

---

## Doctorat EPHE

**Thème Général : Ecologie, évolution, Environnement**

**Titre proposé :** ECOSERV - Un modèle simple pour la gestion des agrosystèmes et leurs services

**Laboratoire EPHE de formation :** ISEM (UMR 5554 CNRS-UM-IRD-EPHE)

**Coordonnées du laboratoire d'accueil :**

Adresse du laboratoire 2 Place Eugène Bataillon, CC065, Bâtiment 21, 3ème étage, 34095, Montpellier Cedex 5.  
Téléphone/fax 04 67 14 34 80

**Directeur(s) de thèse :**

	Directeur de thèse	Co-directeur
Nom, prénom	Hély-Alleaume Christelle	
Etablissement	EPHE UMR ISEM	
Adresse	2 Place Eugène Bataillon, CC065, Bâtiment 21, 3ème étage, 34095, Montpellier Cedex 5.	
Téléphone	04 67 14 42 88	
e-mail	<a href="mailto:christelle.hely@ephe.sorbonne.fr">christelle.hely@ephe.sorbonne.fr</a>	

**Description et but du sujet de recherche (une page au maximum) :**

La thématique centrale de ce sujet concerne la modélisation des écosystèmes. Cependant, il est proposé de la décliner au sein d'un périmètre un peu plus restreint : les agrosystèmes, d'une part, les modèles de type systèmes discrets d'autre part. La composante agronomique des agrosystèmes insiste sur le rôle des acteurs humains<sup>1</sup> et sur leurs interactions avec les processus écologiques<sup>2</sup>. Elle suppose de parvenir à « intégrer » de façon efficace et parcimonieuse l'ensemble des processus responsables du fonctionnement de l'agrosystème pour, *in fine*, bénéficier d'un bouquet de services écosystémiques (e.g. services de production, de conservation, de régulation, culturels, etc.). Cette intégration systémique sera abordée par l'utilisation de systèmes discrets qui ont déjà fait leurs preuves pour cet objectif en informatique<sup>3</sup> et en biologie<sup>4</sup>. Ainsi, des pistes complémentaires d'intégration du fonctionnement d'agrosystèmes seront explorées, et une attention particulière sera apportée à leurs applicabilités dans des cas concrets de gestion.

La question centrale de ce sujet de thèse est : « comment intégrer de façon exhaustive la majorité des sources d'information disponibles sur un écosystème, tout en gardant le contrôle de cette intégration ? » En effet, il est important de disposer d'un modèle rigoureux (formalisé) pour comprendre l'objet étudié dans son ensemble, en faisant en sorte qu'il soit utile pour aider à la gestion également. Jusqu'à présent, la question de l'intégration des composantes et processus écosystémiques a souvent été éludée, à cause de la complexité de ces systèmes et du manque

d'outils et concepts pour répondre à cet objectif<sup>5</sup>. Par pragmatisme, la communauté des écologues (disciplines environnementales au sens large) a souvent ciblé ses réflexions et actions sur des objectifs spécifiques (e.g. conserver certaines espèces, augmenter la productivité d'une espèce, ou favoriser le bien-être des populations humaines locales). Une prise de conscience récente des interdépendances qui existent entre les processus au sein d'un écosystème a initié les réflexions sur les services écosystémiques<sup>2</sup>, et sur leur gestion raisonnée<sup>6</sup>. On tente aujourd'hui d'optimiser un bouquet de services au sein du même agrosystème, mais les outils (et concepts) pour cette vision intégrée manquent encore.

Les approches suivantes, qui vont dans le sens de l'intégration recherchée, ont déjà été développées :

- i) une approche conceptuelle permettant d'appréhender tout écosystème (et donc notamment les agrosystèmes) comme un réseau d'interactions (graphes) d'une grande diversité entre des composantes, elles aussi de natures diverses ; nous possédons déjà un prototype
- ii) le développement de modèles discrets pour manipuler rigoureusement ces réseaux<sup>7</sup> (graphes), aussi complexes soient ils<sup>4</sup>. On a en effet montré que des systèmes d'équations différentielles peinent à décrire les dynamiques de systèmes constitués de nombreuses composantes, d'une grande diversité de nature, avec des interactions nombreuses, changeantes et d'une grande complexité.
- iii) le développement de modèles d'optimisation des services écosystémiques, notamment lorsque ces derniers sont nombreux et potentiellement en conflit<sup>8</sup>. En effet, on sait par exemple calculer des optimums de Pareto sur tout état de l'écosystème, pour recommander d'éviter certains scénarios, et au contraire favoriser les scénarios durables à partir de certaines trajectoires écosystémiques.

C'est l'assemblage et la mise en application de ces différentes approches dans des cas concrets que devra réaliser le/la doctorant/e en interaction étroites avec des membres de l'INRA.

Plusieurs résultats découlent naturellement de l'hypothèse qu'il est possible de modéliser un écosystème dans toute sa complexité grâce à une prise en compte qualitative de l'ensemble de ses composantes et processus. **Résultat 1** – une description détaillée d'un écosystème générique puis d'agrosystèmes plus spécifiques (deux ou trois exemple) sous la forme d'un graphe pour chaque système étudié et de ses dynamiques. **Résultat 2** – une formalisation mathématique de cette représentation et modélisation, associée à une réflexion conceptuelle sur ce qu'est un écosystème. **Résultat 3** – le modèle générique d'écosystème (déjà prototypé) et son code sur la base d'un système discret, ainsi que les implémentations correspondant aux modèles d'agrosystèmes ciblés. **Résultat 4** – l'identification de scénarios réalistes contrastés pour ces modèles d'agrosystèmes et la caractérisation fine de leur bouquet de services écosystémiques au cours de leurs trajectoires. **Résultat 5** – une optimisation contextualisée de ces bouquets de services et des échanges avec une diversité d'acteurs des agrosystèmes concernés pour fournir des recommandations concrètes sur le terrain. **Résultat 6** – pour chacun de ces résultats, parfois réunis en un même objectif, une production académique est attendue, notamment sous la forme d'articles scientifiques.

#### Mots clés (5 au Maximum) :

Ecosystèmes ; intégration ; socio-économie ; complexité ; systèmes discrets.

Références succinctes : <sup>1</sup>Ostrom (2009). *Science* 325:419-422. <sup>2</sup>Birkhofer *et al.* (2015). *Frontiers in Ecology and Evolution* 2:87. <sup>3</sup>Pommereau (2010). *Algebras of coloured Petri nets*. Lambert Academic Publishing (LAP). <sup>4</sup>Gaucherel *et al.* (2012). *PLoS ONE* 7:e46064. <sup>5</sup>Gaucherel (2014). *Biological Theory* 9:440. <sup>6</sup>MEA. 2005. *Current state and trends assessment*. Island Press, Washington D.C., USA. <sup>7</sup>Gaucherel & Pommereau (soumis). *Petri nets of ecosystems to quantify resilience and identify catastrophic shifts* Submitted. <sup>8</sup>Lafond *et al.* (2017). *European Journal of Forest Research*:10.1007/s10342-10016-11022-10343.