

Agroécosystèmes, agrobiodiversités et environnement : systèmes façonnés par les interactions entre dynamiques biologiques et sociales

La grande variété d'agroécosystèmes 'traditionnels' dans le monde abrite une agrobiodiversité importante, issue de processus de domestication anciens et en cours, qui s'insère dans un contexte paysager. Le paysage, à son tour, est le produit, à une autre échelle, de croisements de processus écologiques et dynamiques environnementales, dont l'un des moteurs est l'histoire des civilisations humaines. Les pratiques humaines sont donc en interaction avec des dynamiques biologiques à plusieurs échelles emboîtées : intraspécifique, interspécifique et écosystémique. Les savoirs locaux intègrent ces différents niveaux dans les modalités de prise de décision. Décrypter comment ces savoirs opèrent est un enjeu important de recherche actuel.

Les agroécosystèmes peu transformés par la modernisation agricole, avec leur faible apport d'intrants, leurs habitats et milieux hétérogènes, constituent des modèles pour penser une agriculture durable intégrant des processus écosystémiques et sociaux. Économies agricole, forestière et de cueillette y coexistent, de même qu'une production destinée à la subsistance et au commerce de courte ou longue distance. Ces productions contribuent à une économie fondée sur la diversité, à différentes échelles spatiales, écologiques et sociales.

Ces agroécosystèmes peuvent, en outre, comprendre des espaces différenciés, plus ou moins transformés, allant d'espaces agricoles à des forêts domestiques, des prairies, des jachères ou des zones humides. Les démarches complémentaires proposées par divers laboratoires montpellierains, dont les UMR CEFE, AGAP et ISEM, ainsi que le Groupement de recherche (GDR) Mosaïque, permettent de mieux appréhender, par des démarches interdisciplinaires, la genèse et l'évolution des agroécosystèmes et de leur agrobiodiversité, allant des dynamiques anciennes jusqu'aux situations contemporaines en intégrant ethnologie, ethnobiologie, archéobotanique, histoire, philosophie de l'environnement, *political ecology*, écologie évolutive et génétique des populations. Le GDR Mosaïque rassemble 14 UMR dont plusieurs laboratoires montpellierains du CNRS, Cirad et IRD, afin de fédérer les travaux sur ces systèmes complexes. Les photos ci-dessous illustrent la grande diversité des systèmes socio-écologiques et des techniques paysannes rencontrées, qui constituent des systèmes complexes dont il est désormais essentiel d'en décrypter les modalités de fonctionnement.

Contacts : Y. Aumeeruddy-Thomas, yildiz.aumeeruddy-thomas@cefe.cnrs.fr et D. McKey, Doyle.mckey@cefe.cnrs.fr (UMR CEFE)

Plus d'informations : www.cefe.cnrs.fr/interactions-bioculturelles/gdr-3353-mosaïque



▲ **Plaine inondable de Bangweulu en Zambie.** Les agriculteurs construisent des champs surélevés pour fournir à leurs cultures des îlots de sol bien drainés (gauche). Dans la saison des hautes eaux, le bassin est inondé à une profondeur jusqu'à 1 m. Les agriculteurs transforment aussi en champs surélevés des termitières présentes dans ce même milieu, profitant du fait que les termites aient déjà fait le travail de la construction de ces îlots de fertilité bien drainés (droite). Comprendre le système agricole nécessite de comprendre les interactions entre « ingénieurs du sol » humains et non-humains. © Doyle McKey

▲ **Oliveraies alliant oléastres et oliviers, Rif, Nord du Maroc.** Ce système intègre l'hétérogénéité des porte-greffes d'origine sauvage (ou ayant poussé spontanément de graines) et des variétés cultivées à travers le greffage. Ce système paysan structure un agroécosystème riche en biodiversité interspécifique associée à une grande diversité de céréales, de légumineuses et d'espèces sauvages. © Yildiz Aumeeruddy-Thomas

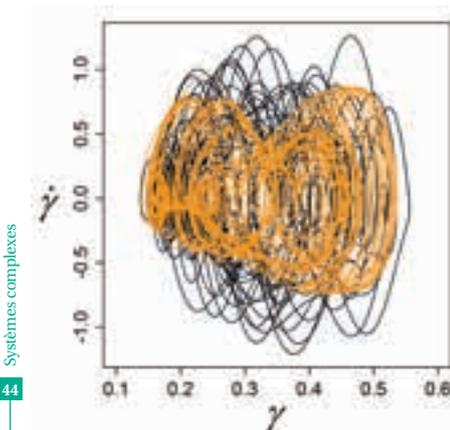
Extraire les équations des observations : application à la classification des couverts agricoles et à l'épidémiologie

Face à la complexité du monde réel, il peut être utile de disposer d'approches qui permettent d'extraire des lois directement à partir d'observations. C'est à ce niveau que les sciences du complexe peuvent apporter un renouveau et c'est l'ambition de la plateforme de modélisation GPoM* développée au CESBIO : obtenir des équations caractéristiques des lois qui gouvernent la dynamique en partant directement de séries de mesures observationnelles. L'idée n'est plus de construire des modèles à partir d'une connaissance *a priori*

mais d'extraire les équations des observations pour interpréter les comportements dynamiques ou les interactions entre variables observées. Appliqués au suivi par télédétection spatiale des cultures céréalières au Nord du Maroc, ces outils ont permis d'obtenir des modèles offrant une prévisibilité de 48 à 60 jours. La plupart d'entre eux présentent un comportement chaotique spécifique qui n'avait été préalablement rencontré que dans de très rares cas théoriques et qui révèle la forte sensibilité des cultures aux petites perturbations en même temps que la bonne adaptation des pratiques culturales au contexte semi-aride. Testés en Inde du Sud, ces outils ont permis de montrer qu'il était possible de distinguer les comportements dynamiques d'espèces culturales différentes, nous conduisant à proposer une nouvelle approche de classification. Ces outils, étant génériques, ont pu être appliqués à d'autres thématiques, notamment à l'épidémiologie. L'approche a ainsi permis d'obtenir un nouveau modèle reliant l'épidémie de peste bubonique de Bombay (1896-1911) aux épizooties chez les rats, et dont chaque terme a pu être interprété, ce qui était inattendu, ou encore d'obtenir un modèle pour l'épidémie de maladie à virus Ebola en Afrique de l'Ouest (2013-2016) mettant en évidence quatre types de situations épidémiologiques distinctes.

Contact : S. Mangiarotti (UMR CESBIO), sylvain.mangiarotti@ird.fr

***Plus d'informations sur GPoM (Generalized Polynomial Modelling) :** <https://cran.r-project.org/web/packages/GPoM>



◀ **Dynamique des cultures céréalières représentée par un portrait de phase (NDVI, dNDVI/dt) en région semi-aride.** Données AVHRR (en noir) et modèle (en orange). © Flavie Le Jean/CESBIO

les dossiers
d'AGROPOLIS
INTERNATIONAL

*Compétences de la communauté scientifique
en région Occitanie*

SYSTÈMES COMPLEXES
de la biologie aux territoires



Numéro 23
Juin 2018

AGROPOLIS INTERNATIONAL

agriculture • alimentation • biodiversité • environnement

Implanté en Occitanie, Agropolis International réunit un ensemble exceptionnel d'organismes et d'institutions impliqués dans les sciences vertes.

Fondée par les établissements régionaux de recherche et d'enseignement supérieur, avec le soutien de l'État et des collectivités territoriales, l'association Agropolis International est, depuis son origine, un espace de travail dédié au collectif.

Ainsi, Agropolis International met en lien les différents acteurs investis dans les domaines de l'Agriculture, l'Alimentation, l'Environnement et la Biodiversité :

- Les institutions de la communauté scientifique régionale
- Les organismes de recherche étrangers et internationaux
- Les collectivités territoriales
- Des acteurs du transfert, de l'innovation, du développement économique
- Des structures de la société civile

En rassemblant un aussi grand nombre d'institutions et en s'appuyant sur une communauté scientifique d'une telle importance, **Agropolis International est devenu le premier pôle de France en agro-environnement, orienté vers les problématiques de la Méditerranée et les pays du Sud.**

Espace d'échanges et de dialogues, de formation et de capitalisation des savoirs, laboratoire d'idées, structure d'appui aux projets collectifs et de promotion à l'international, lieu d'accueil de structures et d'événements... Agropolis International décline et adapte son savoir-faire acquis depuis plus de 30 ans, dans les grandes missions que lui confient ses membres.

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

Les thématiques de recherche et d'enseignement de la communauté d'Agropolis International :

- Agronomie, plantes cultivées et systèmes de cultures, agro-écosystèmes
- Alimentation, nutrition, santé
- Biodiversité et écosystèmes aquatiques
- Biodiversité et écosystèmes terrestres
- Eau, ressources et gestion
- Économie, sociétés et développement durable
- Écotecnologies
- Interaction hôte-parasites et maladies infectieuses
- Modélisations, information géographique, biostatistiques
- Production et santé animales
- Ressources génétiques et biologie intégrative des plantes
- Une filière emblématique : la vigne et le vin

Quelques chiffres de la communauté scientifique Occitanie Est :

- 27 institutions d'enseignement supérieur et de recherche
- 35 infrastructures de recherche ouvertes interinstitutionnelles et interdisciplinaires
- 150 parcours de formation
- 2 700 chercheurs et enseignants répartis dans 74 unités de recherche
- 300 chercheurs expatriés dans 50 pays
- 5 000 étudiants français et internationaux
- 1 000 chercheurs internationaux accueillis

Compétences de recherche en région Occitanie sur les « systèmes complexes »

Le 1^{er} janvier 2016, les anciennes régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées fusionnaient pour devenir la nouvelle région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée (réforme territoriale de 2015). Aussi, ce numéro de la série *les dossiers d'Agropolis International* présente des acteurs scientifiques conduisant des activités de recherche en lien avec les systèmes complexes et, pour la première fois, sur l'ensemble de cette nouvelle région. Cette communauté scientifique regroupe 44 équipes de recherche (unités de recherche, de service, équipes d'accueil et de projet, observatoires). Plusieurs structures fédératives animent et coordonnent les activités scientifiques de ces équipes : un institut, six « laboratoires d'excellence » (LabEx), un « équipement d'excellence » (EquipEx) et un « Institut Convergences ». Enfin, plusieurs infrastructures de recherche et des centres de données et de calculs, d'envergure nationale et européenne, existent également en Occitanie et constituent des dispositifs essentiels au traitement des systèmes complexes.

Ce dossier, initié en 2013 par Fabien Boulrier et finalisé par Isabelle Amsallem (Agropolis International), vise à mieux faire (re)connaître la communauté montpelliéraine des systèmes complexes dans le cadre du Réseau national des systèmes complexes (RNSC). Depuis, l'ouverture à la communauté toulousaine a fait de cet ensemble Occitanie un des dispositifs significatifs dans le domaine aux niveaux national et européen ! Agropolis International est bien ici dans ses fonctions de mise en valeur des compétences scientifiques de cette nouvelle région dans un domaine qui est clairement sorti d'une certaine marginalité initiale. Il devient de plus en plus nécessaire, aussi bien intellectuellement que du point de vue opérationnel, de ne pas commencer par chercher à réduire la complexité des phénomènes étudiés et qu'il faut se donner les moyens de les aborder dans la richesse des interactions d'un monde qui enchevêtre de plus en plus processus sociaux et naturels !

Sans être exhaustif, ce dossier a ainsi pour ambition d'offrir au lecteur un panorama de ces acteurs scientifiques régionaux à travers des exemples concrets d'activités qu'ils développent en lien avec les systèmes complexes selon trois grands champs thématiques : Collecte et gestion des données ; Compréhension et analyse des systèmes complexes ; Modes d'utilisation de l'approche « systèmes complexes ».

Enfin, parmi les nombreuses formations dispensées en région Occitanie, diplômantes ou non, en lien avec les « systèmes complexes », seuls quelques exemples de formations consacrées spécifiquement à une meilleure maîtrise conceptuelle ou instrumentale des systèmes complexes, sont présentés. Toutefois, il existe un large choix de formations diplômantes (de bac+2 à bac+8) qui abordent le champ des « systèmes complexes ». La liste de ces formations est disponible sur le site d'Agropolis International (www.agropolis.fr/formation) et de l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées (www.univ-toulouse.fr/formation/formation-toutau-long-de-la-vie/trouver-uneformation).

Bernard Hubert
Conseiller du Président d'Agropolis International

Systemes complexes de la biologie aux territoires

Avant-propos

4

Systemes complexes, collecte et gestion des données

7

- Récolte des données 9
- Mise en sens des données 12
- Mise à disposition : accessibilité et interopérabilité des données 19

Compréhension et analyse des systèmes complexes

23

- Dynamique des organismes 25
- Dynamique des populations 33
- Dynamique des écosystèmes 40
- Gestion des territoires 46

Mode d'utilisation de l'approche « systèmes complexes »

55

- Usage des observatoires 57
- Aide à la décision multicritère 60
- Participation et concertation 64
- Nouveaux modèles pour la décision 68

Les structures fédératives de recherche en lien avec les systèmes complexes

70

Thématiques couvertes par les structures de recherche

72

Les formations dans le domaine des « systèmes complexes » en Occitanie

76

Liste des acronymes et abréviations

78

Photos de couverture :
Méristème apical d'*Arabidopsis thaliana* © Jan Traas
Simulation stochastique d'un manguier © F. Boudon/Cirad/Inria
Distribution spatiale de la densité d'*Aedes Albopictus* dans l'île de La Réunion.
© Annelise Tran/Cirad/Projet Alborun (ARS Océan Indien)
Illustration issue de pixabay sous © CC0 public domain