

## Connectivité des populations marines : modélisation individu-centrée des échanges de larves de mérou au sein du réseau d'aires marines protégées de la Méditerranée

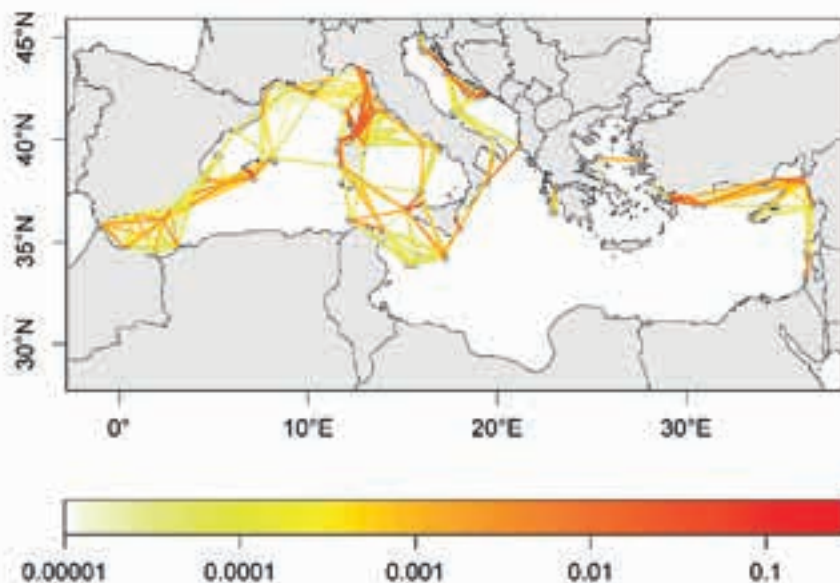
Les écosystèmes marins sont fragilisés par plusieurs facteurs liés aux activités humaines comme la pêche, la pollution, la dégradation de l'habitat et le changement climatique. L'une des solutions qui est proposée pour faire face à ces menaces est la mise en place de systèmes de gestion spatialisée des ressources, comme les réseaux d'aires marines protégées (AMP). Pour que ces systèmes fonctionnent réellement comme des réseaux, il est nécessaire qu'il y ait des échanges d'individus entre les différentes AMP. Pour les espèces marines dont les adultes sont sédentaires, ces échanges peuvent avoir lieu lors de la phase de dispersion des larves par les courants marins. La dispersion larvaire est un processus complexe au sens où il est « déterminé par de nombreux facteurs qui opèrent et interagissent à des échelles temporelles et spatiales multiples »\*. La dispersion larvaire

du mérou brun (*Epinephelus marginatus*) au sein du réseau d'AMP de Méditerranée a été étudiée dans le cadre du projet Fishconnect (2011-2014) financé par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité et la Fondation Total. Nous avons appliqué le modèle individu-centré Ichthyop pour montrer que les distances parcourues par les larves de mérou lors de leur phase de dispersion (120 km en moyenne) ne permettent pas aux AMP d'être connectées au-delà de leurs plus proches voisines, ce qui rend le fonctionnement en réseau peu efficace et fragile. Les modèles montrent aussi que, dans un contexte de réchauffement des eaux, les larves devraient croître plus rapidement et donc disperser moins longtemps.

\* Pineda et al., 2009. *Population Ecology*. 51: 17-32.

**Contacts :** M. Andrello (UMR CEFE), marco.andrello@gmail.com,  
D. Kaplan (UMR MARBEC), david.kaplan@ird.fr,  
C. Lett (UMI UMMISCO), christophe.lett@ird.fr,  
S. Manel (UMR CEFE), stephanie.manel@cefe.cnrs.fr,  
D. Mouillot (UMR MARBEC), david.mouillot@univ-montp2.fr  
**Plus d'informations :**  
Projet Fishconnect :  
<https://sites.google.com/site/projetfishconnect/>  
Modèle Ichthyop : [www.ichthyop.org](http://www.ichthyop.org)

► Probabilités simulées de connectivité (segments colorés) entre aires marines protégées (disques gris) du réseau de Méditerranée pour des larves de mérou brun. D'après Andrello et al., 2013. *PLoS ONE*. 8. e68564. doi:10.1371/journal.pone.0068564



## Incertitudes et gestion des pêches : le cas du thon rouge

La surexploitation du stock de thon rouge de l'Atlantique et de Méditerranée a longtemps été considérée comme un archétype de la surpêche et de la mauvaise gestion de la part des organismes internationaux et des administrations nationales. Cette crise a notamment mis en évidence comment, les incertitudes inhérentes à tout avis scientifique, peuvent être utilisées par différents groupes de pression pour discréditer le diagnostic scientifique au détriment des intérêts économiques. Les évaluations scientifiques sont en effet toujours entachées d'incertitudes liées (i) à nos connaissances incomplètes sur les principaux facteurs contrôlant la dynamique des populations et (ii) aux variations naturelles de l'environnement qui les affectent, soit directement (au travers de la mortalité, croissance, migration) ou indirectement (au travers de la disponibilité en proie). Dans le cas des espèces marines se rajoutent la difficulté et le coût de l'échantillonnage qui limitent fortement nos capacités de suivis.

Cependant, cette crise a pris fin en 2009 après plus de 15 années de conflit entre exploitants, administrations, scientifiques et société civile, lorsque la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés\*) a approuvé, sous la pression des organisations non gouvernementales et la prise de conscience de l'opinion publique, les recommandations scientifiques. Après deux décennies de déclin, le stock de thon rouge de l'Atlantique et de Méditerranée est reparti à la hausse, prouvant par là même que la gestion des pêches internationales est possible lorsqu'il y a une forte volonté politique. Cependant les incertitudes de l'avis scientifique ne permettent pas de quantifier précisément la vitesse et le degré de cette reconstitution du stock. Certaines de ces incertitudes étant intrinsèques aux populations, le nouveau défi de la communauté scientifique est donc d'élaborer des modèles de gestion dont les recommandations soient robustes aux incertitudes.

**Contact :** J.-M. Fromentin (UMR MARBEC), Jean.Marc.Fromentin@ifremer.fr

\* [www.iccat.int](http://www.iccat.int)

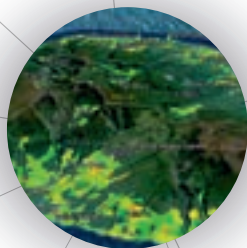
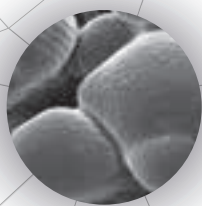


► Bateau de pêche transférant des thons rouge vers une cage flottante où les poissons seront engraisés pendant plusieurs mois. © Ifremer

*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