

P.-A. Pissard © UMR TETIS

# Modéliser, *scénariser la biodiversité*

**L**es 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 CEFE),  
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 choisis et cadrés de manière à réaliser un montage de type zoom : scène satellite, puis orthophoto IGN, puis image ULM.*

# Modéliser, scénariser la biodiversité

## Les équipes principales

### UMRAMAP

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

44 scientifiques

**Directeur : Daniel Barthélémy,**  
[daniel.barthelemy@cirad.fr](mailto: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](mailto:huyh@ird.fr)

[www.espace.ird.fr](http://www.espace.ird.fr)

► Présentation page 62

### UR Green

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

15 scientifiques

**Directrice : Martine Antona,**  
[martine.antona@cirad.fr](mailto:martine.antona@cirad.fr)

[www.cirad.fr/ur/Green](http://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](mailto:terral@univ-montp2.fr)

[www.umr5059.univ-montp2.fr](http://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](mailto:flavie.vanlerberghe@supagro.inra.fr)

[www.montpellier.inra.fr/CBGP](http://www.montpellier.inra.fr/CBGP)

► Présentation page 10

### Tour du Valat

25 scientifiques

**Directeur : Jean Jalbert,**  
[jalbert@tourduvalat.org](mailto:jalbert@tourduvalat.org)

[www.tourduvalat.org](http://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.

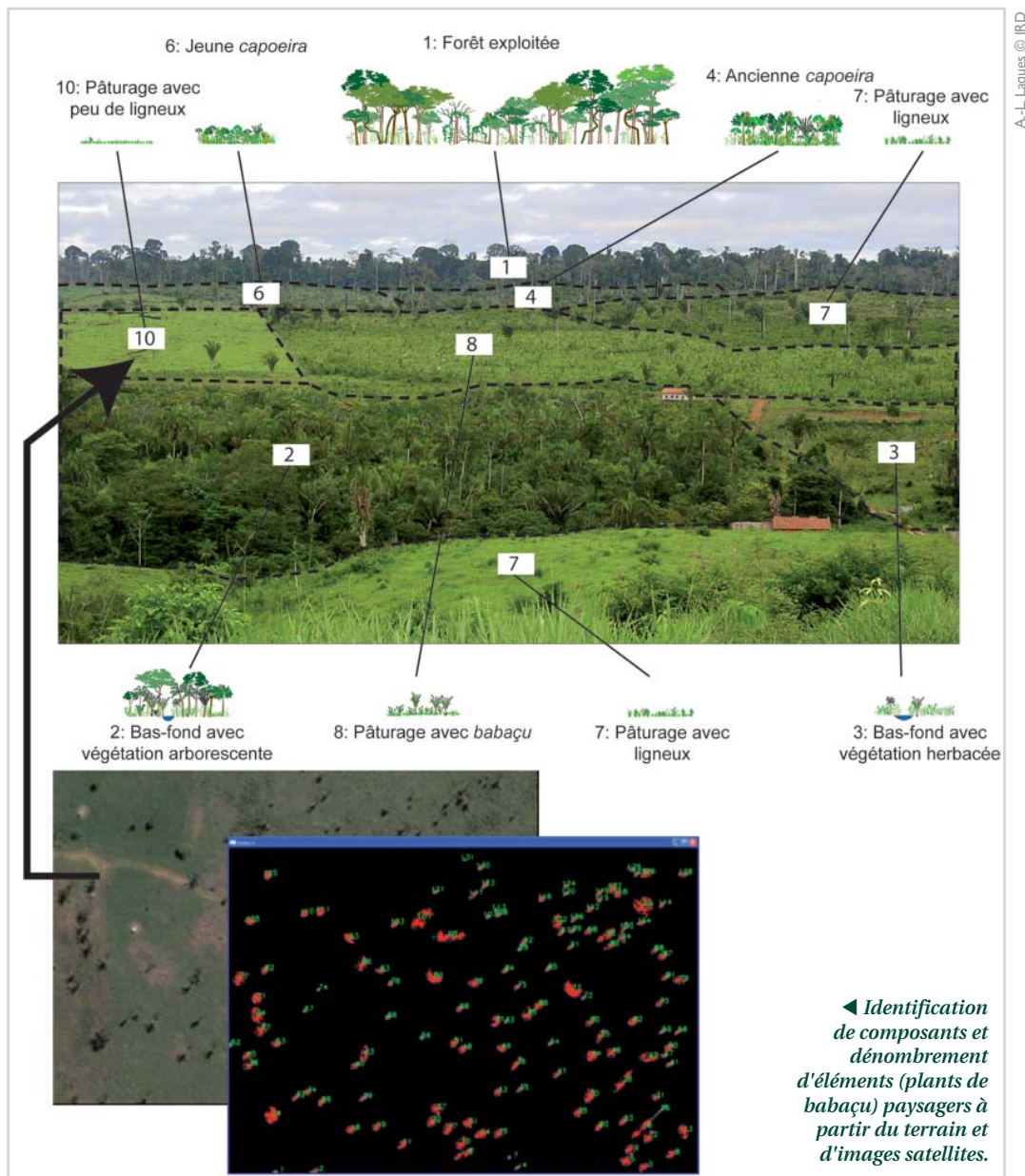
En privilégiant l'organisation des couverts végétaux, l'architecture des plantes et la morphologie de leurs organes, l'unité cherche à se doter de formalismes mathématiques et informatiques puissants capables, d'une part, de décrire, analyser et représenter la topologie et la

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](mailto:anne-elisabeth.laques@ird.fr)  
 Danielle Mitja, [Danielle.Mitja@ird.fr](mailto:Danielle.Mitja@ird.fr)  
 Michel Petit, [Michel.Petit@ird.fr](mailto:Michel.Petit@ird.fr)  
 & Jean-Christophe Desconnets, [Jean-Christophe.Desconnets@ird.fr](mailto: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, UMI, UM2, UM3)  
 125 scientifiques  
**Directeur : Philippe Jarne,**  
[philippe.jarne@cefe.cnrs.fr](mailto:philippe.jarne@cefe.cnrs.fr)  
[www.cefe.cnrs.fr](http://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](mailto: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](mailto:jean-luc.chotte@ird.fr)  
[www.montpellier.inra.fr/ecosols](http://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](mailto:marc.troussellier@univ-montp2.fr)  
[www.ecolag.univ-montp2.fr](http://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](mailto:philippe.cury@ird.fr)  
[www.crh-sete.org](http://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](mailto:jean-christophe.auffray@univ-montp2.fr)  
[www.isem.cnrs.fr](http://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'agrobiodiversité 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](http://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](mailto:alain.franc@pierroton.inra.fr)  
Jean-Yves Rasplus, [rasplus@supagro.inra.fr](mailto:rasplus@supagro.inra.fr)  
& Jean-François Molino, [jean-francois.molino@ird.fr](mailto:jean-francois.molino@ird.fr)**

Pour plus d'informations :

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

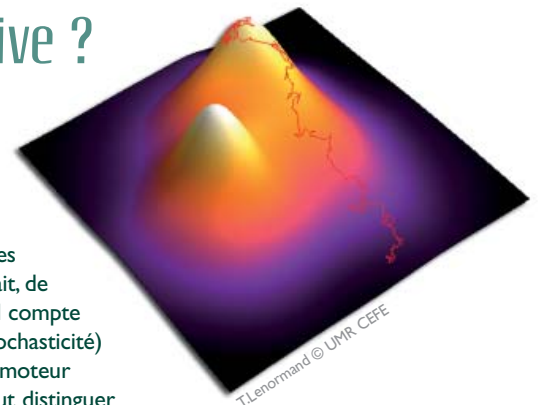
La première raison est méthodologique. Prédire permet de mettre à l'épreuve, de tester et d'affiner quantitativement des théories. C'est un exercice vital pour une science expérimentale, et, dans le cas de la biologie évolutive, la seule façon de s'extraire d'un discours purement historique. Ces dernières 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 évolutif. 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](mailto: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](mailto:sallesjm@supagro.inra.fr)  
[www.lameta.univ-montp1.fr](http://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](mailto: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](mailto: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](mailto:lebrun@univ-montp2.fr)  
[www.mpl.ird.fr/lstm](http://www.mpl.ird.fr/lstm)  
► Présentation page 30

### UMR TETIS

**Territoires, Environnement, Télé-détection et Information Spatiale**  
(AgroParis Tech, Cemagref, Cirad)  
58 scientifiques dont 10 impliqués dans la thématique « Biodiversité »  
**Directeur : Jean-Philippe Tonneau,**  
[jean-philippe.tonneau@cirad.fr](mailto: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](mailto:francois.roger@cirad.fr)  
[www.cirad.fr/ur/agirs](http://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](mailto:christian.cilas@cirad.fr)  
[www.cirad.fr/nos-recherches/unites-de-recherche/maîtrise-des-bioagresseurs-des-cultures-perennes](http://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 œuvre 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 et 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.orbl.fr](http://www.orbl.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](mailto:deshayes@teledetection.fr)  
& Simon Popy, [simon.popy@teledetection.fr](mailto: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](mailto:alain.billand@cirad.fr)  
[www.cirad.fr/ur/bsef](http://www.cirad.fr/ur/bsef)

► Présentation page 49

**UR COREUS Biocomplexité des écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique**

(IRD, UPMC)  
21 scientifiques

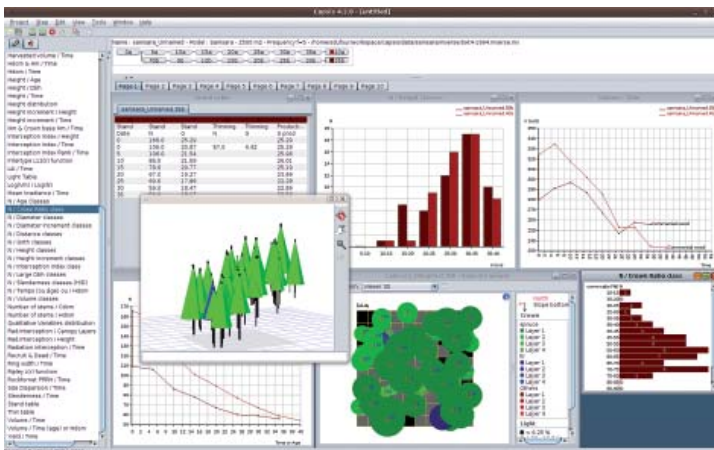
**Directeur : Claude Payri,**  
[claud.payri@ird.fr](mailto:claud.payri@ird.fr)  
[www.coreus.ird.fr](http://www.coreus.ird.fr)

► 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](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](http://umramap.cirad.fr/amap2/logiciels_amap/index.php?page=idao)

## UMR CEFE

- 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](http://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.

[www.l.montpellier.inra.fr/CBGP/diyabc](http://www.l.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](http://www2.imm.dtu.dk/~gigu/Geneland)

## UMR ESPACE-DEV

- Outil libre de catalogage et de localisation *MDweb*

[www.mdweb-project.org](http://www.mdweb-project.org)

- Logiciel *SIEL*, 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](http://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](mailto: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 *doto*.

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](mailto:didier.bazile@cirad.fr)**

Pour plus d'informations : [www.jle.com/fr/revues/agro\\_biotech/agr/e-docs/00/04/3C/AA/article.phtml](http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/3C/AA/article.phtml)