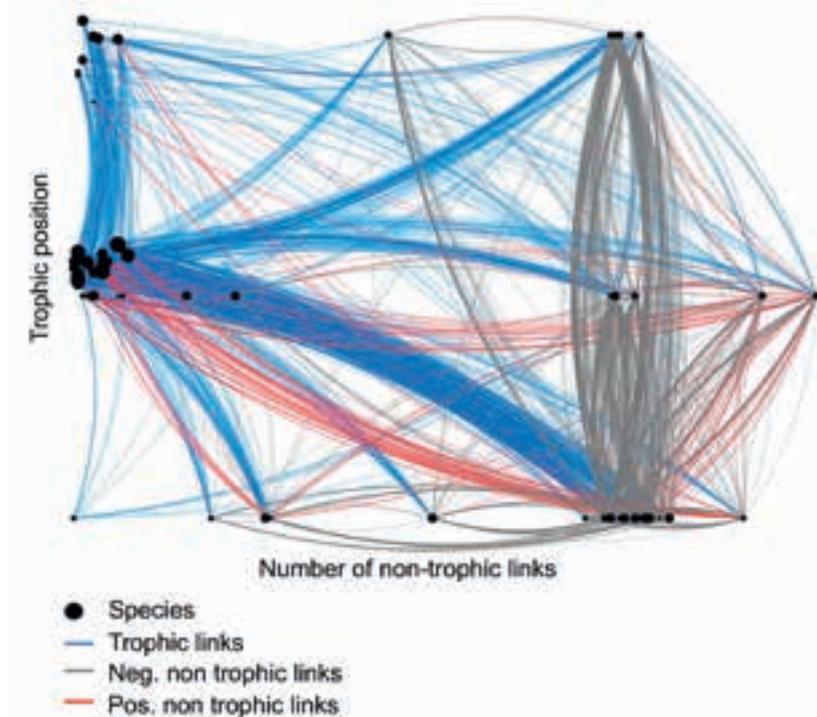


## Dynamique des communautés écologiques : de la recherche fondamentale aux applications pour les agroécosystèmes

Le fonctionnement d'un écosystème s'articule autour des relations de natures diverses entre les nombreuses espèces qui y vivent. Identifier ces interactions et le rôle qu'elles jouent dans le fonctionnement d'un écosystème est un des éléments clés pour progresser dans notre compréhension, et éventuellement prédiction, de la résilience des écosystèmes à des perturbations, comme le changement climatique ou l'exploitation par l'homme des ressources naturelles. Les réseaux d'interactions, qui recensent les espèces d'un écosystème et les interactions qui les lient, fournissent un cadre conceptuel et une boîte à outils extrêmement utiles pour décrire, visualiser et quantifier la complexité inhérente aux communautés écologiques. Par exemple, l'étude de ces réseaux pour l'ensemble des espèces présentes dans la zone de balancement des marées de la côte centrale du Chili (cf. fig. ci-dessous) a permis de quantifier le rôle des interactions trophiques et non-trophiques dans la résilience de ces écosystèmes.

Aujourd'hui, les approches et théories de l'écologie des communautés et des écosystèmes sont appliquées aux agroécosystèmes, systèmes *a priori* moins complexes mais pour lesquels on suspecte un fonctionnement similaire aux écosystèmes naturels. Les enjeux portés par l'agroécologie, notamment ceux associés à la durabilité et à la résilience de la production agricole face aux aléas climatiques, imposent une nouvelle vision de ces écosystèmes anthropisés. Piloter les interactions entre espèces devient essentiel. Par exemple, il a été montré que des prairies temporaires constituées expérimentalement d'une diversité plus élevée en espèces et variétés avaient une meilleure production et une plus grande résilience, sous l'hypothèse que les interactions entre celles-ci ont un rôle de régulation majeur. Construire ces réseaux d'interactions permet de proposer de nouveaux systèmes agricoles innovants et durables. La simplification des systèmes agronomiques n'est, de fait, plus la norme, et la gestion de leur complexité est de plus en plus appréhendée sous l'angle de l'écologie en général, et des réseaux d'interactions en particulier.

**Contacts** : S. Kéfi, [sonia.kefi@umontpellier.fr](mailto:sonia.kefi@umontpellier.fr) (UMR ISEM), C. Violle, [cyrille.violle@cefe.cnrs.fr](mailto:cyrille.violle@cefe.cnrs.fr) (UMR CEFE)



◀ Réseau d'interaction entre les 106 espèces de la zone intertidale du centre du Chili. Les disques noirs représentent les espèces, les liens bleus les interactions trophiques, les liens gris les interactions non-trophiques négatives (de compétition et d'interférence) et les liens rouges les interactions non-trophiques positives (de facilitation). Les espèces sont verticalement agencées en fonction de leur niveau trophique (producteurs primaires en bas et prédateurs en haut) et horizontalement en fonction du nombre de liens non-trophiques dans lesquels elles sont impliquées. D'après Kéfi et al., 2016. PLOS Biol. 14, e1002527.

## Modélisation des cycles couplés de l'eau, de l'énergie et de la végétation sur les surfaces continentales

La modélisation du fonctionnement biophysique des surfaces continentales est un outil privilégié pour les études de suivi, de gestion et de prévision, à horizons variés, des ressources hydriques et de la productivité végétale et agricole, sous contraintes climatique et anthropique. Elle prend en compte les processus nombreux et complexes pilotant et couplant les grands cycles de matières et d'énergie à la surface terrestre, déterminants pour le climat, les écosystèmes et les hydrosystèmes sur un territoire donné. Les interdépendances existantes entre ces processus conduisent à les intégrer de manière toujours plus complète dans les modèles du fonctionnement des surfaces. En s'appuyant sur son expertise acquise en régions tropicales ouest-africaines, l'équipe TECHS\* de l'UMR HSM étudie la dynamique du cycle de l'eau sur ces régions, et les liens qu'elle entretient avec celles d'autres grands cycles environnementaux, en particulier de l'énergie et du carbone. L'équipe s'attache ainsi à comprendre les mécanismes d'échanges d'énergie et de masse (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) au continuum sol-végétation-atmosphère, contrôlés par le fonctionnement physique et écophysologique des espèces végétales

et du sol. La connaissance acquise est ensuite traduite sous forme de modèles à base physique, fonctionnant sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles allant du ponctuel (plante/arbre) au régional et de l'infra-journalier à l'inter-décennal. Deux voies de modélisation sont privilégiées, orientées vers le développement de modèles toujours plus complets en termes de processus, et/ou vers des stratégies de couplage entre différents types de modèles de surface existant et faisant référence en Afrique de l'Ouest. Les applications de tels outils ont permis d'établir des diagnostics fins des ressources hydrologiques et végétales en contexte sahélien agropastoral, ainsi que des projections d'évolution de ces mêmes ressources sous impacts de la variation des conditions climatiques et anthropiques, prenant en compte les contextes socio-économiques dans la définition de scénarios d'évolution et de gestion.

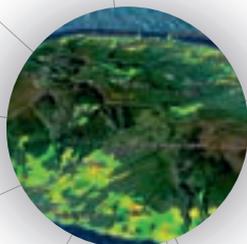
**Contacts** : J. Demarty, [jerome.demarty@ird.fr](mailto:jerome.demarty@ird.fr), B. Cappelaere, [bernard.cappelaere@ird.fr](mailto:bernard.cappelaere@ird.fr) et C. Peugeot, [christophe.peugeot@ird.fr](mailto:christophe.peugeot@ird.fr) (UMR HSM)

\* Équipe « Transferts dans les écohydrosystèmes »

*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<sup>er</sup> 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](http://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](http://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