. Maintenir la diversité, la santé, les complémentarités des écosystèmes littoraux malgaches est donc essentiel. Or, aujourd'hui, les écosystèmes littoraux sont gravement menacés par des phénomènes naturels mais surtout par les activités humaines. Ces constats suscitent des questions sur l'urgence et la nécessité d'instaurer de modes de gestion adéquats aux espaces littoraux : qu'en est-il de la possibilité de mettre en place une gestion intégrée des littoraux malgaches et quels sont les modes de suivi-évaluation pertinents à instituer pour aboutir à la protection des littoraux et surtout au développement durable ?

Pour répondre à ces questions, cette étude se fonde sur une approche de type systémique, qui favorise la prise en compte des différentes échelles où s'opèrent des interactions significatives entre les composantes de la biodiversité, les modalités d'organisation sociale, les politiques publiques (internationales et nationales), les formes de gouvernance locale et les activités économiques de mise en valeur. Ce travail permet une meilleure connaissance des caractéristiques des écosystèmes présents à Madagascar et de leurs modes de gestion. Financé par l'Institut Français de la Biodiversité, le CNRS et l'IRD, ce projet étudie la région Est de Madagascar, caractéristique en matière de biodiversité des littoraux. Il implique des chercheurs du Nord et du Sud, issus de diverses disciplines (droit, économie, biologie, sociologie, anthropologie, informatique).

Contact: Philippe Karpe, karpe@cirad.fr

Pour plus d'informations : <http://sites.google.com/site/gizcmadagascar>

Le laboratoire dispose d'un large éventail de compétences en biologie, écologie, biochimie, ainsi qu'en océanographie physique, chimie et biogéochimie marines. Ces compétences permettent de développer des approches intégrées multidisciplinaires sur des environnements modèles tels que les deltas sédimentaires profonds des fleuves, les canyons sous-marins ou les écosystèmes chimiosynthétiques profonds. En complément de l'observation à long terme de la biodiversité et de la modélisation des interactions entre processus chimiques, physiques et dynamique

des communautés benthiques et des populations, le LECOB s'investit dans la mise en place d'expérimentations *in situ* et en mésocosme afin de paramétrer et de valider ces modèles.

Outre sa dotation propre de l'institut écologie et environnement du CNRS, l'unité bénéficie de financements de ses recherches par deux projets de l'Agence Nationale de la Recherche, deux projets « Ecosphère Continentale et Côtière », un projet de chaire de la Fondation Total, deux projets européens dont un réseau de formation par la recherche. Le LECOB participe au Réseau National

des Stations Marines et au groupe de recherche ECCHIS dédié aux écosystèmes chimiosynthétiques. Il anime par ailleurs, au niveau international, un groupe de travail du *Scientific Committee for Ocean Research* et un groupement de recherche européen du CNRS DiWOOD (*Diversity of organisms associated with marine wood falls*). ■





H. Farrugior © Ifremer

▲ *Mosaïque romaine du haut empire (27 avant JC – 395 après JC), musée de Sousse, Tunisie.*

Sociétés et *biodiversité*

L'intérêt des sciences humaines et sociales (SHS) pour la diversité du vivant est bien antérieur à l'invention du mot « biodiversité ». Mais avec les débats occasionnés par la préparation et l'analyse de la Convention sur la diversité biologique, la biodiversité est devenue l'un de leurs objets de recherche à part entière. Cette convention reconnaît explicitement que la diversité des cultures humaines fait partie intégrante de la biodiversité et l'article 8j souligne le rôle central des « populations locales et autochtones » dans la gestion de la diversité naturelle. Cependant, l'intérêt des SHS pour la biodiversité ne se restreint pas à cette composante humaine et socioculturelle, mais englobe l'ensemble des relations entre *biodiversité, sociétés et développement*.

Plus récemment, l'importance sociétale de la biodiversité a été largement reconnue grâce au processus du *Millennium Ecosystem Assessment* (2001-2005) et à la clarification de la notion de services écosystémiques qui propose un cadre intégrateur pour analyser la valeur sociale des écosystèmes et de la biodiversité. La caractérisation d'une vingtaine de services d'approvisionnement, de régulation, mais aussi « socio-symboliques et culturels », permet de disposer d'une typologie exhaustive des relations que les groupes sociaux entretiennent avec les écosystèmes et la biodiversité.

Trois niveaux d'analyse offrent des approches complémentaires :

- l'étude des usages des écosystèmes et de la biodiversité, par les populations en interaction forte avec les milieux, mais aussi pour celles qui se pensent non-dépendantes de ces services ;
- l'identification, sans à priori, des valeurs, réelles, supposées ou discursives, que ces usages et, parfois, des « non-usages » revêtent pour des populations ;
- l'analyse des politiques et stratégies publiques et privées qui contribuent avec plus ou moins d'efficacité à la conservation de la diversité naturelle.

Il semble évident que ces questions ouvrent sur des approches pluridisciplinaires : elles trouvent dans chaque cadre conceptuel des significations spécifiques et des instruments d'analyse dont la confrontation permettra de préciser la pertinence et les ramifications. Il faut également souligner qu'elles offrent un champ prometteur tant pour le déploiement de travaux académiques que pour des projets plus finalisés, ainsi que dans les économies industrielles et les pays en développement.

Dans les pays du Sud, la valorisation des espèces, des écosystèmes et des processus écologiques, apparaît souvent comme une des conditions d'un développement économique et social durable. Une partie des recherches développées avec les partenaires du Sud porte sur les multiples et complexes formes

d'interaction entre diversité biologique et pratiques sociales sur la nature. Revisiter les « savoirs locaux » à l'heure de la mondialisation, interroger la constitution de « patrimoines naturels » au Sud, comprendre les relations entre diversité génétique des plantes cultivées et fonctionnement des réseaux sociaux, évaluer les enjeux et la faisabilité du transfert au Sud d'instruments de valorisation des « produits de la biodiversité » (tels les indications géographiques, écolabels), rapprocher connectivité écologique et connectivités socio-territoriales au sujet des aires protégées, questionner l'origine politique des conflits autour de la biodiversité et aborder les questions de justice environnementale qui s'y rattachent... Autant de chantiers pour lesquels nos équipes ont apporté des approches novatrices et des connaissances originales.

Au fil des ans, la biodiversité est devenue un enjeu central des relations politiques internationales, les pays du « Sud » renvoyant souvent le « Nord » à ses responsabilités dans la crise de la biodiversité et posant la question du partage des bénéfices issus de la valorisation des richesses biologiques portées par leurs territoires ou demandant compensation pour les services rendus par la conservation. La mise au point d'accords sur les systèmes de propriété, de protection et de valorisation des éléments de la biodiversité, constitue un enjeu majeur. Nous avons très largement investi ces questions, avec des études reconnues sur les marchés des ressources génétiques, les problèmes de bio-prospection ou les questions liées à l'accès et au partage des avantages, ou encore sur le rôle prépondérant des organisations non gouvernementales dans la gouvernance de la biodiversité.

Le défi majeur qui se pose à la recherche est de repenser l'évolution et la gestion de la biodiversité dans le cadre des urgences socio-environnementales du XX^{ème} siècle. La vulnérabilité des sociétés et des territoires du(des) Sud(s) est directement corrélée aux relations complexes entre changement climatique, accaparement des ressources naturelles pour la sécurité alimentaire ou énergétique, mouvements migratoires, aggravation de la pauvreté des utilisateurs directs de la biodiversité, et la marginalisation croissante des populations minoritaires ou autochtones.

Ainsi, au sein des différentes équipes et organismes qui portent cet ensemble de travaux sur la diversité des relations sociétés/biodiversité, on trouve à Montpellier un large éventail de recherches, tant au niveau disciplinaire que thématique, dont celles qui suivent ne sont que l'esquisse d'un panorama varié, riche, large et en devenir.

**Jean-Michel Salles (UMR LAMETA)
& Bernard Moizo (UR Dynamiques socio-environnementales et gouvernance des ressources)**

Sociétés et *biodiversité*

Les équipes principales

Bioversity International (CGIAR)

Plus de 300 employés dans 20 pays
Directeur général : Emile Frison,
représenté à Montpellier
par **Stephan Weise,**
s.weise@cgiar.org
www.bioversityinternational.org
► Présentation page 52

Tour du Valat 25 scientifiques

Directeur : Jean Jalbert,
jalbert@tourduvalat.org
www.tourduvalat.org
► Présentation page 53

UMR LAMETA Laboratoire Montpellierain d'Économie

Théorique et Appliquée
(CNRS, Inra, Montpellier SupAgro, UMI)
Une quarantaine de scientifiques
Directeur : Jean-Michel Salles,
sallesjm@supagro.inra.fr
www.lameta.univ-montp1.fr
► Présentation page 46

UMR TETIS Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale

(AgroParisTech, Cemagref, Cirad)
58 scientifiques dont 10 impliqués
dans la thématique « Biodiversité »
Directeur : Jean-Philippe Tonneau
jean-philippe.tonneau@cirad.fr
<http://tetis.teledetection.fr>
► Présentation page 54

UR Dynamiques socio-environnementales et gouvernance des ressources (IRD)

30 scientifiques dont 20 impliqués
dans la thématique « Biodiversité »
Directrice : Geneviève Michon,
genevieve.michon@ird.fr
www.mpl.ird.fr/ur199
► Présentation page 48

... suite page 48

Économie de la *biodiversité et des services* liés aux écosystèmes

Le **Laboratoire Montpellierain d'Économie Théorique et Appliquée** (UMR LAMETA, CNRS, Inra, Montpellier SupAgro, UMI) conduit des travaux en sciences économiques, organisés autour de cinq axes thématiques : économie et finance comportementales, choix publics et éthique sociale, économie de la concurrence et de la réglementation, politiques de développement durable et gestion des ressources naturelles, économie de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes.

Pour chacun de ces axes, l'objectif est d'associer de façon constructive et productive les réflexions fondamentales—bénéficiant de collaborations internationales et valorisées par des publications académiques et la formation de doctorants—et des études plus finalisées, donnant lieu ainsi à des partenariats avec des institutions françaises et européennes.

L'économie de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes renvoie principalement à deux catégories de questions :

■ Analyser les raisons pour lesquelles la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes contribuent au bien-être social. Ceci implique de mener une réflexion en amont sur les éléments de mesure de la biodiversité et ensuite de mettre en évidence les liens existant entre

biodiversité, services écosystémiques et leur utilité sociale afin d'identifier les raisons économiques pour mettre en œuvre des politiques ambitieuses de conservation.

■ Modéliser et tester dans un cadre expérimental les instruments de ces politiques, sachant que la biodiversité et les écosystèmes sont majoritairement liés à des espaces privés et que les enjeux de la conservation sont souvent internationaux.

Depuis la fin des années 1990, des chercheurs du LAMETA sont impliqués dans plusieurs sujets :

■ analyse des instruments incitatifs favorisant la conservation de la biodiversité sur des terres privées (taxes, droits transférables...) ou dans les pays en développement (transferts Nord-Sud) ;

■ analyse de contrats favorisant la conservation, notamment dans le cadre de mesures agri-environnementales (y compris la question de leur allocation par des mécanismes d'enchère) ;

■ réflexions sur les mesures de la biodiversité, en particulier celles qui intègrent les aspects économiques ;

■ évaluation économique des services rendus par les écosystèmes, paysages, et stratégies paysannes de gestion des ressources génétiques.

Le LAMETA est la seule unité de recherche française collectivement engagée dans des programmes de recherche en économie de la biodiversité. Il bénéficie à Montpellier d'un réseau de collaborations interdisciplinaires.

Quelle est la valeur sociale des insectes pollinisateurs ?

Dans le cadre du programme ALARM (*Assessing Large-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods*), des chercheurs du LAMETA et du Laboratoire *Pollinisation & Écologie des Abeilles* (Inra Avignon) ont évalué le service de pollinisation rendu par les insectes, en particulier les abeilles (Apiformes), à la production agricole mondiale. L'étude porte sur les 100 principales cultures pour l'alimentation humaines dont 46 dépendent des insectes (ce n'est pas le cas des céréales et des tubercules). En appliquant un ratio de dépendance, la valeur de la production menacée a été estimée à 153 milliards d'euros, soit environ 10 % de la valeur de la production agricole mondiale en 2005. Les catégories de cultures les plus affectées sont les stimulants (café, cacao), les fruits et les légumes. Cette question avait été suscitée par le large débat relatif au déclin des pollinisateurs et la question est donc de savoir quelles en seraient les conséquences économiques.

Une première analyse, à partir de la sensibilité des consommateurs aux variations de prix qui résulterait d'une disparition des insectes pollinisateurs, a abouti à estimer les pertes de bien-être social entre 2 et 300 milliards d'euros

sur les mêmes bases. Ces chiffres, pour importants qu'ils paraissent, ne représentent cependant qu'environ 0,5 % du produit brut mondial cette année-là, bien qu'ils correspondent à une hypothèse de disparition totale instantanée. Des scénarios ont permis de simuler l'évolution de la vulnérabilité des agricultures européennes, montrant que les agricultures méditerranéennes seraient a priori plus sensibles que celles d'Europe du Nord. Dans un cadre d'analyse plus large, il apparaît que les conséquences du déclin seraient en partie compensées par des substitutions qui limiteraient les pertes de bien-être, mais la robustesse de ces résultats demande évidemment à être précisée.

Contacts : Nicola Gallai, gallai@supagro.inra.fr
Jean-Michel Salles, sallesjm@supagro.inra.fr
& Bernard Vaissière, bernard.vaissiere@avignon.inra.fr

Pour plus d'informations : www.alarmproject.net

▲ Abeille sur une fleur de cosmos.

Ses membres ont été sollicités pour des expertises collectives, comme celle de l'Inra sur les relations « agriculture-biodiversité » ou le rapport du Centre d'Analyse Stratégiques sur l'approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes.

Les projets en cours portent sur :
■ l'analyse des objectifs assignés aux politiques de conservation y compris

une réflexion sur les indicateurs et les évaluations de la biodiversité ;

■ la modélisation de mécanismes incitatifs—notamment internationaux—pour les politiques de conservation ;
■ la gestion et le partage des risques liés à la biodiversité et aux services écosystémiques ;
■ l'analyse des politiques de lutte contre les espèces envahissantes, de façon à intégrer les effets ambivalents

de l'introduction de certaines espèces ;

■ l'économie des politiques du paysage ;
■ l'évaluation des aires marines protégées et la gestion spatiale des ressources halieutiques. ...



Autres équipes concernées par ce thème

UMRAMAP

botAnique et bioinforMatique
de l'Architecture des Plantes
(Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2)
44 scientifiques

Directeur : Daniel Barthélémy,
daniel.barthelemy@cirad.fr
<http://amap.cirad.fr/>
► Présentation page 58

UMR CEFE

Centre d'Écologie Fonctionnelle et
Évolutive
(Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro,
UM1, UM2, UM3)
125 scientifiques

Directeur : Philippe Jarne,
philippe.jarne@cefe.cnrs.fr
www.cefe.cnrs.fr
► Présentation page 24

UMR EME

Écosystèmes Marins Exploités
(Ifremer, IRD, UM2)
56 scientifiques

Directeur : Philippe Cury,
philippe.cury@ird.fr
www.crh-sete.org
► Présentation page 38

UMR ESPACE-DEV

Espace pour le développement
(IRD, UM2, Université Antilles-Guyane,
Université de la Réunion)
60 scientifiques

Directeur : Frédéric Huynh,
huyh@ird.fr
www.espace.ird.fr
► Présentation page 62

... suite page 50

Relations Nature- Sociétés et gouvernance de la biodiversité

L'UR *Dynamiques socio-environnementales et gouvernance des ressources* (IRD) résulte de la fusion de quatre UR dans le but de renforcer, les complémentarités entre les sciences humaines et sociales (SHS), l'agronomie et l'écologie, autour des nouvelles questions d'environnement et de gouvernance des ressources naturelles. La problématique centrale de l'UR est de questionner comment les sociétés du Sud se réorganisent pour faire face aux crises et aux conflits générés par les problèmes environnementaux et par la tension croissante concernant l'accès aux ressources et leurs usages selon différents aspects (représentations, savoirs et pratiques, systèmes d'utilisation et de gestion des ressources, réseaux sociaux, modes de gouvernance) et à différentes échelles, du local à l'international, en apportant une attention particulière aux articulations multiscalaires.

Cinq équipes pluridisciplinaires travaillent sur les questions de biodiversité : « Gestion sociale de la nature », « Dynamiques agraires et

environnementales », « Politiques de l'environnement », « Gestion sociale de l'eau » et « Régulations foncières ».

Leurs travaux concernent :

- les forêts construites, détruites, reconstruites par les hommes : des savoirs locaux aux politiques ;
- les aires protégées : négociations, dispositifs et pratiques autour de la conservation de la nature ;
- les ressources génétiques : construction de la diversité des plantes cultivées, marché des ressources génétiques ;
- les sociétés locales et biodiversité : représentations et savoirs locaux sur la nature dans la mondialisation et les changements globaux ;
- la gouvernance internationale et les marchés de la biodiversité ;
- la biodiversité et les changements globaux avec les apicultures du monde comme observatoires du changement.

Les équipes s'inscrivent dans deux champs de recherche :

- *Les relations « natures/sociétés »* : parmi les multiples formes d'interaction entre diversité biologique et pratiques humaines, les recherches s'intéressent aux relations entre savoirs locaux et construction de la biodiversité (diversité génétique, diversité des produits, diversité des espaces et des écosystèmes).

Elles s'adressent à la question de la gestion de la biodiversité à travers la conservation et la valorisation.

■ La « gouvernance » de la biodiversité (aux niveaux local et international), depuis l'étude de la mise en place des systèmes et des mécanismes de valorisation et de protection jusqu'à la recherche sur les nouvelles modalités de régulation sociale et de concertation entre les différentes catégories d'acteurs. Cela comprend, outre l'évaluation économique elle-même, tout ce qui concerne la création de marchés et de droits autour des éléments de la biodiversité (gènes, plantes, savoirs locaux), ainsi que les recherches d'accompagnement sur les négociations.

L'unité est reconnue pour sa maîtrise des questions scientifiques à l'interface interdisciplinaire « SHS-sciences biologiques et écologiques » d'une part, et, d'autre part, au niveau international

(recherche, expertise) sur les questions de gouvernance de l'eau, du foncier, des forêts et de la biodiversité, du local à l'international. Elle encadre de nombreux étudiants formés à ces questions pluridisciplinaires.

L'UR travaille sur des terrains variés dans de nombreux pays du Sud, et bénéficie d'un réseau important de partenaires en France (Cirad, UMR MOISA, CEFÉ...) et à l'étranger (*International Institute for Environment and Development*, université de Marrakech, Autorité fédérale de la protection de l'environnement en Éthiopie, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, universités de Fianarantsoa et d'Antananarivo, Madagascar, Institut Supérieur d'Agriculture au Brésil, Centre de Recherche et d'Études Supérieures en Anthropologie Sociale au Mexique, *Center for International Forestry Research*...).

Écosystèmes forestiers tropicaux et sociétés

L'UR Biens et Services des Écosystèmes Forestiers Tropicaux (Cirad) a pour centre d'intérêt les écosystèmes forestiers tropicaux et les sociétés qui interagissent avec ces écosystèmes. Elle étudie le fonctionnement et les changements de ces systèmes en interaction, avec pour objectif général l'évaluation et/ou la mise en œuvre des politiques, règles et pratiques qui (i) facilitent leur adaptation aux contraintes et opportunités résultant des changements globaux et (ii) renforcent la durabilité des services qu'ils fournissent aux sociétés, aux échelles locales et globales. La biodiversité, à la fois spécifique et fonctionnelle, fait l'objet d'une attention particulière dans cette UR, par le rôle qu'elle joue dans l'adaptation des systèmes considérés face aux changements globaux, et par la nécessité de la préserver en tant que pourvoyeuse de services. ...

Conservation et protection de la biodiversité : aspects législatifs et réglementaires

▼ De la difficulté d'échantillonner.
Croatie, 2006.



D Coutinot © EBCL-USDA-ARS

Au titre du maintien de la diversité biologique et/ou de la protection des végétaux, le prélèvement, la détention, la circulation, l'importation et l'exportation d'organismes morts ou vifs sont généralement soumis à conditions.

Le principal objectif de la Convention sur la diversité biologique est la conservation de la diversité biologique. Chaque pays signataire de la Convention empêche d'introduire, contrôle ou éradique les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces (art.8h.). L'UE a arrêté une politique de conservation de la faune et de la flore sauvages (Directives 79/409/CE et 92/43/CEE). Ces directives, à l'origine du réseau « Natura 2000 » en France, ont pour objectif principal la préservation de la biodiversité. Les listes des espèces protégées sur le territoire français sont publiées. À titre scientifique, une dérogation peut être accordée sous conditions pour l'étude de l'une de ces espèces. Le service instructeur de ces demandes est la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Le prélèvement d'espèces animales ou végétales peut nécessiter une autorisation préalable du propriétaire du fonds étudié et du pays d'origine. La détention, la circulation, l'importation et l'exportation d'organismes peuvent être soumises à l'obligation d'un titre de transport régulier accompagnant les organismes prélevés. Un ensemble de dispositions internationales, communautaires ou françaises fixent les conditions qui permettent l'étude de ces organismes.

La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction réglemente le commerce international des spécimens de flore et faune sauvages. Les espèces soumises à réglementation sont inscrites aux annexes de la Convention. L'organe gestionnaire de chaque pays signataire est chargé de délivrer des permis et certificats si certaines conditions sont remplies. L'Union européenne (UE) a arrêté plusieurs règlements relatifs à la protection de ces espèces (338/97/CE modifié et 709/2010/UE).

La Convention internationale pour la protection des végétaux a pour principal objet la prévention de l'introduction et de la dissémination d'organismes nuisibles. L'UE a arrêté la directive 2000/29/CE où figurent en annexes la liste des organismes nuisibles prohibés et les exigences pour les végétaux. À titre scientifique et sous conditions, ces organismes et végétaux peuvent être étudiés dans des dispositifs de confinement si l'activité du pétitionnaire bénéficie d'un agrément et d'une Lettre officielle d'autorisation pour le matériel vivant étudié (Directive 2008/61/CE). En France, le Service Régional de l'Alimentation instruit ces demandes.

Contact : Dominique Coutinot, dcoutinot@ars-ebcl.org

Pour plus d'informations :

- Convention sur le Commerce International des Espèces de Faune et de Flore sauvages menacées d'extinction : www.cites.org
- Convention sur la Diversité Biologique : www.biodiv.org
- Convention Internationale pour la Protection des Végétaux : www.fao.org
- Droit communautaire : <http://europa.eu.int>
- Droit français : www.legifrance.gouv.fr



▲ Sélection de rejets d'essences locales très appréciées pour la fourniture de charbon de bois dans les espaces cultivés après exploitation forestière et culture sur brûlis (République Démocratique du Congo).

Autres équipes concernées par ce thème

UMR ISEM

Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier
(CNRS, IRD, UM2)
117 scientifiques

Directeur : Jean-Christophe Auffray,
jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr
www.isem.cnrs.fr
► Présentation page 8

UPR Acridologie

Écologie et maîtrise des populations d'acridiens
(Cirad)
11 scientifiques

Directeur : Michel Lecoq,
lecoq@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/acridologie
► Présentation page 34

UPR AGIRS

Animal et Gestion Intégrée des Risques
(Cirad)

22 scientifiques dont 10 écologues
Directeur : François Roger,
francois.roger@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/agirs
► Présentation page 35

UR COREUS

Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique
(IRD, UPMC)
21 scientifiques

Directeur : Claude Payri,
claud.payri@ird.fr
www.coreus.ird.fr
► Présentation page 40

UR Green

Gestion des Ressources Renouvelables Environnement
(Cirad)
15 scientifiques

Directrice : Martine Antona,
martine.antona@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/Green
► Présentation page 60

L'UR regroupe des chercheurs relevant de plusieurs disciplines (écologie, géographie, sciences politiques) au sein de trois domaines de recherche :

■ *Résilience des écosystèmes forestiers tropicaux face à l'exploitation et aux changements globaux.* Ce domaine s'intéresse aux facteurs explicatifs de la structure et de la diversité des forêts tropicales, et aux impacts actuels et futurs de l'exploitation des ressources dans un contexte de changement global, notamment climatique. Les recherches portent en particulier sur les relations entre diversité, résilience et productivité, et les efforts sur l'intégration des connaissances dans des outils d'aide à la décision permettant de mieux gérer les biens et services produits par les écosystèmes forestiers.

■ *Relations entre résilience des écosystèmes et vulnérabilité des sociétés qui en dépendent.* Les recherches portent sur les liens entre l'exploitation des forêts à usage domestique ou commerçant (qui permet d'améliorer les conditions de vie des populations) et la dynamique des écosystèmes exploités, en termes de biomasse et de biodiversité. Elles s'intéressent aux stratégies mises en place par ces sociétés face aux changements dans leur environnement écologique et humain, ainsi qu'aux réponses des écosystèmes à ces stratégies.

■ *Politiques et instruments de l'action publique concernant les forêts tropicales.* Ce domaine analyse la manière dont sont construites et mises en œuvre les politiques qui affectent les forêts tropicales, et les méthodes d'évaluation de leur efficacité. Les relations entre les caractéristiques globales des écosystèmes forestiers (structure, biomasse, diversité floristique) d'une part, les biens et services fournis et les paiements pour services environnementaux d'autre part, y sont également étudiées, en interaction avec les deux autres domaines. Parmi les thèmes abordés, le mécanisme « Réduction des émissions issues de la déforestation et de la dégradation » et sa mise en œuvre à travers des paiements pour services environnementaux, occupent une place importante.

L'UR intervient sur les trois continents et à différentes échelles, depuis l'échelle régionale des grands bassins forestiers jusqu'à celle du village ou de la parcelle. Elle a tissé de nombreux partenariats, au nord comme au sud : partenariats scientifiques avec des universités et des organismes de recherche nationaux et internationaux, partenariats institutionnels avec des ministères chargés de la gestion forestière et/ou de l'environnement, partenariats privés avec des bureaux d'étude spécialisés en aménagement forestier, partenariats avec des ONG. ...



Concilier restauration de la diversité forestière et gestion durable de la ressource bois énergie en Afrique centrale : le projet Makala en République Démocratique du Congo

Contrairement à de nombreuses idées reçues, la dégradation des forêts d'Afrique centrale et la déforestation sont essentiellement liées à la pratique non maîtrisée de la culture sur brûlis, au développement de l'agro-industrie et à l'exploitation non durable du bois énergie, qui représente 90 % de l'énergie domestique des populations rurales et urbaines et 80 % du total de l'exploitation des ressources ligneuses. Le projet Makala, coordonné par le Cirad sur un financement européen, a pour ambition d'inciter les agriculteurs à conserver une partie de la biodiversité forestière par la sélection et la protection des arbres utiles au moment du défrichement agricole. Ils peuvent également être amenés à replanter de jeunes arbres, lorsqu'ils sont devenus trop rares, sous forme de jachère enrichie, de jardins agroforestiers ou de bosquets villageois multi-usages. Les essences forestières sont prioritairement des essences locales à usages multiples dont la raréfaction est accentuée par leur surexploitation.

La reforestation des savanes herbacées des plateaux Batéké, tout comme la conservation ou la réintroduction de l'arbre dans les espaces forestiers dégradés sur les lisières forestières autour de Kisangani, a un effet catalytique significatif sur la remontée de la diversité biologique. Ce phénomène provoque un enrichissement du milieu en espèces animales et végétales traditionnellement valorisées par les populations locales et sources de richesse. Au-delà des effets directs sur les zones d'intervention du projet, le projet Makala constitue un des maillons d'un ensemble de projets de recherche coordonnés par le Cirad et visant à analyser et comprendre les évolutions des écosystèmes forestiers du Bassin du Congo, et en particulier de la dynamique de la diversité des essences ligneuses. C'est par exemple le cas du projet régional CoForChange (Changement globaux de la biodiversité des forêts du bassin du Congo).

Contact : Jean-Noël Marien, marien@cirad.fr

Le Programme Eco-vallée de la Nam Khan

La démarche du programme « Eco-vallée de la Nam Khan » (Laos) repose sur la volonté de combiner une gestion concertée des ressources en eau, des usages des milieux aquatiques et terrestres de l'ensemble du bassin versant. Elle implique une complémentarité forte entre les enjeux environnementaux et le contexte socioéconomique local.

Ses objectifs incluent la réduction de la pauvreté et l'amélioration des conditions de vie des populations ; la mise en place de pratiques d'exploitation pérennes (agroécologiques) répondant aux besoins des populations ; l'amélioration de la gouvernance et des compétences des acteurs locaux.

Ses objectifs spécifiques sont multiples :

- préservation des ressources en eau et des écosystèmes associés, amélioration des connaissances des milieux et habitats composant le bassin versant, définition de plans de gestion localisés à l'échelle des villages et des zones de protection ;
- développement : propositions de modes de gestion alternatifs sur des sites pilotes intégrant innovation et savoir-faire locaux, amélioration des infrastructures rurales de première nécessité, promotion de produits locaux et élaboration de label de qualité ; proposition de produits éco-touristiques ;
- formation (responsables locaux) et sensibilisation (communautés locales).

Depuis cinq ans, de nombreux inventaires et évaluations ont été réalisés :

- identification des ressources aquatiques et piscicoles de la Nam Khan et des conditions de vie des villages de pêcheurs et usagers du bassin versant ;
- évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface ;
- zonage et typologie des écosystèmes et des milieux sensibles du bassin versant pour comprendre les interactions milieux et habitants et intégrer les résultats dans la gestion future
- cartographie complète du bassin versant ;
- étude visant la caractérisation hydrologique de la Nam Khan et



- la connaissance physico-géographique du bassin ;
- évaluation de la biodiversité à partir d'une série d'inventaires faunistiques et floristiques ;
- élaboration d'une typologie des habitats et cartographie complète des structures paysagères grâce au traitement d'une série chronologique de données de télédétection ;
- étude de détermination de l'assemblage floristique de la ripisylve de la Nam Khan pour des actions pilotes de stabilisation des berges ;
- potentiel éco-touristique de la vallée pour développer les activités durables et génératrices de revenus.

Contact : Bernard Moizo, bernard.moizo@ird.fr

▲ *Déchargement des pirogues lors du passage des rapides. La croissance urbaine et l'ouverture de routes avec les pays voisins (Chine, Vietnam, Thaïlande), ont accru les demandes en ressources naturelles, ici de l'acajou (Toona cinensis), dont les prélèvements sont de moins en moins contrôlés.*

Lieu : rapides de Kenluang sur la NamKhan (district de Xieng Ngeun, province de Luang Phrabang, République Démocratique Populaire du Laos.



▲ La sélection et la préparation des fèves de cacao jouent un rôle important dans l'expression des saveurs et arômes qui caractérisent le chocolat de qualité.

Célébrer la diversité du cacao

La qualité du chocolat dépend en grande partie du produit de base, le cacao. La façon dont les producteurs récoltent les fèves joue également un rôle essentiel dans la formation de l'arôme et du goût ; c'est ce que d'ailleurs les experts vantent lors de leur évaluation. Pourtant, les mérites vont habituellement aux fabricants de chocolat. Le projet *Cocoa of Excellence* mené par *Bioversity International* est unique car il reconnaît le savoir-faire au niveau agricole et célèbre la diversité du cacao.

Cela commence dans les pays producteurs de cacao en envoyant des échantillons de fèves déshydratées représentatives de la diversité variétale et environnementale de leur région. Les fèves sont transformées par les spécialistes du Cirad en liqueurs de cacao et sont alors évaluées. Les 50 échantillons les plus prometteurs sont transformés en chocolat et sont présentés aux *International Cocoa Awards* pendant le Salon du Chocolat à Paris. Le jury sélectionne ceux ayant les meilleures chances d'intégrer le marché croissant du cacao d'origine. Le cacao le plus acclamé est celui issu des variétés Criollo. Celles-ci sont désormais rares, ayant été en grande partie remplacées par les variétés Forastero qui ont défini le goût du chocolat connu par la plupart des consommateurs. Les variétés Trinitario, hybrides des variétés Criollo et Forastero, ont un goût plus distinctif et complexe qui évoque l'héritage de saveurs des deux parents. Toutefois, les variétés ne font pas tout. Le sol, dans lequel les cacaoyers sont cultivés, appose aussi son cachet sur le cacao. La seule façon d'évaluer la qualité d'une récolte étant de la transformer, tous les producteurs qui ont participé au projet recevront l'évaluation de leur échantillon pour les aider à les mettre sur le chemin d'une vie meilleure en produisant du cacao de qualité.

Contact : Stephan Weise, s.weise@cgiar.org

La diversité cachée des cultures de rente

Dès lors qu'une plante est cultivée pour sa valeur économique, la loi du marché tend à minimiser les variations dans le goût, la forme, les performances agronomiques ou les qualités post-récolte du produit recherché. Le commerce international de la banane, par exemple, repose sur un très petit nombre de variétés qui produisent des fruits similaires, quelque soit leur lieu de culture. Le coprah (pulpe séchée de noix de coco) et les fèves séchées de cacao sont également majoritairement vendus comme produits non différenciés qui répondent à des normes de qualité établies par l'industrie.

Il n'en demeure pas moins qu'au fil du temps, des centaines, voire des milliers de variétés ont été sélectionnées par les agriculteurs cherchant à satisfaire différents besoins, divers types d'utilisations ou bien des goûts variés. Assurer la conservation de cette diversité menacée et favoriser son utilisation dans le but d'améliorer les moyens de subsistance des agriculteurs, sont les principaux objectifs du programme *Commodities for Livelihoods* basé à Montpellier. Ce programme, dont le mandat s'étend à toute la filière, fait partie de *Bioversity International*, une des 15 organisations internationales membres du Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale (CGIAR).

Le point d'entrée de *Bioversity* est la conservation dans le domaine public des ressources génétiques de ces cultures. Ce travail est mené principalement par trois réseaux connus sous le nom de MusaNet, CacaoNet et COGENT. Les priorités de chaque réseau en matière de conservation sont définies par une stratégie globale développée en collaboration avec les partenaires du secteur.

Pour chaque culture, il existe une collection internationale qui assure la libre circulation de matériel génétique sain, c'est à dire exempt de maladies. En ce qui concerne la banane, la collection internationale est constituée de plantules *in vitro* maintenues par *Bioversity* au Centre de Transit International en Belgique. Pour la noix de coco, la banque de gènes internationale établi par COGENT est constituée d'arbres maintenus en champ dans cinq collections, chacune étant gérée par l'institution nationale du pays hôte, le Brésil, la Côte d'Ivoire, l'Inde, l'Indonésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Pour le cacao, deux collections internationales gérées respectivement par le *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* au Costa Rica, et le *Cocoa Research Unit* de la *West Indies University* à Trinidad, ont placé leur matériel dans le domaine public.

Pour appréhender et documenter les caractères agronomiques utiles de ces ressources génétiques,

Bioversity collabore avec des instituts de recherche spécialisés. À cette fin, des protocoles d'évaluation et de caractérisation, ainsi que des outils de la génétique et de la génomique comparative et fonctionnelle ont été développés, pour la plupart en partenariat. *Bioversity* met aussi en place des systèmes d'information assurant l'accès à l'ensemble des données ainsi générées.

Ce travail vient en support aux sélectionneurs afin de les aider à utiliser le plus large éventail possible de ressources génétiques pour la production de nouvelles variétés. *Bioversity* sensibilise aussi les spécialistes du développement à la valorisation de la diversité variétale—en facilitant sa transformation et sa commercialisation—et au rôle que celle-ci peut jouer dans l'amélioration de la gestion des systèmes de production.

En ce qui concerne la banane, des scientifiques de *Bioversity* sont aussi basés dans des pays producteurs où ils mènent des recherches sur l'utilisation de la biodiversité pour augmenter la production et la résilience des systèmes agricoles. Leurs recherches s'étendent à des domaines variés tels que la santé des sols et des systèmes racinaires ou encore les menaces posées par les épidémies et les réponses à y apporter.

Développement et utilisation des zones humides méditerranéennes

Créée il y a plus de 50 ans, la **Tour du Valat** est une organisation indépendante, sans but lucratif, gérée par une fondation reconnue d'utilité publique et basée en Camargue. Elle a développé une activité de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes avec un souci constant : « Mieux comprendre pour mieux gérer ».

La Tour du Valat génère de la connaissance, produit des outils et des informations pour aider les décideurs et les gestionnaires des zones humides à prendre les mesures les plus appropriées pour un développement durable et une utilisation rationnelle des zones humides, répondant ainsi à sa mission : « Arrêter la perte et

la dégradation des zones humides méditerranéennes et de leurs ressources naturelles, les restaurer et promouvoir leur utilisation rationnelle ».

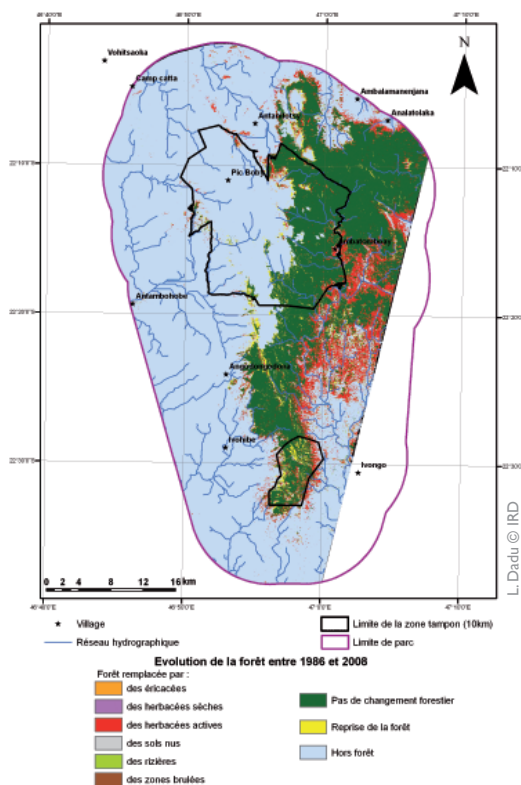
Face à l'ampleur des défis et à l'urgence des réponses concrètes à apporter, le programme se focalise sur les grands enjeux et les cibles prioritaires, celles qui influencent les politiques, touchent le plus grand nombre d'acteurs de gestion ou exercent un lobbying auprès du grand public ou des divers groupes socioprofessionnels. La notion de transfert est au cœur même de la mission de la Tour du Valat. La conservation des zones humides ne peut se faire sans un renforcement des capacités des divers acteurs intervenant dans la gestion de ces milieux : décideurs, gestionnaires techniques, usagers. C'est pourquoi une expertise a été développée dans divers domaines tels que la formation, l'édition de documents de vulgarisation, la sensibilisation et plus largement la communication.

La Tour du Valat planifie ses activités sur une base quinquennale. Le programme actuel est organisé selon trois thèmes principaux correspondant à trois approches complémentaires :

- Changements globaux et dynamiques des espèces
- Gestion intégrée et dynamiques des écosystèmes
- Observatoires, biodiversité et politiques publiques

Chaque composante du programme inclut des projets qui sont développés en intégrant plusieurs disciplines. Ceux-ci sont mis en œuvre à différentes échelles spatiales : la région méditerranéenne, la Camargue et le domaine de la Tour du Valat. Sur le domaine de la Tour du Valat, qui englobe la majeure partie des habitats naturels caractéristiques de la Camargue et notamment des milieux rares et menacés, la mise en œuvre de programmes de recherche est favorisée en leur offrant un terrain. Par ailleurs 1 844 des 2 600 hectares du domaine bénéficient d'un classement en Réserve Naturelle Régionale. ●●●

Les aires protégées de Madagascar vues du ciel



L'île continent de Madagascar figure parmi les 10 *hotspots* de la diversité biologique mondiale avec des écosystèmes (faune et flore) reconnus comme étant parmi les plus riches au monde. Actuellement, les forêts naturelles humides de montagne se transforment sous les impacts de la pression démographique et du climat : les paysages forestiers sont peu à peu remplacés par des cultures (riziculture

collaboration avec trois sociétés (EGEO*, GEO-HYD**, GEOMATYS***) sur l'apport des données de télédétection spatiale à diverses résolutions pour suivre les sites patrimoniaux forestiers UNESCO. Il s'agit de proposer des méthodes et des outils de cartographie et de suivi aux gestionnaires des sites. L'objectif final est d'aider à mettre en place une politique forestière fondée sur le transfert de la gestion locale des forêts naturelles aux communautés rurales (conservation de la biodiversité et développement intégré).

Le projet en cours concerne la forêt tropicale humide d'altitude à travers les parcs nationaux de Ranomafana et d'Andringitra et la réserve spéciale du Pic d'Ivohibe, ainsi que les corridors forestiers qui les relient. La série d'images utilisées est celle produite par le satellite SPOT (résolution spatiale : 20 m, 10 m et 2,5 m) et elle couvre trois à quatre périodes selon les secteurs entre 1986 et 2009. L'utilisation des images satellites, en association avec des expertises menées sur le terrain, reste le moyen le plus adéquat pour quantifier spatialement les impacts des politiques de développement et de conservation sur des sites caractérisés par leur grande superficie et leur difficulté d'accès. Pour être vraiment optimal, il faut maintenant trouver comment mieux subvenir aux coûts des images, des logiciels de traitement et de la formation des personnels.

**Contacts : Dominique Hervé, dominique.herve@ird.fr
 Éric Delaitre, eric.delaitre@ird.fr
 Samuel Razanaka, razanakasamy@yahoo.fr
 & Avisoa Andrianarivo, anarivoandriana@gmail.com**

* Bureau Conseil Environnement et Géomatique

** Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, Systèmes d'Information & Aide à la Décision

*** Géomatique & Développement Durables

pluviale ou inondée, culture de rente, feux de pâturage...), et subissent de plus en plus l'influence des cyclones.

À la demande de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et par l'intermédiaire du Centre National d'Études Spatiales, des équipes de recherche de l'IRD travaillent aujourd'hui en

▲ Carte des changements obtenus pour la forêt entre 1986 et 2008 à partir des images SPOT (Parc National d'Andringitra et Réserve Spéciale du Pic d'Ivohibe).

La Tour du Valat comprend une soixantaine de salariés répartis en trois équipes :

- L'équipe scientifique : une trentaine de chercheurs, chefs de projets, ingénieurs, techniciens. L'ornithologie joue un rôle central mais on compte également des spécialistes de l'hydrologie, de la télédétection et de la géomatique, de la biologie des communautés et des populations de plantes, des poissons et des crustacés, des statistiques et de la gestion des données ainsi que de la gestion intégrée et du transfert.
- La gestion du domaine : une dizaine d'ingénieurs, techniciens des systèmes naturels, agents de maintenance et gardians.
- Les services généraux : une vingtaine d'emplois, à caractère administratif et de maintenance, assurent toutes les activités indispensables au bon fonctionnement de la structure.

Maîtriser l'information spatiale pour la connaissance et la gestion des espaces naturels

L'UMR *Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale* (UMR TETIS, AgroParisTech, Cemagref, Cirad) a pour objectif de développer les méthodes de maîtrise de l'information spatiale au service de la connaissance et de la gestion des milieux et des territoires. Une approche intégrée de l'ensemble de la chaîne de l'information est mise en œuvre : depuis l'acquisition des données jusqu'à l'appropriation des connaissances par les acteurs, en passant par les traitements, l'analyse des structures

et dynamiques, la gestion et mutualisation des informations spatialisées via des systèmes d'information.

L'UMR TETIS compte environ 110 personnes, parmi lesquelles une dizaine de chercheurs travaillent sur la thématique « biodiversité ». L'information spatiale joue en effet un rôle-clé dans la connaissance, le maintien ou la restauration des espaces naturels ainsi que dans les stratégies de mise en œuvre des obligations internationales liées à la conservation de la biodiversité (Convention pour la Diversité Biologique, Directive Habitats). Ces démarches supposent un effort de connaissance dans le domaine de la faune, de la flore et des habitats naturels, et une réflexion sur les moyens d'assurer leur conservation.

Les travaux scientifiques menés par l'UMR TETIS sur cette thématique ont pour objectifs :

- le développement de méthodes d'inventaire et de suivi des espaces naturels à partir de données de télédétection et des méthodes de la géomatique : choix des données, extraction d'information, cartographie d'habitats, définition d'indicateurs, conception de systèmes d'observation ;
- l'analyse de la structure spatiale des espaces naturels : cartographie et analyse des continuités écologiques, de la fragmentation des espaces naturels ;
- la modélisation spatialisée pressions/impacts entre indicateurs de pression anthropique et indicateurs d'état des milieux ;
- l'analyse des mesures et procédures de protection agri-environnementales et de leurs applications et la création d'outils de concertation et d'aide à la décision environnementale.

Certains des projets consistent en recherches « amont » : méthodes de cartographie par télédétection des herbiers de Camargue (Directive Habitats), des baobabs de Madagascar (étude de la diversité du genre *Adansonia*) ou du Banc d'Arguin en Mauritanie (patrimoine mondial de l'Unesco) ou analyse, dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau, du rôle des ripisylves sur l'état écologique des milieux aquatiques.

D'autres projets sont menés en appui méthodologique aux politiques publiques, notamment dans le contexte du Grenelle, auprès du ministère de l'Environnement : la coordination du document cadre national pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques (appui au Comité Opérationnel « Trame verte et bleue »), la coordination de l'appui technique au système d'information national sur la biodiversité, ou encore l'étude de faisabilité pour un observatoire régional de la biodiversité en Languedoc-Roussillon, en appui auprès de collectivités locales.

L'UMR TETIS travaille sur des projets touchant à la biodiversité avec de nombreux partenaires : le Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, le Conservatoire des Espaces Naturels Languedoc-Roussillon, l'Institut des Sciences de l'Évolution, l'Institut national de la recherche agronomique, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, les parcs nationaux, le Muséum National d'Histoire Naturelle, le Service de l'observation et des statistiques, etc. Elle est également impliquée dans différents projets européens tels que *Best Practice Network for a Spatial Data Infrastructure in Nature Conservation* (Nature SDIplus), *European Biodiversity Observation Network* (EBONE), etc. ■



J.-P. Moussally © UNDP-GEF

L'histoire dogmatique de l'olivier revisitée

Les origines de la culture et de la domestication de l'olivier, arbre emblématique de la Méditerranée, a toujours été un sujet sensible et controversé. En Méditerranée occidentale, malgré l'indigénat incontestable de l'olivier et la mise au jour de nombreux restes biologiques en contexte archéologique (charbons de bois et noyaux) suggérant l'existence de son exploitation antérieure à l'Antiquité, la thèse classique situe en Palestine, au Chalcolithique de cette aire culturelle, au 4^{ème} millénaire avant notre ère, son foyer originel de domestication. Depuis le Proche-Orient, s'ensuit une lente diffusion de formes domestiquées, de savoirs et de pratiques, d'abord vers l'Egée au 3^{ème} millénaire puis vers la Méditerranée centrale et occidentale et finalement au cours du 1^{er} millénaire avant notre ère en Gaule méridionale.

Aujourd'hui encore, cette histoire fait foi dans la littérature scientifique ou de vulgarisation, dans laquelle il est stipulé que les populations autochtones de Méditerranée nord-occidentale ne découvrirent l'olivier que lors de la création de comptoirs commerciaux ou la fondation de colonies. Or, des analyses quantitatives fondées sur l'anatomie et sur la structure géométrique, respectivement de charbons de bois et de noyaux archéologiques, par analogie à une vaste collection de référence

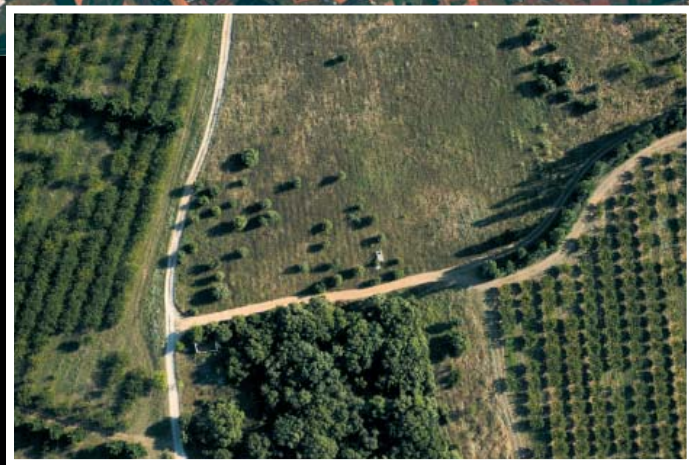
d'échantillons actuels, ont permis de reconsidérer l'histoire dogmatique de sa domestication. En fait, les origines de la culture et de la domestication de l'olivier en Méditerranée occidentale remontent à environ 3 000 ans avant notre ère, soit deux mille ans avant l'introduction de nouvelles variétés provenant essentiellement de l'est de la Méditerranée.

Ces résultats, confortés par la biologie moléculaire, montrent également que la domestication de l'olivier a eu lieu indépendamment en de nombreuses régions et non pas en un seul et unique foyer proche-oriental. Ces nouvelles données ne remettent cependant pas en cause l'importance de l'influence des Phéniciens, Étrusques, Grecs et Romains, sur le rayonnement de l'olivier à en Méditerranée.

**Contacts : Jean-Frédéric Terral, terral@univ-montp2.fr
& Claire Newton, claire.newton@nottingham.ac.uk**

Pour plus d'informations : www.UMR5059.univ-montp2.fr/spip.php?rubrique22

▲ *Olivier subspontané
(région basaltique du Ledja, Syrie).*



P.-A. Pissard © UMR TETIS

Modéliser, *scénariser la biodiversité*

Les recherches conduites à Montpellier et sa région sur la biodiversité s'appuient, pour une large part, sur des recherches en modélisation et analyse statistique (biomathématiques). L'ensemble est adossé à des bases de données de référence couvrant une grande diversité d'écosystèmes, terrestres comme aquatiques, tempérés et tropicaux. Ces bases de données couvrent également des interactions entre « dynamique de la biodiversité » et « activités humaines et sociétés ».

Plusieurs équipes montpelliéraines ont un potentiel d'innovation internationalement reconnu concernant des grandes classes de modèles jouant un rôle central dans les domaines suivants : génomique évolutive, génétique des populations, écologie évolutive, dynamique des populations, architecture des plantes et structures des forêts, fonctionnement des écosystèmes, écologie spatiale, interactions « biodiversité-activités humaines ». Ces développements méthodologiques s'accompagnent de multiples actions de transfert (mise à disposition de logiciels et de plateformes de modélisation, ateliers de formation) ainsi que de nombreuses mises en œuvre, notamment dans le contexte de celle d'observatoires méditerranéens ou tropicaux. L'implication de scientifiques spécialisés en biomathématiques assure ainsi l'intégration entre les recherches méthodologiques et les thématiques « biodiversité ». Cette intégration nourrit, en retour, la pertinence de cette activité méthodologique et ouvre sans cesse la voie à de nouveaux développements, dans une pluridisciplinarité particulièrement riche et achevée.

La prise en compte de la dynamique spatiale est notamment un axe important de développement de la modélisation pour les sciences de la biodiversité. Ces développements de modélisation spatialisée concernent des recherches sur l'influence de la fragmentation et de la dispersion des individus sur la dynamique des métapopulations et des métacommunautés, ainsi que sur les interactions entre la structure spatiale et les flux fonctionnels dans les paysages et les écosystèmes. La prédiction des aires de distribution des espèces sur la base de l'environnement et de leurs traits d'histoire de vie, celle de scénarios spatialisés d'évolution après intégration des données socio-environnementales ainsi que la recherche d'indicateurs paysagers des états et des dynamiques des milieux, sont également des thématiques importantes pour comprendre les impacts possibles du changement global et les risques d'extinction de certaines espèces mais aussi pour aider à une meilleure gestion globale des espaces.

Le suivi ou la prévision de la dynamique des distributions spatiales est une illustration du lien intrinsèque entre la modélisation et les bases de données dont l'exploitation est facilitée par le développement de la « bioinformatique » au sens le plus large du terme. La diversité des recherches induit une grande diversité de la nature de telles bases de données. Les collections botaniques par exemple (herbiers), les études ainsi que les bases de données sur les traits physiologiques, fonctionnels et démographiques des espèces, le partage et la diffusion des connaissances *via* le web, autorisent ainsi des développements importants sur les relations entre les distributions géographiques et les traits biologiques des espèces, mais aussi entre la biodiversité et les usages *via* l'impact de l'homme sur le milieu et son fonctionnement (pressions et forçages), et par là, sur les niches écologiques. Parallèlement s'étoffe le lien entre les collections et les recherches en phylogénie et phylogéographie. Des programmes de « *barcoding* » du génome se développent sur les parasites des cultures et les vecteurs de maladies. De même, les programmes à long terme sur la résistance aux insecticides des moustiques, ou ceux traitant de la dynamique de population de vertébrés (oiseaux, reptiles) ont généré des bases de données riches, sources de nombreuses publications sur les mécanismes de la biologie des populations. Les données de suivi des communautés d'espèces, couvrent des écosystèmes tropicaux (forêts et lagons) et méditerranéens (Observatoire de l'Environnement en Méditerranée). Leur portée à long terme leur confère une grande valeur dans le contexte des changements planétaires.

Les grandes évolutions du champ, déjà perceptibles, seront l'intégration de plus en plus étroite entre bases de données et modélisation, l'accroissement du rôle des simulations, le développement de scénarios variés d'aide à la gestion, et l'adossement aux observatoires de l'environnement.

**Jean-Dominique Lebreton (UMR CEFÉ),
Daniel Barthélémy (UMR AMAP),
Pierre Couteron (UMR AMAP)
& Frédéric Huynh (UMR-S ESPACE-DEV)**

◀ *La scène satellite de l'agglomération de Nîmes (satellite RAPIDEYE : résolution : pixel = 5 m / sol) présente un cadre jaune en bas à droite qui correspond au cadrage de l'image aérienne orthophotographie IGN (résolution : pixel = 50 cm / sol).*

L'image aérienne IGN présente un cadre rouge proche de son centre qui correspond au cadrage de l'image ULM haute résolution (pixel = 2cm / sol).

Les trois images ont été choisies et cadrées de manière à réaliser un montage de type zoom : scène satellite, puis orthophoto IGN, puis image ULM.

Modéliser, scénariser la biodiversité

Les équipes principales

UMR AMAP

**botAnique et bioinformatique
de l'Architecture des Plantes**
(Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2)

44 scientifiques

Directeur : Daniel Barthélémy,
daniel.barthelemy@cirad.fr

<http://amap.cirad.fr/>

► Présentation page 58

UMR ESPACE-DEV

Espace pour le développement
(IRD, UM2, Université Antilles-Guyane,
Université de la Réunion)

60 scientifiques

Directeur : Frédéric Huynh,
huyh@ird.fr

www.espace.ird.fr

► Présentation page 62

UR Green

**Gestion des Ressources Renouvelables
Environnement**
(Cirad)

15 scientifiques

Directrice : Martine Antona,
martine.antona@cirad.fr

www.cirad.fr/ur/Green

► Présentation page 60

Autres équipes concernées par ce thème

UMR CBAE

Centre de Bio-Archéologie et d'Écologie
(CNRS, EPHE, Inrap, UM2)

Une vingtaine de scientifiques

Directeur : Jean-Frédéric Terral,
terral@univ-montp2.fr

www.umr5059.univ-montp2.fr

► Présentation page 28

UMR CBGP

**Centre de Biologie pour
la Gestion des Populations**
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro)

35 scientifiques

Directrice : Flavie Vanlerberghe,
Flavie.Vanlerberghe@supagro.inra.fr

www.montpellier.inra.fr/CBGP

► Présentation page 10

Tour du Valat

25 scientifiques

Directeur : Jean Jalbert,
jalbert@tourduvalat.org

www.tourduvalat.org

► Présentation page 53

... suite page 60

Bioinformatique et biomathématique de la biodiversité végétale

L'UMR *botAnique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes* (AMAP, Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2) est une unité multidisciplinaire, rassemblant botanistes, écologues, agronomes, forestiers, mathématiciens appliqués et informaticiens, en majorité basés à Montpellier, mais aussi implantés de façon permanente en Nouvelle-Calédonie et en Guyane française, ainsi qu'au Vietnam et en Inde. Les recherches menées par AMAP partent de la botanique structurale, de la paléobotanique et de la systématique pour aboutir à la modélisation et à la simulation de l'architecture des plantes, de la structure et de la diversité des couverts végétaux et des paysages.

L'objectif principal d'AMAP est de contribuer à l'émergence d'une bioinformatique et d'une biomathématique de la biodiversité végétale—des plantes, des peuplements végétaux et des paysages—qui soient complémentaires des recherches menées par d'autres unités dans les domaines de l'écologie fonctionnelle et évolutive, de la biologie du développement, de l'écophysiologie et de la bioinformatique du génome. Une des dimensions de cette complémentarité est l'investissement méthodologique, en partenariat avec des laboratoires de statistique, d'informatique ou de physique.

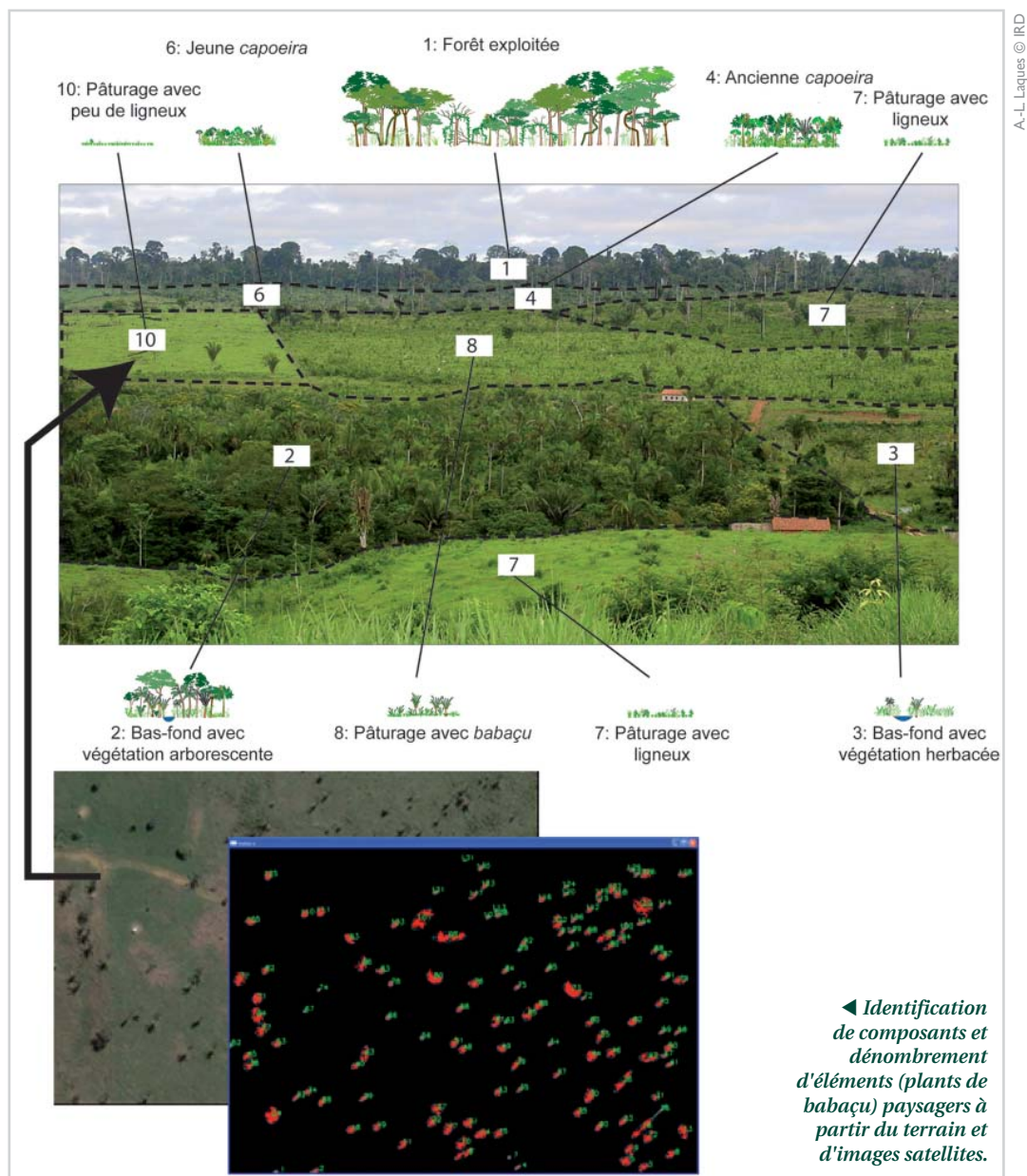
En privilégiant l'organisation des couverts végétaux, l'architecture des plantes et la morphologie de leurs organes, l'unité cherche à se doter de formalismes mathématiques et informatiques puissants capables, d'une part, de décrire, analyser et représenter la topologie et la

géométrie des objets biologiques étudiés (de l'organe au paysage), et, d'autre part, d'assembler, dans des modèles génériques, les connaissances de plus en plus nombreuses sur le développement et la diversité des plantes et ses régulations par l'environnement. La diffusion des connaissances accumulées et des méthodes développées tient une place essentielle dans les activités d'AMAP, tant par la formation et l'enseignement (traditionnel ou à distance) que par le développement et la mise à disposition de logiciels ou par la constitution et l'exploitation de bases de données.

L'UMR est utilisateur actif mais également gestionnaire d'herbiers (Cayenne et Nouméa) et de collections (Paléobotanique de l'UM2), et assure la responsabilité scientifique de l'herbier de l'UM2. En outre, AMAP dispose d'un laboratoire d'histologie et de biomécanique dans ses locaux de Montpellier.

Au niveau international, les principaux partenaires dans le domaine de l'étude de la biodiversité sont entre autres les suivants : *Centro Regional Universitario Bariloche* (Argentine), *Department of Ecology and Evolutionary Biology, Kansas University*, *Museu Paraense Emilio Goeldi* (Belém, Brésil), Institut de Recherches Agronomiques de Guinée, Institut Français de Pondichéry (Inde), *Invasive Species Specialists Group* (Nouvelle-Zélande), *Center for Ecostratigraphy and Palaeobiology, Macquarie University* (Australie), etc.

Au niveau national, citons entre autres l'équipe-Projet IMEDIA de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique, Tela Botanica, différentes UMR (Écologie des Forêts de Guyane, Biodiversité Gènes & Communautés, Centre de Biologie et de Gestion des Populations, Diversité et Adaptation des Plantes Cultivées, etc.). ...



Suivre les dynamiques spatiales de la biodiversité et l'impact des politiques publiques : une analyse intégrée, de l'observation à l'indication

À l'échelle de la plante, les images à très hautes résolutions sont mobilisées pour distinguer une espèce, dénombrer certains individus (comme le palmier babaçu, *Attalea speciosa*, via son ombre). L'étude des espèces utiles isolées dans des cultures et pâturages aide à comprendre les fluctuations de leur répartition spatiale et à les quantifier pour caractériser (typologie) les agrosystèmes et leur faire correspondre, par une approche intégrée milieu-société, leur production ou, plus généralement, leur fonctionnement.

À l'échelle des paysages, les images satellite permettent de cartographier les dynamiques de la biodiversité végétale dans l'espace et dans le temps à partir d'une estimation de la complexité du milieu, menée en interdisciplinarité. Les transformations des paysages et des variations concomitantes de la biodiversité sont par ailleurs mises en relation avec les politiques publiques afin d'estimer leur influence sur les changements enregistrés. L'approche méthodologique, volontairement simple, a été élaborée avec l'ambition d'être applicable à d'autres espaces forestiers tropicaux.

Les résultats sont conçus pour être insérés dans des modèles de scénarisation, intégrés dans les observatoires socio-environnementaux de type Observatoire Régional de l'Environnement. Ils sont aussi diffusés sur la toile via un système d'information (MDweb) mis au point (partenariat IRD-UMR ESPACE-DEV-UM2-LIRMM et un partenaire industriel-Geomatys) et agréé en conformité avec les directives européennes. Cet outil générique de catalogage et de localisation de données met rapidement à disposition les connaissances acquises auprès des gestionnaires et des populations locales.

Contacts : Anne-Elisabeth Laques, anne-elisabeth.laques@ird.fr
Danielle Mitja, Danielle.Mitja@ird.fr
Michel Petit, Michel.Petit@ird.fr
& Jean-Christophe Desconnets, Jean-Christophe.Desconnets@ird.fr

Autres équipes concernées par ce thème

UMR CEFE
Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive
(Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro, UM1, UM2, UM3)
125 scientifiques
Directeur : Philippe Jarne,
philippe.jarne@cefe.cnrs.fr
www.cefe.cnrs.fr
► Présentation page 24

UMR CMAEE
Contrôle des maladies Animales Exotiques et Emergentes
(Cirad, Inra)
36 scientifiques
Directeur : Dominique Martinez,
dominique.martinez@cirad.fr
► Présentation page 17

UMR Eco&Sols
Écologie fonctionnelle et Biogéochimie des Sols & Agro-écosystèmes
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro)
63 scientifiques
Directeur : Jean-Luc Chotte,
jean-luc.chotte@ird.fr
www.montpellier.inra.fr/ecosols
► Présentation page 29

UMR ECOSYM
Écologie des systèmes marins côtiers
(CNRS, IRD, UM2)
82 permanents
Directeur : Marc Troussellier,
marc.troussellier@univ-montp2.fr
www.ecolag.univ-montp2.fr
► Présentation page 37

UMR EME
Écosystèmes Marins Exploités
(Ifremer, IRD, UM2)
56 scientifiques
Directeur : Philippe Cury,
philippe.cury@ird.fr
www.crh-sete.org
► Présentation page 38

UMR ISEM
Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier
(CNRS, IRD, UM2)
117 scientifiques
Directeur : Jean-Christophe Auffray,
jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr
www.isem.cnrs.fr
► Présentation page 8

... suite page 62

Modélisation d'accompagnement, interactions entre usages des ressources naturelles et viabilité des écosystèmes

Les modalités d'interaction et d'arbitrage entre conservation des écosystèmes et développement sont au cœur de la gestion durable de l'environnement. La recherche est interrogée par ces enjeux pour comprendre et faire comprendre des processus sociaux et écologiques complexes afin d'en assurer la viabilité ; pour appuyer des processus de gestion intégrant la dimension environnementale et le long terme, c'est-à-dire pour donner un contenu aux notions de « gestion intégrée » ou de « gestion adaptative » ; pour considérer l'asymétrie d'information et de participation des acteurs concernés. Dans ce cadre, l'objectif général de l'UR *Gestion des Ressources Renouvelables Environnement* (Green, Cirad) est de fournir des connaissances, des méthodes et des outils pour, d'une part, comprendre les interactions entre usages des ressources naturelles et viabilité des écosystèmes et, d'autre part, accompagner les processus collectifs de gestion.

Pour répondre à ce double objectif, l'UR est pluridisciplinaire : agronomie, modélisation, informatique, écologie, géographie, économie, sociologie et anthropologie du droit sont les disciplines représentées parmi les 15 agents dont la moitié sont expatriés au sein d'universités et de dispositifs de recherche en partenariat.

Le projet de l'UR Green est structuré selon un axe transversal intitulé « Adaptation et transformation des systèmes socio-écologiques » et deux axes de recherche finalisés : « Interactions organisation - environnement » et « Co-construction de modèles, simulations et apprentissage ». Certains facteurs et mécanismes qui contribuent à l'adaptation et à la transformation des systèmes socio-écologiques sont plus spécialement ciblés : l'évolution des points de vue et/ou des savoirs et/ou des pratiques, les jeux de pouvoir, la mobilisation de réseaux, ou encore l'évolution du contexte socioéconomique ou environnemental. L'importance relative de ces facteurs et mécanismes est estimée à partir de travaux menés sur le thème du foncier en Afrique sahélienne et à la Réunion, celui de la biodiversité au Brésil et à Madagascar, de l'agro-biodiversité en Afrique de l'Ouest et en Amérique latine, et de la gestion des bassins versants en Asie.

Une des originalités méthodologiques de l'équipe est de mobiliser en les associant des outils de simulation informatique (multi-agents) et des outils de mise en situation des acteurs (jeux de rôles) pour constituer une plateforme de communication facilitant l'élicitation et l'échange de points de vue entre différentes parties prenantes. À l'initiative de l'UR Green et de chercheurs du Cemagref, du CNRS et de l'Inra, un réseau scientifique regroupant actuellement une cinquantaine de personnes s'est progressivement constitué autour de cette démarche appelée « modélisation d'accompagnement ». ...

* Pour plus d'informations : www.commod.org

R-SYST : réseau de systématique et outil de caractérisation d'organismes d'intérêt



A. Franc © Inra

Le réseau R-SYST relie une douzaine d'équipes de recherche françaises dont deux UMR localisées sur Montpellier : CBGP et AMAP. Il a pour vocation de caractériser, aux niveaux moléculaire et phénotypique, de nombreux organismes d'intérêt parmi les arbres, insectes, champignons, micro-algues et bactéries. Son ambition est de créer un dictionnaire de spécimens caractérisés par un ensemble d'attributs de nature différente : taxinomiques (noms d'espèces validés par des spécialistes, synonymes et les liens associés, *Id Fauna* et *Flora Europea*), géographiques et phénologiques (distributions, dates d'observation, localisations des récoltes, couplage SIG), phénotypiques (caractères

morphologiques, traits d'histoire de vie...) et génotypiques (séquences de différents marqueurs, codants ou non codants).

Ce dictionnaire, à la croisée de plusieurs disciplines et d'outils complémentaires (taxinomie, code-barres et phylogénie), sera à la disposition des scientifiques et des professionnels non-spécialistes dans de nombreux domaines : gestion de la biodiversité, surveillance des bioagresseurs, traçabilité des bois, qualité des eaux et, à terme, identification d'organismes d'intérêt médical ou vétérinaire. R-SYST, fortement soutenu par l'Inra, est directement ou indirectement lié à plusieurs projets internationaux dont QBOL (*Quarantaine Barcoding of Life*, projet européen de code-barres d'organismes de quarantaine), TreeBOL (projet mondial de *barcoding* des arbres), iBOL (*International Barcode of Life*, *GénomeCanada*), CBOL (*Consortium for the Barcode of Life*, Consortium pour le code-barres du vivant). Ces projets concernent l'ensemble de la communauté internationale engagée dans le code-barres du vivant et permettent d'assurer un lien avec les organisations actives dans le domaine de la biodiversité.

**Contacts : Alain Franc, alain.franc@pierroton.inra.fr
Jean-Yves Rasplus, rasplus@supagro.inra.fr
& Jean-François Molino, jean-francois.molino@ird.fr**

Pour plus d'informations :

- R-SYST : w3.pierroton.inra.fr/r-syst
- iBOL : www.dnabarcoding.org
- CBOL : www.barcoding.si.edu
- QBOL : www.qbol.org/UK

◀ *Zygaena purpuralis* (Brünnich, 1763) et *Parnassius appollo* (Linnaeus, 1758), une espèce protégée en Europe, sur *Centaurea sp.*, dans la Valais (Suisse).

La biologie évolutive : une science prédictive ?

Comme pour tous les phénomènes complexes, la question de la prévisibilité de l'évolution est une question difficile et il est souvent prudent d'avoir une attitude extrêmement réservée à ce sujet, d'autant que l'évolution est typiquement un processus lent. Il est même assez facile d'ironiser sur l'intérêt de faire des prédictions à un horizon temporel lointain. Pourtant, il est intéressant de se poser cette question pour plusieurs raisons.

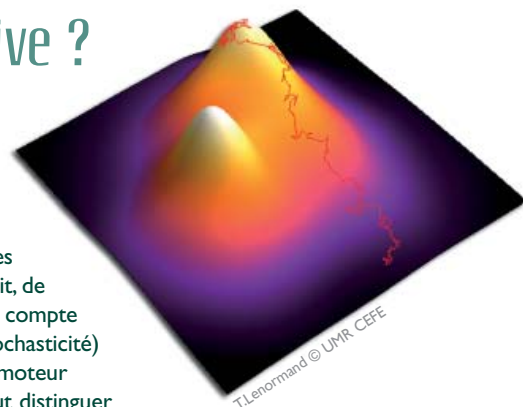
La première raison est méthodologique. Prédire permet de mettre à l'épreuve, de tester et d'affiner quantitativement des théories. C'est un exercice vital pour une science expérimentale, et, dans le cas de la biologie évolutive, la seule façon de s'extraire d'un discours purement historique. Ces dernières années, deux éléments-clés ont modifié la donne. Le premier est que l'on réalise que l'évolution va très vite, surtout lors de périodes de changements environnementaux importants. Cette thématique « d'évolution contemporaine » prend tout son relief dans le contexte des changements globaux ou de la santé publique (évolution des pathogènes). Le second est l'essor des expériences d'évolution « à long terme » sur microorganismes au laboratoire. Grâce à leur temps de génération court, il devient possible de suivre l'évolution sur des dizaines de milliers de générations, et même mieux, de pouvoir revenir à tout moment sur le passé. Il suffit pour cela de sortir du congélateur les échantillons conservés au fur et à mesure lors de ces expériences.

La deuxième raison est plus fondamentale.

Être capable de prédire, c'est faire la part « du hasard et de la nécessité » dans les processus évolutifs. En fait, de plus en plus, on se rend compte que le « hasard » (la stochasticité) joue un rôle central et moteur dans l'évolution. On peut distinguer quatre grandes situations où c'est le cas : (1) la stochasticité contribue largement à la maladaptation que l'on peut observer tous les jours chez tous les organismes, (2) elle gouverne l'évolution lorsque les différences sélectives sont faibles (ou « neutre », ce relatif indéterminisme peut alors conduire à une exubérance des formes et des fonctions), (3) elle pourrait parfois permettre des transitions évolutives rapides sous la forme de « révolutions génétiques » (même si cet aspect reste très controversé), (4) elle déterminerait elle-même la sélection naturelle dans de nombreuses situations « d'adaptation à l'incertitude ».

Contact : Thomas Lenormand, thomas.lenormand@cefe.cnrs.fr

▲ Le processus d'adaptation est souvent représenté comme une trajectoire dans un modèle de « paysage adaptatif ». Cette représentation permet de bien cerner les différents problèmes inhérents à la prévisibilité ou la répétabilité de l'évolution.



Autres équipes concernées par ce thème

UMR LAMETA

Laboratoire Montpellierain d'Économie Théorique et Appliquée
(CNRS, Inra, Montpellier SupAgro, UM1)
Une quarantaine de scientifiques
Directeur : Jean-Michel Salles,
sallesjm@supagro.inra.fr
www.lameta.univ-montp1.fr
► Présentation page 46

UMR LECOB

Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques
(CNRS, UPMC)
16 scientifiques
Directrice : Nadine Le Bris,
lebris@obs-banyuls.fr
<http://lecob.obs-banyuls.fr>
► Présentation page 41

UMR LOMIC

Laboratoire d'Océanographie Microbienne
(CNRS, UPMC)
18 scientifiques
Directeur : Stéphane Blain,
stephane.blain@obs-banyuls.fr
<http://lomic.obs-banyuls.fr>
► Présentation page 40

UMR LSTM

Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes
(Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro, UM2)
42 scientifiques
Directeur : Michel Lebrun,
lebrun@univ-montp2.fr
www.mpl.ird.fr/lstm
► Présentation page 30

UMR TETIS

Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale
(AgroParisTech, Cemagref, Cirad)
58 scientifiques dont 10 impliqués dans la thématique « Biodiversité »
Directeur : Jean-Philippe Tonneau,
jean-philippe.tonneau@cirad.fr
<http://tetis.teledetection.fr>
► Présentation page 54

UPR AGIRs

Animal et Gestion Intégrée des Risques
(Cirad)
22 scientifiques dont 10 écologues
Directeur : François Roger,
francois.roger@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/agirs
► Présentation page 35

UPR Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes

(Cirad)
12 scientifiques
Directeur : Christian Cilas,
christian.cilas@cirad.fr
www.cirad.fr/nos-recherches/unites-de-recherche/maîtrise-des-bioagresseurs-des-cultures-perennes
► Présentation page 32

... suite page 63

Biodiversité et spatialisation

La biodiversité est centrale dans nombre de thèmes de société actuels notamment ceux liés à la relation homme-nature, qui soulèvent de nombreuses interrogations sur la gestion de l'environnement. L'Unité mixte de recherche *Espace pour le développement* (UMR ESPACE-DEV, IRD, UM2, Université Antilles-Guyane, Université de la Réunion) se place dans une perspective de développement durable des territoires, prioritairement en milieu tropical, en mettant en oeuvre des méthodologies de spatialisation des dynamiques de l'environnement, depuis l'acquisition des données jusqu'aux processus décisionnels, pour permettre l'adaptation des sociétés du Sud aux changements globaux. La finalité est de contribuer à l'émergence de réseaux d'observatoires de l'environnement pour le développement durable. Les compétences de l'unité se mobilisent pour construire des modèles de compréhension de systèmes complexes et aboutir à des orientations pour la gestion des ressources et de l'environnement, la gestion intégrée des territoires.

Les travaux de l'UMR ESPACE-DEV (y compris ceux concernant la biodiversité) intègrent d'emblée la dimension spatiale. Ces travaux peuvent bénéficier de la disponibilité d'images satellites à résolution toujours plus haute permettant :
■ de travailler à diverses échelles, parfois très fines, allant actuellement jusqu'à la reconnaissance d'individus et de certaines espèces ;

■ d'extrapoler les résultats en procédant à des changements d'échelle du local au régional au global ;
■ d'appréhender la dimension temporelle par le suivi de dynamiques repérables par analyse d'images.

La biodiversité, une fois spatialisée, est intégrée à son contexte socio-environnemental, pour en comprendre les dynamiques/interactions et en cerner les conséquences en matière d'aide à la gestion des territoires. Ces diverses étapes combinent des recherches thématiques et méthodologiques et requièrent une synergie transversale entre systèmes et protocoles d'acquisition des données (relevés de terrain, télédétection, modes de représentation, approches participatives), de gestion de l'information (base de données, entrepôts, métadonnées, plateformes informatiques de partage), d'analyse et d'intégration des données (modélisation). La meilleure compréhension des processus mettant en jeu les composantes physiques, biologiques et sociologiques de l'environnement, est à la base des modèles, des corrélations et des indicateurs qui enrichiront les protocoles d'aide à la décision.

Les compétences multidisciplinaires et complémentaires au sein de l'UMR ESPACE-DEV s'articulent en trois équipes de recherche : OSE (observation spatiale de l'environnement), AIMS (approche intégrée des milieux et des sociétés) et SIC (système d'information et de connaissance), qui s'appuient sur sept plateformes de réception

Étude de préfiguration d'un observatoire régional de la biodiversité en Languedoc-Roussillon

Le plan d'action « patrimoine naturel » de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité comprend la mise en place du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP), mais également sa valorisation par la création d'un Observatoire National de la Biodiversité et d'observatoires régionaux. En Languedoc-Roussillon, l'étude de préfiguration d'un futur Observatoire Régional de la Biodiversité (ORB) a été confiée à l'UMR TETIS—déjà acteur du SINP au niveau national— par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement et la Région Languedoc-Roussillon.

Considérée comme la région de France métropolitaine présentant le plus haut niveau de biodiversité, le Languedoc-Roussillon a une forte responsabilité en matière de conciliation des activités humaines avec les enjeux écologiques. La création d'un ORB, outre sa fonction de valorisation et de bilan des connaissances existantes, a pour objectif d'augmenter le niveau de prise en compte des problématiques liées à la biodiversité dans les processus de décision et à fournir des éléments facilitant l'évaluation des politiques environnementales. À cette fin l'ORB doit procurer des indicateurs pertinents sur l'état et l'évolution de la biodiversité de la région, ainsi que sur les facteurs qui l'affectent négativement (menaces) et positivement (aires protégées...).

La communauté des acteurs de la biodiversité s'avère particulièrement vaste et diverse, c'est pourquoi l'étude revêt un fort caractère participatif. La démarche classique d'analyse et conception de système d'information a dû être adaptée par la mise en œuvre d'une animation soutenue et par la création d'un site web collaboratif (www.orblr.fr). À l'issue de cette expérience pilote, une première liste d'indicateurs sera proposée, sur la base des besoins des utilisateurs et des potentialités régionales. Des scénarii descriptifs du montage de l'observatoire seront alors proposés, en fonction des partenariats, fourchettes budgétaires et types de structure envisageables. Une maquette décrivant le scénario le plus probable sera proposée.

Contacts : Michel Deshayes, deshayes@teledetection.fr
& Simon Popy, simon.popy@teledetection.fr



d'images satellite réparties dans le monde (Guyane, Réunion, Canaries, Nouvelle-Calédonie, Polynésie, Montpellier et bientôt au Gabon). Les activités sont plutôt orientées vers des régions du Sud où les questions environnementales et de société sont souvent aiguës et la problématique de la biodiversité souvent centrale ; elles sont réalisées en partenariat avec les équipes locales dans le cadre de projets ou de suivi dans des observatoires. Les grands secteurs géographiques concernés sont (1) Méditerranée / Montpellier-Afrique, (2) Amazonie/ Guyane-Antilles-Brésil, (3) Océan Indien/ La Réunion et (4) Pacifique Sud / Nouvelle-Calédonie.

Les questions de recherche, très diverses, vont des plus ciblées aux plus intégratives : approche orientée objet et biodiversité ; spatialisation et mise en évidence d'indicateurs de la biodiversité au niveau du paysage pour la mise en place d'observatoires locaux de l'environnement et l'appui aux politiques publiques ; comprendre et gérer la biodiversité existante par l'intégration des données environnement/société ; biodiversité et santé de l'environnement ; scénarios d'évolution de la biodiversité ; partage de données et de connaissance à travers le web. ■

Autres équipes concernées par ce thème

UR Biens et Services des Écosystèmes Forestiers Tropicaux : intégrer les enjeux liés aux changements globaux

(Cirad)

36 scientifiques

Directeur : Alain Billand,

alain.billand@cirad.fr

www.cirad.fr/ur/bsef

► Présentation page 49

UR COREUS

Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique

(IRD, UPMC)

21 scientifiques

Directeur : Claude Payri,

claud.payri@ird.fr

www.coreus.ird.fr

► Présentation page 40

Les logiciels et plateformes développés par les unités de recherche de Montpellier

- Plateforme *BioInfo-Biodiversité* soutenue par la structure fédérative de recherche *Montpellier Environnement Biodiversité* (en cours de mise en place).

<http://mbb.univ-montp2.fr>



UMR AMAP

- *Capsis* : plateforme de développement de modèles de croissance et de dynamique forestière pour construire et évaluer des scénarios sylvicoles en s'appuyant sur un modèle pour une espèce et une région donnée.

http://umramap.cirad.fr/amap2/logiciels_amap/index.php?page=capsis

- *IDA0* : outil pour la formation scientifique des jeunes et le renforcement des capacités avec une aide à l'identification des espèces pour les études sur la biodiversité et à la diffusion de l'information.

http://umramap.cirad.fr/amap2/logiciels_amap/index.php?page=idao

UMR CEFÉ

- Logiciel convivial *E-SURGE* (avec *U-CARE*) pour les biologistes des populations : estimation et inférence des paramètres démographiques basée sur l'analyse des données « capture-recapture ».

www.cefe.cnrs.fr/BIOM/logiciels.htm

- Logiciel *RMES* : estimation des taux d'autofécondation (généralement d'endogamie) à partir des distributions des hétérozygotes multi-loci dans des échantillons de population.

[ftp://ftp.cefe.cnrs.fr/RMES](http://ftp.cefe.cnrs.fr/RMES)

UMR CBGP

- Logiciel convivial *DIYABC* : estimation du calcul bayésien de l'inférence statistique en génétique des populations en utilisant des marqueurs moléculaires.

www1.montpellier.inra.fr/CBGP/diyabc

- Logiciel *Geneland* : analyses de génétique du paysage (estimation du nombre de populations dans un jeu de données, définition de l'organisation spatiale des populations) via l'utilisation des coordonnées géographiques des individus et des données génétiques à plusieurs loci.

www2.imm.dtu.dk/~gigu/Geneland

UMR ESPACE-DEV

- Outil libre de catalogage et de localisation *MDweb*

www.mdweb-project.org

- Logiciel *SEL*, système d'information sur l'environnement à l'échelle locale : suivre et scénariser l'évolution des ressources végétales d'un territoire selon les utilisations anthropiques.

UMR ISEM

- Logiciels libres *Genepop* et *Genetix* : calcul d'un ensemble de paramètres couramment utilisés en génétique des populations et étude de leur significativité par des tests exacts et des tests de permutation.

Genepop : <http://kimura.univ-montp2.fr/~rousset/Genepop.htm>

Genetix : www.genetix.univ-montp2.fr/genetix/intro.htm

- Bibliothèque de code pour la bioinformatique *Bio++*, ensemble de bibliothèques écrites en C++ : analyses bioinformatiques incluant l'analyse des séquences, la phylogénie, l'évolution moléculaire et la génétique des populations.

<http://biopp.univ-montp2.fr>

UR Green

- Plateforme *CORMAS* : outil de simulation multi-agent appliquée à la gestion des ressources renouvelables.

<http://cormas.cirad.fr>

- Plateforme *MIMOSA* : logiciel libre pour concrétiser certaines avancées conceptuelles dans le domaine de la modélisation et de la simulation informatique.

<http://mimosa.sourceforge.net>

Contact : SFR Montpellier Environnement Biodiversité, MEB@univ-montp2.fr



▲ Séance de jeu de rôles avec des paysans maliens pour réfléchir à la dynamique des semences de variétés paysannes de Sorgho à l'échelle d'un village.

► Germination des grains de sorghos rouges pour le maltage avant la fabrication de la bière locale, le *dolo*.

D. Bazile © Cirad



D. Bazile © Cirad

MALI : des jeux de rôles autour du sorgho

La diversité des plantes alimentaires permet à l'homme d'adapter ses cultures aux conditions à la fois environnementales, climatiques, économiques et sociales présentes et à venir. Durant sept années, dans le cadre du projet « Agrobiodiversité des sorghos au Mali et au Burkina Faso » financé par le Fonds Français pour l'Environnement Mondial, la reconnaissance du rôle paysan dans la préservation et la création de biodiversité a été fortement valorisée. Jusqu'à présent, les conditions locales n'étaient que peu prises en compte dans les processus de sélection et création de nouvelles variétés. Au Mali, 90 % des semences utilisées en sorgho proviennent d'une multiplication à la ferme des variétés traditionnelles qui sont diffusées via les systèmes locaux de gestion des semences. La sélection participative permet de co-construire avec les paysans l'innovation variétale en intégrant les savoirs locaux. La recherche a été centrée sur la dynamique de la diversité variétale à l'échelle du village.

Quatre ateliers successifs réunissant agriculteurs, responsables d'organisations paysannes ou d'organisations non gouvernementales et chercheurs, ont permis de dissocier les éléments du système semencier pour les traiter de façon indépendante afin d'aboutir à une compréhension partagée des choix des paysans et des mécanismes d'échanges de semences. Chaque atelier donnait lieu à la construction d'un outil spécifique de mise en situation des acteurs, appelé « Jeu de Rôles » (JdR), utilisé pour analyser les pratiques locales et remettre en question les connaissances acquises au préalable par les chercheurs pour

élaborer les règles de ce JdR. Les ateliers

participent à la constitution progressive d'une connaissance partagée prenant forme dans un modèle. Les participants ont souligné que les ateliers permettent de comprendre ce que les chercheurs veulent et ce qu'ils en font. L'exploration de scénarios prospectifs au cours de sessions de JdR, ou via des simulations informatiques de type multi-agents basées sur le même modèle conceptuel, permettent de rendre accessibles des échelles de temps et d'espace qui ne le sont pas dans la réalité. Ainsi, les paysans peuvent suivre et discuter les conséquences de leurs actions sur la diversité variétale à l'échelle du village durant plusieurs années successives, en réaction à des événements qu'ils ont préalablement retenus comme intéressants à considérer.

Dans ce cas particulier, des pistes concrètes d'action ont émergé pour la mise en place de structures collectives de gestion *in situ* des semences avec l'appui des ONG. Il faut alors penser à d'autres outils mieux adaptés à l'accompagnement opérationnel pour la mise en place de ces nouveaux projets collectifs.

Contact : Didier Bazile, didier.bazile@cirad.fr

Pour plus d'informations : www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/3C/AA/article.phtml



▲ Fête de la Biodiversité, 2010.

© M. Croze

La biodiversité, *une science citoyenne*

Notre compréhension de la biodiversité reste faible par rapport aux implications politiques, économiques, sociales et éthiques que représente son érosion actuelle. Suivre et prévoir le devenir de la biodiversité sont, dès lors, devenus des enjeux importants pour les scientifiques, les gestionnaires et les décideurs politiques. Comment faire pour comprendre et prédire l'état et les tendances de la biodiversité ? Pour cela, un obstacle majeur doit être surmonté : mesurer la répartition et la dynamique de la biodiversité sur de larges échelles de temps et d'espace.

Ni les scientifiques, ni les gouvernements, ni la technique ne peuvent à eux-seuls assurer la collecte des données nécessaires. Les programmes de sciences citoyennes, impliquant les citoyens dans ce processus, deviennent dès lors un outil incontournable des stratégies de conservation. Cartographier la flore, suivre la reproduction des oiseaux communs, observer l'abondance des papillons dans les jardins privés sont des exemples de ces programmes scientifiques dont la collecte de données rassemble et associe citoyens, gestionnaires de l'environnement et scientifiques. Lorsque ces collaborations sont bien menées, ce sont des outils puissants qui contribuent à la fois à l'évolution rapide des connaissances sur la biodiversité et à leur diffusion vers un large public.

Dans un monde de plus en plus urbanisé, les sciences citoyennes donnent l'occasion au grand public de s'intéresser à la nature tout en participant à la recherche. En effet, ces programmes s'appuient généralement sur les suivis d'espèces communes situées dans des habitats très accessibles, y compris résidentiels et urbains. Ces espèces, faciles à identifier, participent à sensibiliser les citoyens à la nature de « tous les jours ». En retour, l'implication des citoyens dans ces programmes impacte le travail des scientifiques qui se doivent d'expliquer le sens de leur démarche, les étapes d'un raisonnement scientifique et les conséquences de leurs travaux sur la société.

Ainsi, la réussite d'un programme de science citoyenne ne se limite pas aux données récoltées. C'est aussi l'occasion pour que les scientifiques se rapprochent des réseaux d'amateurs, pour fédérer un groupe de personnes autour d'un enjeu et de valeurs communs. En rendant la démarche scientifique et le savoir accessibles, les sciences citoyennes participent à la responsabilisation de nos sociétés et à l'émergence d'une conscience environnementale respectueuse. Les synergies qu'elles favorisent entre les différents acteurs de la société peuvent aussi directement contribuer à la prise en compte de la biodiversité dans les processus de décision. Les sciences citoyennes fournissent, en effet, des indicateurs sur la biodiversité officiellement utilisés par les gouvernements. Par exemple, l'indicateur de « bien-être humain » en Angleterre ou de « développement durable » en France, est pour partie basé sur la tendance des oiseaux communs, dénombrés chaque année par des ornithologues bénévoles.

Les sciences citoyennes font un pas en avant par rapport à la vision très académique de la progression de la connaissance et à la vision très hiérarchisée de la gouvernance. Il s'agit en effet de restaurer une relation de confiance entre la société et les scientifiques en impliquant les participants dans la recherche sur la biodiversité. La participation des citoyens à la science produite, ajoute une légitimité démocratique à la légitimité scientifique des résultats issus de leurs données. Le devenir de la diversité biologique est un enjeu qui concerne l'humanité toute entière. Celle-ci doit désormais composer sa vie sur terre avec les conséquences des changements globaux dont elle est elle-même la cause. Dans ce contexte nouveau, les sciences citoyennes favorisent la sensibilisation et la responsabilisation de tous et participent à la prise de conscience de nos devoirs envers la nature et à l'égard des générations futures.

**Violette Roche (Tela Botanica)
& Vincent Devictor (UMR ISEM)**

La biodiversité, *une science citoyenne*

Les acteurs principaux

Parcs Nationaux de France, tête de réseau des 9 parcs nationaux français et 3 projets de parcs

Vanoise (1963), Port-Cros (1963), Pyrénées (1967), Cévennes (1970), Ecrins (1973), Mercantour (1979), Guadeloupe (1989), La Réunion (2007), Parc amazonien de Guyane (2007), projets des Calanques (prochainement), « d'Entre Champagne et Bourgogne » et de zone humide (en cours d'identification).
(Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat)

2 scientifiques au niveau national, équipes scientifiques de 2 à 10 personnes dans chaque parc national

Directeur : Jean-Marie Petit,
jean-marie.petit@parcnational.fr
www.parcsnationaux.fr

► Présentation page 68

Tela Botanica 12 salariés

12 000 membres (dont 65 % de professionnels)
Comité scientifique et technique : 18 scientifiques

Président : Daniel Mathieu,
dmathieu@tela-botanica.org
www.tela-botanica.org

► Présentation page 69

Ville de Montpellier
Direction « Paysage & nature »
Directeur : Philippe Croze,
philippe.croze@ville-montpellier.fr
www.montpellier.fr
► Présentation page 72

PNF, le réseau *des parcs nationaux* et la biodiversité

Parcs Nationaux de France (PNF) est un établissement public national à caractère administratif, placé sous tutelle du ministre de l'Écologie. Jouant le rôle de fédération des parcs nationaux français, il crée des synergies entre eux. Il a notamment pour mission de prêter son concours technique aux parcs nationaux, de contribuer au rassemblement des données portant sur leurs patrimoines et les activités humaines de leurs territoires, de représenter et promouvoir les parcs dans les enceintes nationales et internationales. Dans ce cadre, PNF conduit pour le compte des parcs nationaux des études d'intérêt général, anime le réseau de leurs responsables scientifiques, les représente auprès des grands programmes de recherche nationaux (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, Action Publique, Agriculture & Biodiversité...), co-organise des colloques et séminaires scientifiques et rassemble les protocoles conduits par les parcs en vue de les faire davantage converger.

Reconnus au niveau international comme des territoires d'exception, les parcs nationaux sont des pièces maîtresses de la stratégie nationale pour la protection de la nature et des paysages remarquables. Ils ont pour priorité la protection de la biodiversité

ainsi que du patrimoine naturel et culturel. Ils offrent une combinaison d'espaces terrestres et maritimes remarquables dont le mode de gouvernance et de gestion leur permet d'en préserver les richesses. Ce réseau couvre de grandes superficies (24 920 km² terrestres au total, 7,8 % du territoire métropolitain et des départements d'Outre-mer), dans des contextes variés du point de vue (bio)géographique, écologique et des activités humaines.

Les établissements publics en charge des parcs nationaux sont partie prenante de la recherche scientifique et en tirent profit : désignés dans les textes comme des territoires d'expérimentation, de recherche et de référence, il est nécessaire, pour bien les gérer, d'en connaître l'histoire et les composantes et de comprendre les processus—passés et actuels—écologiques et sociaux, qui contribuent à les façonner.

Les problématiques liées à la biodiversité qui intéressent au premier chef les parcs nationaux sont nombreuses : inventaire de la biodiversité, évaluation du bon état de conservation et connaissance des processus fonctionnels, gestion des espèces et des milieux, maîtrise de certaines populations, changement climatique (réchauffement et acidification des mers et océans), changement de répartition d'espèces, maladies émergentes, invasions biologiques, impact des activités humaines, relations faune sauvage-faune domestique, pollutions,



© D. Hémeray

▲ Parc national de la Vanoise .

identification des continuités écologiques et intégration dans les trames vertes et bleues, représentations sociales de la nature, évaluation des services écologiques...

PNF pilote pour le compte des parcs des études scientifiques transversales (retombées économiques des espaces protégés, approche des éléments de valeur de trois parcs pilotes, application du concept de solidarité écologique, histoire de la création des parcs nationaux...). Les parcs mettent en place depuis leur création des programmes visant à mieux connaître la biodiversité : inventaires patrimoniaux (p. ex. *All Taxa Biodiversity Inventory and Monitoring dans le Mercantour*), dispositifs de suivi à long terme de populations d'espèces emblématiques (mérour à Port-Cros, ongulés dans les parcs de montagne), dispositifs de suivi thématiques —reproduction de l'aigle royal (parcs alpins), biodiversité saproxyliques (Cévennes)—, dispositifs de suivi des changements globaux—suivi des alpages sentinelles (Ecrins), exclos forestiers et placettes de mangrove (Guadeloupe)—, suivi de températures et de la phénologie

de certains arbres (Vanoise, Mercantour), partenariats de recherche dans différents domaines : compréhension du fonctionnement des milieux et des invasions biologiques, contribution à des zones ateliers Alpes, suivi de la fonte des glaciers...

Les chercheurs trouvent au sein des parcs des territoires protégés sur le long terme, souvent à forte naturalité, des séries de données longues, un appui du Conseil scientifique et le partenariat des équipes scientifiques et techniques des parcs, des expérimentations des réintroductions d'espèces.

Tela Botanica : le réseau des botanistes francophones

Tela Botanica est un réseau qui met en relation chercheurs, professionnels et grand public. Créé en 1999 en partenariat avec d'autres associations dont la Société Botanique de France, le réseau *Tela Botanica* développe des projets autour de la botanique en collaboration directe avec des

chercheurs, des professionnels et le grand public. L'association met à la disposition des botanistes francophones son savoir-faire en animation et en technologies de l'information pour faciliter la diffusion de la connaissance et le développement de projets collaboratifs. *Tela Botanica* participe à la valorisation des savoirs et facilite la coopération des botanistes aux niveaux national et international.

La botanique, science qui étudie les végétaux, est fondamentale pour appréhender d'autres disciplines :

- la biodiversité : connaître et protéger la nature ;
- les changements climatiques : suivre l'impact sur l'environnement ;
- la médecine : source de molécules pour la santé ;
- l'agronomie : réservoir de gènes pour le futur ;
- la forêt : choix des essences adaptées aux changements.

Il apparaît aujourd'hui primordial que cette science soit valorisée afin de faire progresser la recherche et contribuer à un développement durable. ...



© E. Gritti



© I. Chuine

▲ Nogent 2008 lors d'une sortie-formation sur la phénologie.

◀ Observation de l'orme lors d'une sortie-formation sur la phénologie.

Autres équipes concernées par ce thème

Tour du Valat
25 scientifiques

Directeur : Jean Jalbert,
jalbert@tourduvalat.org
www.tourduvalat.org

► Présentation page 53

UMRAMAP
botAnique et bioinformAtique
de l'Architecture des Plantes
(Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2)
44 scientifiques

Directeur : Daniel Barthélémy,
daniel.barthelemy@cirad.fr
<http://amap.cirad.fr/>

► Présentation page 58

UMR ESPACE-DEV
Espace pour le développement
(IRD, UM2, Université Antilles-Guyane,
Université de la Réunion)
60 scientifiques

Directeur : Frédéric Huynh,
huynh@ird.fr
www.espace.ird.fr

► Présentation page 62

UMR TETIS
Territoires, Environnement, Télédétection
et Information Spatiale
(AgroParisTech, Cemagref, Cirad)
58 scientifiques dont 10 impliqués
dans la thématique « Biodiversité »

Directeur : Jean-Philippe Tonneau,
jean-philippe.tonneau@cirad.fr
<http://tetis.teledetection.fr>

► Présentation page 54

UR Green
Gestion des Ressources Renouvelables
Environnement
(Cirad)
15 scientifiques

Directrice : Martine Antona,
martine.antona@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/Green

► Présentation page 60

Outre l'animation de réseau et le développement de son site Internet, *Tela Botanica* participe à des programmes en partenariat avec d'autres structures publiques et privées, dans le but de concourir au progrès de la botanique et des sciences qui s'y rattachent :

■ **Référentiels taxinomiques** (collaboration Muséum National d'Histoire Naturelle [MNHN], ONF, Fédération des CBN) : ce projet met à disposition des naturalistes des référentiels taxinomiques complets leur permettant d'échanger des informations sur la base d'un référentiel commun.

■ **Carnet en ligne** : un carnet de terrain informatique pour collecter des données naturalistes, permettant de déposer des observations, des photos de plantes, de les trier et de les rechercher.

■ **Interopérabilité des bases de données naturalistes** (collaboration DIREN, Région Languedoc-Roussillon) : pour une collaboration entre les collecteurs et la mise à disposition d'informations aux utilisateurs et services publics.

■ **Phytosociologie** : formation annuelle à la phytosociologie synusiale intégrée pour un public varié et mise à disposition d'un grand nombre d'information sur le sujet.

■ **PI@ntNet** (collaboration UMR AMAP, INRIA) : réseau collaboratif visant la création d'une plateforme informatique destinée à faciliter l'acquisition, l'analyse et l'exploitation collaborative de données sur le monde végétal.

■ **Vigie-Flore** (collaboration MNHN) : observatoire des plantes communes visant le suivi de la distribution de la

flore au cours du temps afin d'évaluer l'impact des activités humaines et des changements globaux sur la biodiversité.

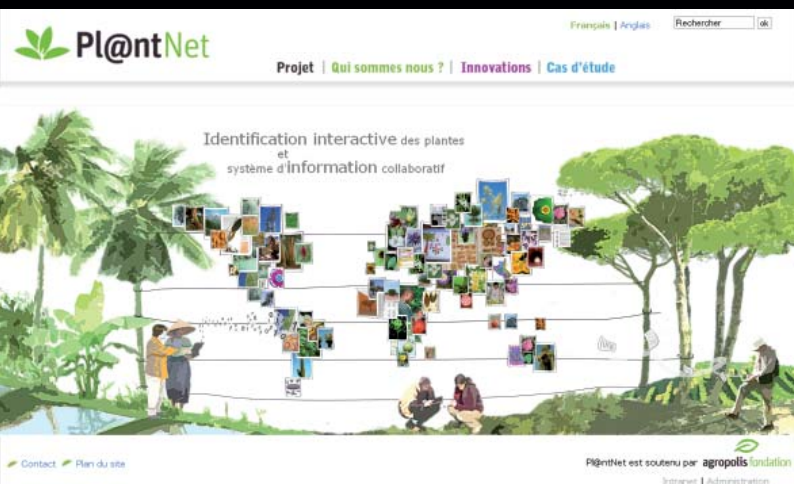
■ **Recensement des herbiers** (collaboration UM2, AMAP, MHN d'Aix-en-Provence, CBN de Porquerolles) : recenser et expertiser tous les herbiers, publics et privés, conservés en Languedoc-Roussillon avec un outil de saisie en ligne (collections en ligne).

■ **Global Plant Initiative** (UM2, Université Mohamed V, Fondation Mellon) : coopération de dizaines d'institutions d'Afrique, d'Amérique latine, d'Europe et des États-Unis, afin de créer une bibliothèque numérique permanente des ressources scientifiques concernant les types nomenclatureaux de plantes de toutes les régions du monde.

■ **L'Observatoire des Saisons** (collaboration GDR CNRS 2968) : programme scientifique sollicitant la participation du grand public pour relever des données sur la phénologie de plantes communes.

L'association développe les principes d'une science participative et citoyenne. Ce sont des milliers d'inscrits au réseau, issus de pays différents et de compétences variées, qui contribuent bénévolement au développement des connaissances. Notre équipe informatique, forte de 10 années d'expérience en développement d'outils participatifs, assure la fiabilité et la pérennité de ce travail collaboratif. Ainsi, *Tela Botanica* offre la possibilité à chacun de pouvoir s'impliquer dans la réalisation de projets. Toutes les données collectées sont réutilisables de façon libre et gratuite.

Pl@ntNet, un réseau collaboratif et une plateforme informatique dédiés à la compilation et au partage d'outils et de connaissances en botanique



▲ Page d'accueil du site Pl@ntNet.

Pl@ntNet est une initiative proposée par un consortium international regroupant de nombreux organismes autour de trois équipes : AMAP, l'équipe-projet IMEDIA de l'Institut national de recherche en informatique et automatique et le réseau de botanique francophone *Tela Botanica*. Ce projet de 4 ans, (soutenu par Agropolis Fondation, vise la création d'une plateforme informatique destinée à faciliter l'acquisition, l'analyse et l'exploitation collaborative de données sur le monde végétal par trois grandes catégories d'acteurs : scientifiques, gestionnaires et citoyens.

Les besoins croissants de synthèses pour répondre aux principaux défis mondiaux qui impliquent le règne végétal, nécessitent la collecte de masses importantes de données, et la valorisation des données existantes. Les outils informatiques d'annotation, de navigation et d'exploitation que Pl@ntNet va mettre au point et

diffuser concernent des données de toute nature (herbiers, photos, distribution géographique, phénologie, écologie, usages, etc.). Ces outils seront en libre accès, utilisables directement sur la plateforme ou hors-ligne, et permettront aux utilisateurs de gérer individuellement leurs propres données botaniques, puis de les échanger avec d'autres utilisateurs—scientifiques, professionnels de l'environnement ou amateurs. Les données accumulées seront ainsi mobilisables pour des projets de science citoyenne, par exemple la réalisation de flores, d'index taxinomiques ou de supports de formation interactifs. L'ergonomie et l'efficacité des logiciels développés seront évaluées par un panel d'utilisateurs, au travers du réseau *Tela Botanica* et dans le cadre de projets pilotes réalisés avec de nombreux partenaires internationaux afin d'assurer l'adéquation des applications aux besoins et attentes des utilisateurs finaux. Plusieurs thèses en indexation et recherche par le contenu visuel ainsi qu'en écologie sont programmées ; leurs résultats seront directement intégrés dans la plateforme. L'ensemble de ces recherches permettra des avancées significatives en agronomie, écologie, bioinformatique, botanique tropicale et méditerranéenne.

Pl@ntNet s'inscrit dans le vaste mouvement international pour une meilleure gestion et valorisation des informations taxinomiques, en complément d'autres initiatives internationales (*Global Biodiversity Information Facility, European Distributed Institute of Taxonomy, Encyclopedia of Life, KeyToNature*) et utilisera les standards définis par le *Taxonomic Database Working Group*.

**Contacts : Daniel Barthélémy, daniel.barthelemy@cirad.fr
Nozha Boujemaa, Nozha.Boujemaa@inria.fr
Daniel Mathieu, dmathieu@tela-botanica.org
& Jean-Francois Molino, jean-francois.molino@ird.fr**

Pour plus d'informations : www.plantnet-project.org

Une philosophie de terrain au service de la biodiversité

La conservation de la biodiversité opère en contexte de double incertitude : une incertitude factuelle (Quel est l'état initial du milieu ? Quelles sont les conséquences probables de telle ou telle mesure ?) et une incertitude normative (Quelle biodiversité devons-nous protéger ? Pour quelles raisons faudrait-il le faire ?). La méthode expérimentale permet de faire face à l'incertitude factuelle. Elle s'attache à lever l'incertitude et, lorsque c'est impossible, à la prendre en compte en mettant en place un protocole de suivi des effets d'une mesure donnée afin de l'ajuster en fonction de l'adéquation de ses effets avec l'objectif de gestion initiale.

Mais qu'en est-il de l'incertitude normative ? Différentes valeurs entrent en jeu, et éventuellement en compétition, pour justifier la conservation de la biodiversité : intérêts des êtres humains présents ou à venir, droit des animaux, respect du vivant, valeur intrinsèque des espèces ou des processus évolutifs, etc. S'opposant à la dichotomie traditionnelle entre faits et valeurs, l'approche pragmatiste soutient que la frontière entre ce qui est et ce qui

devrait être est bien plus poreuse que les philosophes occidentaux ne l'ont jusqu'à présent admis. Les valeurs ne seraient pas des entités abstraites qu'il convient de découvrir et d'organiser de façon rationnelle et universaliste, mais elles seraient des outils pratiques, dont se dotent les individus et les groupes sociaux pour faire face aux problèmes qu'ils rencontrent.

Ces valeurs pourraient alors être l'objet d'une investigation expérimentale, au même titre que les phénomènes écologiques. D'où l'idée d'une véritable philosophie de terrain, qui parte des représentations, des déclarations et des actions des acteurs engagés dans des problèmes concrets pour fonder « par le bas » un cadre normatif permettant d'éclairer les tensions que la conservation de la biodiversité ne manque pas de soulever, qu'il s'agisse de tensions internes (quelle biodiversité conserver ?) ou de tensions externes (quel équilibre effectuer entre la conservation de la biodiversité et d'autres demandes sociales ?).

Contact : Virginie Maris, virginie.maris@cefe.cnrs.fr



▲ Fleurissement extensif à Montpellier.

© M. Croze

“ Le combat pour la vie sur terre sera gagné ou perdu dans les villes, les collectivités locales ont un rôle majeur à jouer car les changements globaux débutent au niveau local a déclaré Ahmed Djoghlaïf, secrétaire général de la Convention sur la diversité biologique. Consciente de cet enjeu, j'ai engagé la Ville de Montpellier dans une démarche volontaire autour des deux défis majeurs planétaires, la lutte contre le réchauffement climatique et celle contre l'érosion de la biodiversité. Montpellier doit devenir dans ce dernier domaine une référence nationale, voir internationale grâce à sa richesse en diversité biologique, en chercheurs dans ce domaine et en militants associatifs. ”

Hélène Mandroux,
Maire de la ville de Montpellier

Montpellier, une ville résolument engagée dans la préservation de la biodiversité

Montpellier, capitale du Languedoc-Roussillon, région qui comporte le plus de sites « Natura 2000 » en France, possède un passé glorieux sur le plan de la botanique avec le plus ancien jardin botanique et le deuxième herbier de France. Sa croissance au cours des dernières décennies s'est réalisée en préservant de grands espaces de nature et leur richesse biologique, et en développant une politique active de gestion de ces derniers. L'accroissement des zones vertes au sein des zones urbanisées a permis d'avoir un nombre important d'espèces animales (101 d'oiseaux, 18 de mammifères, 27 de poissons, 13 de reptiles), et plus de 1 000 espèces végétales indigènes à Montpellier.

Les mesures prises en faveur de la biodiversité sont les suivantes :

■ **Jardin des Plantes** : afin d'améliorer les conditions de conservation des espèces, la ville soutient financièrement sa rénovation en vue de sa conversion en outil de diffusion de la culture scientifique.

■ **Parc zoologique** : cet équipement municipal privilégie les espèces les plus menacées (50 sur les 120 présentées) et participe à la sensibilisation du public à travers des campagnes d'information (*Save the Rhinos*, les grenouilles ont besoin de vous, les carnivores européens) ainsi qu'à la réintroduction d'espèces dans leur milieu d'origine.

■ **Gestion durable des parcs et espaces naturels** : depuis les années 1990, les parcs et jardins sont gérés de manière à favoriser la conservation, voire l'amélioration de la biodiversité (abandon des pesticides, installation de flore indigène, gestion de l'eau).

■ **Réalisation d'une trame verte** : afin de relier les parcs, jardins et espaces naturels entre eux et ainsi éviter une fragmentation qui serait néfaste à la biodiversité, un vaste programme de réalisation d'une trame verte est en cours, alliant déplacements doux et liaisons biologiques.

■ **Sensibilisation du public** : réconcilier l'homme urbain avec la nature, le sensibiliser aux menaces qui pèsent sur la biodiversité et diffuser la culture scientifique et technique sont des objectifs prioritaires réalisés à travers le programme « Main verte », les animations et visites au parc zoologique et l'organisation de la « fête de la biodiversité ».

■ Collaboration avec le milieu scientifique : la richesse de la recherche sur la biodiversité à Montpellier est utilisée, comme par exemple l'étude sur l'enherbement des pieds d'arbres (CEFE/CNRS), le suivi de la croissance des végétaux dans la serre amazonienne, la lutte contre les ravageurs du palmier... L'accès du public à des congrès scientifiques (Congrès mondial de l'eau, Apimondia) participe à cette collaboration. Elle sera accentuée en 2010, 2011 et 2012 à l'occasion de la tenue de plusieurs congrès scientifiques internationaux (congrès mondial d'ethnobiologie en 2012, congrès européen des parcs zoologiques en 2011...).

Avec son engagement à la Convention sur la diversité biologique aux côtés de Montréal,

Curitiba, Singapour, Nagoya et Bonn, Montpellier souhaite poursuivre ces actions par l'adoption d'un plan « Biodiversité » selon trois axes :

- Observer et connaître
- Conserver et restaurer
- Sensibiliser et éduquer

Un des objectifs principaux de ce plan est de restaurer les liens entre les habitants et la nature ordinaire qui les entoure en ville afin de les sensibiliser à l'enjeu mondial de la conservation de la biodiversité. Parmi les nombreuses actions mises en œuvre, citons :

- le développement de la coopération avec le milieu scientifique ;
- l'ouverture d'activités pédagogiques dans le cadre de l'Agriparc autour de la vigne, de l'apiculture et de l'oléiculture ;

- la valorisation et la gestion des friches urbaines et des délaissés afin qu'ils participent par leur richesse biologique à la trame verte urbaine ;
- la mise en œuvre de réseaux d'observation de la biodiversité urbaine basés sur la participation volontaire des habitants et des publics scolaires portant sur la faune et la flore ;
- la pérennisation de la fête de la biodiversité, moment de rencontre entre les habitants, les chercheurs, les associations et les gestionnaires d'espaces naturels ;
- l'ouverture du centre Darwin au parc zoologique, centre de ressources sur la faune sauvage pour tous les publics. ■

▼ *Ecovolontaires observant des globicéphales, Globicephala melas.*

C. Arnal © Cybelle Méditerranée

Le programme sciences citoyennes Cybelle Méditerranée

Cybelle Méditerranée est un programme de sciences citoyennes en mer Méditerranée. Ce programme suit à grande échelle et à long terme la biodiversité marine pour mieux comprendre l'impact des changements de l'environnement (notamment climatiques) sur la mer Méditerranée. Les objectifs sont (1) de rassembler les scientifiques et les non-scientifiques et (2) de mesurer simplement et de suivre les changements de biodiversité. Cybelle Méditerranée se base sur la contribution d'amateurs, de plongeurs ou de plaisanciers pour effectuer, sans formation préalable, des observations en mer. Des protocoles simples ont été établis par des spécialistes et des scientifiques. Les informations collectées sont restituées par les amateurs sur un site web et alimentent une base de données mise à la libre disposition de la communauté scientifique et des gestionnaires. Ce programme, démarré en 2009, est à l'initiative de l'association Cybelle Planète, et rassemble une commission scientifique et pédagogique composée d'une vingtaine d'acteurs. Un bulletin annuel est téléchargeable en ligne.

Contacts : Céline Arnal, contact@cybelle-mediterranee.org & Serge Morand, serge.morand@univ-montp2.fr

Pour plus d'informations : www.cybelle-mediterranee.org





▲ *Fleur de mélèze.*

E. Gritti © UMR CEFE

L'Observatoire Des Saisons

L'Observatoire Des Saisons (ODS) est un programme de science participative à destination du grand public. Ses objectifs sont triples : (1) sensibiliser le public à l'impact du réchauffement climatique sur la flore et la faune, (2) faire participer le public à la collecte d'information sur les rythmes saisonniers de la flore et de la faune, (3) proposer un lieu d'échanges privilégiés avec les chercheurs travaillant dans le domaine de la biodiversité et des changements climatiques. La recherche sur les impacts du changement climatique a un besoin urgent d'observations phénologiques (rythmes saisonniers) sur l'ensemble du territoire et sur de nombreuses espèces. Les rythmes saisonniers sont en effet très fortement modifiés par le changement climatique, ce qui occasionne des modifications profondes du fonctionnement des écosystèmes, voire met en péril la survie de certaines espèces.

Les observations faites à travers toute la France par l'ODS alimentent ainsi, au fur et à mesure, une vaste base de données validées et exploitées par les chercheurs. L'ODS nécessite de la part du participant une observation de son environnement local et des organismes qui y vivent. Il permet, même pour un public citoyen, de prendre conscience du monde vivant qui l'entoure

et des modifications qu'entraîne le changement climatique sur celui-ci. La simplicité des observations permet la participation de toute personne, quels que soient son âge, sa profession et son origine socioculturelle. L'ODS permet au public de prendre également conscience des enjeux scientifiques mais aussi socio-économiques du changement climatique grâce aux échanges avec les chercheurs impliqués dans le projet.

Cette opération est à l'initiative du Groupement de Recherche 2968 (Systèmes d'Information Phénologique pour la Gestion et l'Étude des Changements Climatiques) du CNRS rassemblant une trentaine d'acteurs. Elle est animée par trois associations : *Tela Botanica* (www.tela-botanica.org), Planète Sciences (www.planete-sciences.org/national) et le Centre de Recherches sur les Écosystèmes d'Altitude (www.crea.hautesavoie.net/crea).

**Contacts : Isabelle Chuine, isabelle.chuine@cefe.cnrs.fr
& Violette Roche, violette@tela-botanica.org**

Pour plus d'informations :
www.obs-saisons.fr



Thématiques couvertes par les équipes de recherche

(Octobre 2010)

Les différentes unités et équipes de recherche apparaissant dans le texte de ce dossier sont consignées dans le tableau ci-dessous.

1. Origine et évolution de la biodiversité
2. Biodiversité fonctionnelle
3. Sociétés et biodiversité
4. Modéliser, scénariser la biodiversité
5. La biodiversité, une science citoyenne

Les thématiques « principales » de chacune des équipes sont signalées en rouge (●) dans le tableau ci-dessous.

Page : présentation de l'équipe

Unités	page	1	2	3	4	5
Bioersity International (CGIAR) Stephan Weise	52			●		
Ecotron Européen de Montpellier (CNRS) Jacques Roy	26		●			
Parcs Nationaux de France (ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat) Jean-Marie Petit	68					●
Tela Botanica Daniel Mathieu	69					●
Tour du Valat Jean Jalbert	53		●	●	●	●
UMR AMAP - botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes (Cirad, CNRS, Inra, IRD, UM2) Daniel Barthélémy	58	●	●	●	●	●
UMR BETM - Biologie et Écologie tropicale et méditerranéenne (CNRS, UPVD) André Théron	11	●				
UMR BGPI - Biologie et Génétique des Interactions Plantes-Parasites (Cirad, Inra, Montpellier SupAgro) Jean-Loup Notteghem	16	●				
UMR BIOM - Biologie Intégrative des Organismes Marins (CNRS, UPMC) Hervé Moreau	21	●	●			
UMR CBAE - Centre de Bio-Archéologie et d'Écologie (CNRS, EPHE, Inrap, UM2) Jean-Frédéric Terral	28		●		●	
UMR CBGP - Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro) Flavie Vanlerberghe	10	●	●		●	
UMR CEFÉ - Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (Cirad, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier SupAgro, UM1, UM2, UM3) Philippe Jarne	24	●	●	●	●	
UMR CMAEE - Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes (Cirad, Inra) Dominique Martinez	17	●	●		●	
UMR DGIMI - Diversité, Génomes & Interactions Microorganismes - Insectes (Inra, UM2) Patrick Tailliez	18	●				
UMR Eco&Sols - Écologie fonctionnelle et Biogéochimie des Sols & Agro-écosystèmes (Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro) Jean-Luc Chotte	29		●		●	
UMR ECOSYM - Écologie des systèmes marins côtiers (CNRS, IRD, UM2) Marc Troussellier	37		●		●	
UMR EME - Écosystèmes Marins Exploités (Ifremer, IRD, UM2) Philippe Cury	38		●	●	●	
UMR ESPACE-DEV - Espace pour le développement (IRD, UM2, Université Antilles-Guyane, Université de la Réunion) Frédéric Huynh	62		●	●	●	●

Unités	page	1	2	3	4	5
UMR Interactions Hôtes-vecteurs-parasites dans les Trypanosomoses (Cirad, IRD) Gérard Cuny	15	•	•			
UMR ISEM - Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (CNRS, IRD, UM2) Jean-Christophe Auffray	8	•	•	•	•	
UMR LAMETA - Laboratoire Montpellierain d'Économie Théorique et Appliquée (CNRS, Inra, Montpellier SupAgro, UM1) Jean-Michel Salles	46			•	•	
UMR LOMIC - Laboratoire d'Océanographie Microbienne (CNRS, UPMC) Stéphane Blain	40		•		•	
UMR LSTM - Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes (Cirad, Inra, IRD, Montpellier SupAgro, UM2) Michel Lebrun	30	•	•		•	
UMR LECOB - Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques (CNRS, UPMC) Nadine Le Bris	41	•	•		•	
UMR MIVEGEC - Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle (CNRS, IRD, UM1) Didier Fontenille	13	•				
UMR TETIS - Territoires, Environnement, Télédétection et Information Spatiale (AgroParisTech, Cemagref, Cirad) Jean-Philippe Tonneau	54		•	•	•	•
UMS 2348 OOB - Laboratoire ARAGO – Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer (CNRS, IRD, UPMC) Philippe Lebaron	36		•			
UPR Acridologie - Écologie et maîtrise des populations d'acridiens (Cirad) Michel Lecoq	34		•	•		
UPR AGIRs - Animal et Gestion Intégrée des Risques (Cirad) François Roger	35		•	•	•	
UPR Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes (Cirad) Christian Cilas	32		•		•	
UR Biens et Services des Écosystèmes Forestiers Tropicaux : intégrer les enjeux liés aux changements globaux (Cirad) Alain Billand	49	•	•	•	•	
UR COREUS - Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique (IRD, UPMC) Claude Payri	40	•	•	•	•	
UR Dynamiques socio-environnementales et gouvernance des ressources (IRD) Geneviève Michon	48			•		
UR Green - Gestion des Ressources Renouvelables Environnement (Cirad) Martine Antona	60		•	•	•	•
USDA-ARS-EBCL - Laboratoire Européen de Lutte Biologique Kim Hoelmer	20	•	•			
Ville de Montpellier - Direction « Paysage & nature » Philippe Croze	72					•

Les formations à Agropolis International

dans le domaine de la biodiversité

Agropolis International, au travers de ses établissements membres, universités et écoles d'ingénieurs (et institutions spécialisées dans la formation continue), propose une offre de formation complète.

Cela représente plus de 80 formations diplômantes (de bac +2 à bac +8 : technicien, ingénieur, licence, master, maîtrise spécialisée, doctorat...) ainsi qu'une centaine de modules de formation continue (préexistants ou à la carte).

Les tableaux présentés ci-après détaillent les formations relevant du domaine de la « biodiversité ». Ils précisent les niveaux de diplômes, les intitulés des formations et les établissements opérateurs.

Les formations diplômantes

Niveau	Diplôme	Intitulé de la formation et spécialité	Établissement
Bac +3	Licence	Biologie	UM2
		Géosciences Biologie Environnement Ouverture programmée en septembre 2011	UM2
		Biologie	Univ. Nîmes
		Biologie - Écologie	UPVD
		Sciences de la terre et de l'Environnement	UPVD
	Licence professionnelle	Gestion et aménagement durable des espaces et des ressources	UPVD
		Gestion agricole des espaces naturels ruraux	Montpellier SupAgro, UM3, EPLEFPA de Lozère
		Agriculture raisonnée	Montpellier SupAgro, UM3, EPLEFPA Carcassonne
		Viticulture raisonnée	Montpellier SupAgro, UM3, CFPPA Bordeaux, CFPPA Beaune
		Coordinateur de projets en éducation à l'environnement pour un développement durable (CEEDDR)	UM3, Montpellier SupAgro
Bac +4	Diplôme d'Université	Etude et Développement des Environnements Naturels (EDEN) Parcours intégrant la Licence « Géosciences Biologie Environnement »	UM2
		Chef de projet en aquaculture et halieutique	UM2
Bac +5	Master	Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Biodiversité, écologie, évolution » (BEE)	UM2, Montpellier SupAgro
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Diversité et évolution des plantes et de leurs symbiotes » (DEPS)	UM2, Montpellier SupAgro
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Écologie et évolution des parasites » (EEP)	UM2
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Biodiversité »	UM2, Université de la mer Egée (Grèce)
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Entomologie médicale et vétérinaire » (EMV)	UM2, Univ. Abomey (Bénin)
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés » (FENEC)	UM2
		"Biologie, géosciences, agroressources, environnement" (BGAE) Parcours Biodiversité Végétale Tropicale (BVT)	UM2, Université Paris VI, Museum national d'Histoire Naturelle
		Chef de projet en aquaculture et halieutique	UM2
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Systèmes microbiens » (SM)	UM2, UM1

Niveau	Diplôme	Intitulé de la formation et spécialité	Établissement
Bac +5		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Paléontologie, phylogénie et paléobiologie » (PPP)	UM2, Univ. Poitiers, Univ. Rennes 1
		Biologie, Chimie, Environnement Spécialité « Développement, Interactions et Évolution du Vivant » (DINEV)	UPVD
		Sciences de la vie et de la terre Spécialité « Environnement et gestion de la biodiversité » (EGB)	EPHE
		Économie rurale et agroalimentaire (ERA) Spécialité « Agriculture, Alimentation & Développement Durable » (A2D2)	UM1, Montpellier SupAgro, IAM.M
		Sciences humaines et sociales (SHS) Spécialité « Innovation et développement des territoires ruraux » (IDTR)	UM3, Montpellier SupAgro, IAM.M
		Master Sciences humaines et sociales (SHS) Spécialité « Acteurs du développement rural en régions chaudes » (ADR)	UM3, Montpellier SupAgro
		Biologie, Chimie, Environnement Spécialités « Biodiversité et développement durable » (BDD), « Milieux aquatiques » (MA), « Molécules bioactives » (MoBi)	UPVD
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Bioressources aquatiques en environnement méditerranéen et tropical » (BAEMT), « Biotraçabilité, biodétection et biodiversité » (BBB), « Ingénierie en écologie et en gestion de la biodiversité » (IEGB)	UM2
		Biologie, géosciences, agroressources, environnement (BGAE) Parcours « Maladies infectieuses, vectorielles et alimentaires » (MIVA)	Cirad, UM2, Institut Pasteur, Univ. Kasetsart (Thaïlande)
		Géosciences et environnements marins Spécialité « Géosciences marines appliquées » (GMA)	UPVD
		Sciences de la vie et de la terre Spécialité « Environnement et gestion de la biodiversité » (EGB)	EPHE
	Master d'école d'ingénieur	Agronomie-agroalimentaire des régions chaudes Spécialité « Gestion environnementale des écosystèmes et forêts tropicales » (GEEFT)	AgroParisTech, Montpellier SupAgro
		Agronomie-agroalimentaire des régions chaudes Spécialité « Horticulture méditerranéenne et tropicale » (HORTIMET)	Montpellier SupAgro, INH Angers
		Agronomie-agroalimentaire des régions chaudes Spécialité « Santé des plantes »	AgroParisTech, Montpellier SupAgro, Agrocampus Rennes, INH Angers
		Agronomie-agroalimentaire des régions chaudes Spécialité « Systèmes et techniques innovants pour un développement agricole durable » (STIDAD) Parcours « Semences et plants méditerranéens et tropicaux » (SEPMET) Parcours « Productions Animales en Régions Chaudes » (PARC)	Montpellier SupAgro
		Foresterie tropicale durable / <i>Sustainable tropical forestry</i> (SUTROFOR)	AgroParisTech et quatre universités européennes
	Master européen	"Biologie, géosciences, agroressources, environnement" (BGAE) <i>Master Erasmus Mundus in Evolutionary Biology</i> (MEME)	UM2, Universités de Groningen (Pays-Bas), Munich (Allemagne) et Uppsala (Suède)
		Ingénieur agronome Spécialisations « Amélioration des plantes et ingénierie végétale méditerranéenne et tropicale » (APIMET), « Gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement » (GEME), « Productions végétales durables » (PVD), « Territoires et ressources : politiques publiques et acteurs » (TERPPA)	Montpellier SupAgro
	Ingénieur	Ingénieur agronome Spécialisation « Protection des plantes et environnement »	Montpellier SupAgro, AgroParisTech, Agrocampus Rennes
		Ingénieur forestier « Gestion environnementale des écosystèmes et forêts tropicales » (GEEFT) Option « Foresterie rurale et tropicale » (FRT)	AgroParisTech
		Forêt, Nature et Société Option « tropicale »	AgroParisTech
Bac +6	Mastère spécialisé	Forêt, Nature et Société Option « tropicale »	AgroParisTech
	Ingénieur d'application	Ingénieur GREF Voie d'approfondissement « Forêt, nature et société » Option « tropicale »	AgroParisTech

Les formations courtes non diplômantes

Établissement	Intitulé de la formation
Cirad	Connaître et bien utiliser le bois (2 j.)
	Formation SIG et logiciels libres (en fonction de la demande)
	Faune sauvage et développement (10 j.)
	L'expertise acridienne : lutte contre les criquets ravageurs (en fonction de la demande)
	Identification des ravageurs des cultures maraîchères en zones périurbaines tropicales (5 j.)
	Observatoires et systèmes d'information géographique pour l'aménagement rural et la gestion de l'environnement (4 semaines)
	Aquaculture tropicale (10 j.)
	Diversification fruitière (15 j.)
	Technique de production semencière (10 j.)
	Technique de sélection et de conduite de bons cultivars des différents fruits cultivés (5 j.)
	L'architecture végétale : lecture a posteriori de la croissance et des contraintes environnementales (8 x ½j)
	Observatoires et systèmes d'information géographique pour l'aménagement rural et la gestion de l'environnement (20 j.)
Montpellier SupAgro	Produits amylacés tropicaux et méditerranéens
	Les fruits et légumes tropicaux
	Pratiques naturalistes : Insectes dans l'exploitation agricole
	Prendre en « conte » le patrimoine
	Agroforesterie
	Valorisation culturelle des plantes sauvages et comestibles
	Les acariens phytophages et prédateurs en arboriculture
	Les insectes d'importance agronomique : pratique de l'identification au laboratoire
	Macro invertébrés benthiques et qualité des rivières
	De la mouche de pêche à l'écologie des cours d'eau : les invertébrés aquatiques et leur habitat
	Qualité de l'eau et écologie des rivières
	Activités de pleine nature et environnement : approche pluridisciplinaire
	Agriculture et biodiversité : l'exemple des plantes messicoles
UM2	Microbiologie des eaux (module licence STE – Géosciences, prévention et traitement des pollutions)
	Dauphins et baleines (phylogénèse des cétacés, les espèces, anatomie, biologie, adaptations, comportements, préservation)



▲ Formation d'étudiants de l'Université de Maha Sarakham, Thaïlande, aux investigations parasitologiques en écologie, projet CEROPath.

S. Morand © UMR ISEM

D'une durée de trois ans, le doctorat sanctionne un travail de recherche dans un laboratoire. Tout étudiant s'inscrivant en doctorat est en outre rattaché à une école doctorale. Les écoles doctorales regroupent les unités de recherche ou laboratoires d'accueil autour de grandes thématiques.

Elles ont pour mission, outre l'encadrement scientifique direct des doctorants, d'offrir des compléments de formation apportés pendant les trois années de préparation de la thèse sous forme de séminaires et conférences scientifiques et de modules de formation. Ces modules ont pour but d'améliorer la formation scientifique des doctorants et de mieux préparer leur avenir professionnel. Deux écoles doctorales sont concernées par la thématique de la « biodiversité » :

École doctorale « *Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences, Environnement* » (SIBAGHE)

L'école doctorale SIBAGHE (Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences, Environnement), est une école de l'UM2 pour les Sciences de la Vie et de la Terre. Elle est co-accréditée avec Montpellier SupAgro et AgroParisTech pour les Sciences agronomiques et environnementales, avec l'Université pour la génomique et le développement végétal, la microbiologie et la parasitologie, pour l'écologie des maladies émergentes et les sciences de l'eau

L'école doctorale SIBAGHE compte environ 400 doctorants et s'appuie sur 40 unités de recherche qui lui sont rattachées, 450 encadrants et plusieurs équipes de recherche extérieures associées. Chaque doctorant de l'école doctorale SIBAGHE doit justifier du suivi de deux modules de formation scientifique et de deux modules d'ouverture professionnelle. L'école doctorale gère les inscriptions en thèse, assure le suivi des doctorants, veille au respect de la charte de thèse et organise les cours de thèse et aide à l'insertion professionnelle. Elle est assistée d'un conseil et gérée par un bureau.

Dans le domaine de la biodiversité, l'école doctorale SIBAGHE accueille

des thèses sur l'écologie, l'évolution, l'écophysiologie animale et végétale, la biologie des communautés et des écosystèmes, la paléontologie, la phylogénie, la paléoécologie, la microbiologie, l'écologie et l'évolution de la transmission et de l'émergence des maladies ainsi que sur les sciences de la terre et de l'eau.

École doctorale « *Territoires, Temps, Sociétés et Développement* » (TTSD)

L'école doctorale TTSD (Territoires, Temps, Sociétés et Développement) est une école de l'UM1, l'UM3 et l'UPVD. Elle concerne 15 unités de recherche, 95 directeurs de recherche et près de 500 doctorants. Elle regroupe 20 doctorats, dont le doctorat « Biologie des populations et écologie ». Les principaux axes de recherche comprennent entre autres :

- l'espace rural, le développement durable, la prévention des risques et la préservation des espaces naturels ;
- les relations entre société (groupes humains, institutions, entreprises...) et l'environnement (territoires, ressources...) ;
- les propriétés physiques et ressources (naturelles ou technologiques) des territoires ruraux ou urbains...

Dans le domaine de la biodiversité, l'école doctorale TTSD accueille des thèses sur, par exemple, l'influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations d'espèces ravageuses, le développement de marqueurs moléculaires chez les Orthoptères, etc. ■

Contacts et coordonnées

École doctorale « Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences, Environnement » (ED SIBAGHE)

(AgroParisTech, Montpellier SupAgro, UAPV, UM1, UM2, UPVD)

Directeur : Bernard Godelle,
godelle@univ-montp2.fr
www.sibaghe.univ-montp2.fr

École doctorale « Territoires, Temps, Sociétés et Développement » (ED 60 TTSD)

(UM1, UM3, UPVD)

Directeur : Denis Brouillet,
denis.brouillet@univ-montp3.fr
<http://recherche.univ-montp3.fr>

Liste des acronymes *et abréviations*

ALARM	<i>Programme Assessing LArge Risks for biodiversity with tested Methods</i>
ARS	<i>Agricultural research service / Service de recherche agricole américain</i>
Biochimar	Groupe de recherche « Biodiversité et chimiodiversité marines »
CBOL	<i>Consortium for the Barcode of Life / Consortium pour le code-barres du vivant</i>
CE	Communauté européenne
Cemagref	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CGIAR	Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale
Cirad	La recherche agronomique pour le développement
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COGERON	Projet « Cogestion des Récifs et lagons à forte valeur patrimoniale en Nouvelle-Calédonie »
DIREN	Direction régionale de l'environnement
DIWOOD	<i>Diversity of organisms associated with marine wood falls</i>
DNV	Densovirus
EBONE	<i>European Biodiversity Observation Network</i>
EBCL	<i>European Biological Control Laboratory</i>
EC2CO	Ecosphère Continentale et Côtière
EDEN	<i>Emerging Diseases in a changing European eNvironment</i>
EGEO	Bureau conseil Environnement et Géomatique
EPHE	École Pratique des Hautes Études
EUR-OCEANS	<i>European Network of Excellence for Ocean Ecosystems Analysis</i>
GCIAR	Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale
GDR	Groupe de Recherche
GEO-HYD	Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, Systèmes d'Information & Aide à la Décision
GEOMATYS	Géomatique & Développements Durables
GPS	<i>Global Positioning System / Système de géolocalisation par satellite</i>
iBOL	<i>International Barcode of Life, Génome Canada</i>
IFB	Institut Français de la Biodiversité
IFR	Institut Fédératif de Recherche
IFRECOR	Initiative Française pour les Récifs Coralliens
Ifremer	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Inra	Institut National de la Recherche Agronomique
Inrap	Institut national de recherches archéologiques préventives
IRD	Institut de recherche pour le développement
JdR	Jeu de rôles
MEDIMEER	<i>Mediterranean Platform for Marine Ecosystem Experimental Research</i>
MICROBEX	Plateforme de Microbiologie Expérimentale
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle
MOLA	<i>Microbial Observatory Laboratoire Arago</i>
ODS	Observatoire Des Saisons
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONF	Office National des Forêts
ONG	Organisation non gouvernementale
ORB	Observatoire Régional de la Biodiversité
OSU	Observatoire des Sciences de l'univers
QBOL	<i>Quarantine Barcoding of Life</i>
SHS	Sciences humaines et sociales
SIG	Système d'information géographique
SINP	Système d'Information sur la Nature et les Paysages
THA	Trypanosomose Humaine Africaine
UE	Union européenne
UM1	Université Montpellier 1
UM2	Université Montpellier 2
UM3	Université Montpellier 3
UMR	Unité mixte de recherche
UMR-S	Unité mixte de recherche et de service
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UPMC	Université Pierre et Marie Curie
UPR	Unité propre de recherche
UPS	Unité propre de service
UPVD	Université de Perpignan Via Domitia
UR	Unité de recherche
US	Unité de service
USDA	<i>United States Department of Agriculture / Département américain de l'Agriculture</i>

Les organismes membres et
partenaires d'Agropolis International
impliqués dans ce dossier

AgroParisTech
Bioversity International
Cemagref
CIHEAM-IAAM
Cirad
CNRS
EPHE
Fondation pour la Recherche en Biodiversité
Ifremer
Inra
Inrap
IRD
Montpellier SupAgro
Parcs Nationaux de France
Tela Botanica
Tour du Valat
UM1
UM2
UM3
Université de Nîmes
UAPV
UPMC
UPVD
Ville de Montpellier

Directeur de la publication : Bernard Hubert

Coordinateurs scientifiques : Chantal Dorthe (Inra)
et Serge Morand (UM2)

Rédaction scientifique : Isabelle Amsellem
(Agropolis Productions)

Communication, iconographie : Nathalie Villeméjeanne
(Agropolis International)

Ont participé à ce numéro : Jean-François Agnèse,
Avisoa Andrianarivo, Martine Antona, Céline Arnal,
Jean-Christophe Auffray, Daniel Barthélémy, Dominique Basty,
Didier Bazile, Alain Billand, Stéphane Blain, Éric Blanchard,
Marie-Claude Bon, Nozha Boujemaa, Fabien Boulrier,
Denis Bourguet, Marc Bouvy, Alain Brauman, Denis Brouillet,
Christopher Carcaillet, Isabelle Chaffaut, Jean-Luc Chotte,
Isabelle Chuine, Christian Cilas, Carlo Costantini,
Pierre Couteron, Dominique Coutinot, Philippe Croze,
Gérard Cuny, Philippe Cury, Jean-Christophe Desconnets,
Éric Delaitre, Michel Deshayes, Vincent Devictor,
Marie-Noël De Visscher, Mireille Fargette, Didier Fontenille,
Emile Frison, Alain Franc, Nicola Gallai, Michel Gauthier-
Clerc, Bernard Godelle, Sylvie Gourlet-Fleury, Franck Hérard,
Dominique Hervé, Philippe Hinsinger, Kim Hoelmer,
Frédéric Huynh, Jean Jalbert, Philippe Jarne,
Emmanuelle Jousselin, Fabien Joux, Philippe Karpe, Gaël Kergoat,
Pascal Kosuth, Renaud Lancelot, Anne-Elisabeth Laques,
Gilles Landrieu, Philippe Lebaron, Jean-Dominique Lebreton,
Nadine Le Bris, Michel Lebrun, Michel Lecoq, Marc Legendre,
Thomas Lenormand, Christophe Le Page, Joëlle Lopez,
Fabrice Lorente, Jean-Noël Marien, Virginie Maris,
Dominique Martinez, Daniel Mathieu, Frédéric Ménard,
Geneviève Michon, Danielle Mitja, Bernard Moizo,
Jean-François Molino, Serge Morand, Hervé Moreau,
Nicolas Mouquet, François Munoz, Marie-Laure Navas,
Claire Newton, Jean-Loup Notteghem, Nicole Pasteur,
Florence Paulet, Claude Payri, Jean-Marie Petit, Michel Petit,
Simon Popy, Philippe Prévost, Valérie Puig, Jean-Yves Rasplus,
Samuel Razanaka, Violette Roche, Jacques Roy, Daniel Sabatier,
Jean-Michel Salles, René Sforza, Frédéric Simard, Patrick Tailliez,
Jacques Tassin, Jean-Frédéric Terral, André Théron,
Marc Troussellier, Bernard Vaissière, Flavie Vanlerberghe-Masutti,
Philippe Vendeville, Anne Vezina, Stephan Weise

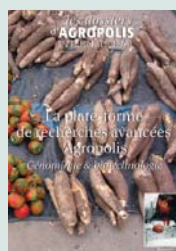
Remerciements pour l'iconographie :
tous les contributeurs au dossier

Conception, mise en page et infographie :
Olivier Piau (Agropolis Productions)
info@agropolis-productions.fr

Impression : Les Petites Affiches (Montpellier)
ISSN : 1628-4240 • Dépot légal : Octobre 2010



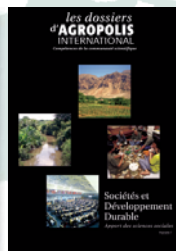
Ireize dossiers parus dans la même collection dont :



Mars 2007
64 pages
Français et Anglais



Octobre 2007
68 pages
Français et Anglais



Décembre 2008
68 pages
Français et Anglais



Juin 2009
52 pages
Français et Anglais



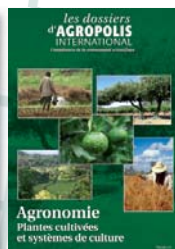
Février 2010
68 pages
Français et Anglais



Février 2010
28 pages
Français, Anglais, Portugais



Juin 2010
48 pages
Français et Anglais



Juillet 2010
68 pages
Français et Anglais

Les dossiers d'Agropolis International

La série des « dossiers d'Agropolis International » est une des productions d'Agropolis International dans le cadre de sa mission de promotion des compétences de la communauté scientifique. Chacun de ces dossiers est consacré à une grande thématique scientifique. On peut y trouver une présentation synthétique et facile à consulter de tous les laboratoires, équipes et unités de recherche présents dans l'ensemble des établissements d'Agropolis International et travaillant sur la thématique concernée.

L'objectif de cette série est de permettre à nos différents partenaires d'avoir une meilleure lecture et une meilleure connaissance des compétences et du potentiel présents dans notre communauté mais aussi de faciliter les contacts pour le développement d'échanges et de coopérations scientifiques et techniques.



AGROPOLIS
INTERNATIONAL

Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France

Tél. : +33 (0)4 67 04 75 75
Fax : +33 (0)4 67 04 75 99

agropolis@agropolis.fr
www.agropolis.fr