

## Modélisation : de la cellule à agro-écosystèmes

*François Houllier, PDG de l'INRA, Président du conseil d'AllEnvi, l'alliance de coordination des recherches pour l'environnement (alimentation, climat, eau, territoires).*

### **Enjeux environnementaux**

L'INRA et, plus généralement, les membres d'AllEnvi étudient des processus physico-chimiques, biologiques, socio-économiques qui sont à l'œuvre dans des systèmes complexes de différente nature, systèmes naturels, biotechniques ou socio-techniques. Ces systèmes sont considérés à différentes échelles depuis les niveaux moléculaires et cellulaires (ex. biologie des systèmes) jusqu'à ceux de la biosphère (ex. modélisations climatiques).

Les exemples d'étude liant les Terres fluide, vivante et humaine sont nombreux :

- ▶ les couplages entre modèles climatiques, écologiques et socio-économiques. Par exemple, couplage entre modèles climatiques (tendances et variabilité) et modèles agronomiques (production végétale et animale, épidémiologie...); scénarisation et modélisation des évolutions de la biodiversité.
- ▶ Modélisation des paysages (structure, fonctionnement, biodiversité, services écosystémiques) en fonction des activités humaines.

Cependant tout n'est pas qu'affaire de couplage entre les trois "Terres". Il ne faut pas sous-estimer les besoins de modélisation propres à chacune des trois "Terres" (fluide, vivante et humaine), notamment les besoins de modélisation en biologie, discipline qui a moins développé ses interfaces avec les mathématiques et l'informatique (sauf sur la bioinformatique dans les 20 dernières années) que les physiciens.

### **Besoins mathématiques**

Les outils mathématiques utilisés sont de différentes nature et couvre de nombreuses thématiques mathématiques :

- ▶ Méthodes statistiques classiques
- ▶ Outils de modélisation (systèmes dynamiques, équations aux dérivées partielles...) continue ou discrète.

Nous notons cependant un déficit sur la prise en compte des événements aléatoires.

D'autre part, les phénomènes importants à prendre en compte sont :

- ▶ La prise en compte des dimensions spatiales et temporelles (par exemple, dans les modèles épidémiologiques en santé animale et végétale).
- ▶ La capacité de simuler des phénomènes couplant des processus opérant à différents pas de temps, à différents niveaux d'organisation ou à différentes échelles spatiales.
- ▶ La modélisation d'événements aléatoires.

Et là où les mathématiques se révéleraient plus particulièrement d'une aide précieuse :

- ▶ Modélisation du métabolisme cellulaire (des premiers modèles assez complets commencent à paraître).
- ▶ Modélisation de systèmes dynamiques à structure dynamique (tout type de morphogenèse, depuis un tissu, jusqu'à un organisme [animal, plante] ou à un paysage).

- ▶ Modélisation de phénomènes physiques dans des structures hétérogènes (ex. simulation de la propagation du feu dans des paysages, simulation d'écoulements dans des couverts végétaux...).
- ▶ Modélisation de phénomènes biologiques et physiques (ex. modèles biomécaniques).

### **Liens avec les mathématiciens**

Au sein de l'INRA, il existe un département Mathématiques et Informatique Appliquées, avec un équilibre entre 3 missions : recherches propres (par exemple sur des verrous méthodologiques), recherches interdisciplinaires en partenariat avec d'autres départements (par exemple dans le cadre d'équipes mixtes) et accompagnement du développement des mathématiques et de l'informatique dans d'autres départements.

L'INRA dispose également d'un partenariat stratégique établi avec INRIA soutenu de différente manière : projets incitatifs, équipes-projets communes, contrats doctoraux co-encadrés....

### **Les besoins en HPC**

Il y a de gros besoin en matière de stockage de données lié, notamment mais pas seulement, au développement de la biologie à haut débit (génomique et post-génomique).

En matière de calcul intensifs, les besoins sont croissants mais ils sont moins bien qualifiés à ce stade (mais journée commune réalisée avec INRIA en 2012) que les besoins de stockage de données.

### **Si vous pouviez tout obtenir de l'ANR ?**

D'une part, le soutien à des projets interdisciplinaires associant mathématiciens ou informaticiens.

Puis d'autre part, des projets associant également biologistes, écologues, sociologues ou économistes.

Il peut s'agir de projets de recherche (de taille variable), de cycles de rencontres interdisciplinaires, ... mais il faut veiller à ce que ces projets mobilisent effectivement des chercheurs et enseignants-chercheurs en poste et ne reposent pas de façon prépondérante sur des post-doctorants.