

## Modélisation de l'adaptation

*Brainstorming à l'occasion de la conférence « Biological invasions and evolutionary biology, stochastic and deterministic models », organisée à Lyon, 11-15 mars 2013 (Henri Berestycki, Vincent Calvez, Nicolas Champagnat, Régis Ferrière, Pierre-Emmanuel Jabin, Sylvie Méléard, Sepideh Mirrahimi, Gaël Raoul, Amandine Véber)*

### Axes principaux (du point de vue des applications aux sciences du vivant)

#### #1. Biodiversité

mots-clés : modèles multi-échelles, modèles stochastiques, mutations, processus de branchement, séparation d'échelles de temps, limites déterministes, influence des petites populations, hétérogénéités spatiales, migrations, dynamique adaptative, reproduction sexuée, évolution de la variance génétique.

#### #2. Populations dans un environnement variable, en particulier réponse aux changements climatiques

mots-clés : modèles multi-échelles, espace compartimenté, ondes de propagations avec terme de forçage, interactions non locales, équations intégro-différentielles, évolution des niches, adaptation à un gradient spatial en translation.

La théorie des équations de réaction-diffusion s'est développée récemment autour des problèmes d'invasion en milieu hétérogène (périodique, aléatoire), et des interactions non-locales. Ces interactions non-locales proviennent par exemple de compétition entre individus de différents traits génétiques, et amènent à étudier des équations intégro-différentielles pour lesquelles le comportement asymptotique peut s'avérer très complexe, avec de multiples états stationnaires, potentiellement hétérogènes.

Un autre axe de recherche motivé par le changement climatique et ses conséquences en dynamique des populations est l'étude d'équations de réaction-diffusion avec une variabilité temporelle. Notons l'étude de propagation localisée en espace, avec un terme de forçage dû au déplacement des isoclines de température [Berestycki et al 2009]. Notons également le cadre théorique proposé pour analyser l'adaptation d'une espèce à un gradient spatial [Kirkpatrick and Barton 1997].

#### #3. Evolution des interactions écologiques

mots-clés : écologie des communautés, analyse multi-échelle (individu/population), couplage écologie/évolution, dynamique adaptative multi-niveaux, mutualisme, superinfection, épidémiologie, évolution des antibiotiques, résistance bactérienne, épistasis, évolution de la synergie.

#### #4. Processus d'invasion en biologie

mots-clés : modèles spatiaux, propagation en milieu hétérogène, propagation sur un réseau, couplage écologie/évolution, populations hétérogènes, diversité génétique des fronts d'invasion, EDP structurées, modèles stochastiques, interactions hôtes-parasites, systèmes d'EDP, réaction-diffusion, diffusion croisée, lois de migration non diffusives.

Le couplage écologie/évolution donne lieu à des modèles complexes, multi-échelles par essence, dont l'analyse requiert des outils mathématiques très fins. Séparer les échelles, lorsque cela est pertinent, conduit à des modèles réduits dont l'analyse est plus simple, mais cette hypothèse n'est pas toujours valide, notamment en évolution de la résistance (couplage épidémiologie/évolution) ou lors d'invasion d'espèces à grande échelle d'espace, ou bien à fort taux de mutation (microbiologie). Lorsque cette réduction n'est pas possible, l'analyse du modèle doit être menée dans toute sa complexité (interactions non locales, diversité locale au sein de la population).

#### #5. Epidémiologie

mots-clés : épidémies globales, graphes aléatoires dynamiques.

## Axes principaux (du point de vue des outils mathématiques)

### #1. Analyse multi-échelle

différentes échelles de temps (écologie/évolution) et d'espace (milieu hétérogène, variables de structure). Séparations d'échelles non valides dans certains cas. Alors pas de réduction possible de modèle.

### #2. Environnement variable

EDP à coefficients non constants, ondes progressives dans un espace hétérogène (périodique, aléatoire), environnement compartimenté, homogénéisation.

### #3. Populations structurées, modèles spatiaux

propagation en milieu hétérogène, interactions non locales, phénomènes de dispersion non diffusives. Lois de dispersion non diffusive. Coalescent spatial.

### #4. Arbres et réseaux

### #5. Statistiques

Le groupe de réflexion insiste sur l'importance des outils statistiques, en particulier inférence phylogénétique, méthodes ABC (Approximate Bayesian Computation) en génomiques des populations, analyse des données (ex : en épidémiologie), "big data".

Contexte : ERC RED "Réaction-diffusion equations, propagation and modeling" (Henri Berestycki)

Références :