

**Titre : De la géométrie algorithmique pour simuler des flux de particules dans des paysages agricoles.**

Unité : *Unité Mathématiques et Informatique Appliquées de Jouy en Josas*

Département : *MIA*

Domaine: *Environnement, Agro-écosystèmes, Méthodologie d'analyse et gestion des risques*

Champ disciplinaire : *mathématiques, agronomie, écologie*

Mots-clés « thématiques »:

- *Principal*
  - *Modélisation*
  - *Paysage agricole*
  - *Géométrie algorithmique*
- *Secondaires*
  - *Flux de gènes*
  - *Cubature*

Mots-clés « type d'activité » :

- *Principal*
  - *Résultat de recherche en mathématique appliquée*
  - *Complémentaire : modélisation et algorithmique*
- *Secondaires*
  - *Innovation*
  - *Complémentaire : développement logiciel*

### **Contexte/enjeux/problématique**

Au croisement de l'agronomie et de l'écologie, de nombreuses questions se posent aujourd'hui à l'échelle d'un paysage ou d'un territoire agricole et ces questions impliquent souvent des flux de particules. C'est le cas par exemple de la coexistence entre cultures OGM et non OGM (flux de pollen et de graines) ou de la propagation de maladies en épidémiologie végétale (flux de spores). A cette échelle, la modélisation est un complément indispensable à des études d'observation et à l'expérimentation. Lorsque cette modélisation porte sur des flux de particules dans des paysages explicites, les approches par simulation deviennent incontournables et la dispersion de particules représente alors, le plus souvent, l'étape la plus complexe et la plus coûteuse en temps calcul. De tels travaux nécessitent donc des algorithmes fiables et performants pour améliorer la résolution spatiale ou prendre en compte de plus grands territoires.

### **Résultats**

Nos travaux ont débuté avec comme objectif l'amélioration du module de dispersion spatiale du modèle Genesys, développé à l'INRA pour décrire les flux de gènes entre champs de colza. Plus généralement, nous nous sommes placés dans le cas où les flux de particules sont décrits par une fonction de dispersion individuelle (point source à point cible), alors que les zones émettrices et réceptrices (*e.g.* parcelles ou sous-parcelles) sont décrites par des polygones. Une méthode de calcul originale a été développée pour calculer le flux total entre paires de polygones, en s'appuyant sur des techniques de géométrie algorithmique et d'intégration sur des polygones (cubature). Elle a été rendue disponible sous la forme d'un logiciel libre écrit en C++, dénommé CaliFloPP.

### **Perspectives/impact à terme**

Grâce à une collaboration autour de Genesys, entamée dans le cadre du projet européen SIGMEA (2003-2007), la méthode développée a été appliquée très rapidement dans des travaux de recherche sur les flux de gènes chez le colza. Mais le travail a aussi été conçu pour

déboucher sur un outil générique pouvant être utilisé pour d'autres applications, par exemple en épidémiologie végétale.

La dispersion soulève de nombreuses autres questions de mathématique appliquée. Dans le cadre du modèle MAPOD de flux de gènes chez le maïs, l'unité MIA-Jouy est ainsi impliquée dans une collaboration agronomes-physiciens-statisticiens visant à prendre en compte les hétérogénéités du paysage dans la fonction de dispersion du pollen (projet ANR GCOM2AP animé par Frédérique Angevin, unité Eco-Innov de Grignon).

### **Partenaires**

Au-delà des différentes compétences mobilisées à MIA-Jouy, ce travail a bénéficié pour son volet appliqué d'une collaboration étroite avec Nathalie Colbach (INRA-Dijon) et Christophe Sausse (CETIOM). Il s'inscrit par ailleurs dans le cadre de collaborations entre les départements EA, GAP, MIA, SPE ainsi que l'INRIA (Loria Nancy) sur la modélisation des flux de gènes et l'étude de la coexistence, et plus généralement sur la modélisation à l'échelle du paysage.

### **Valorisation**

CaliFloPP est un logiciel libre (license CeCILL-C), documenté, déposé, et accessible depuis le site de l'unité MIA de Jouy en Josas (lien ci-dessous). Il constitue aujourd'hui le module de dispersion spatiale de Genesys. Une réflexion a tout juste débuté sur une éventuelle intégration à la plate-forme de modélisation RECORD en cours de développement par les Départements EA et MIA (unité de Toulouse). CaliFloPP a fait l'objet d'une publication méthodologique et de citations dans deux articles d'agronomie et d'écologie.

[<http://www.inra.fr/miaj/public/logiciels/califlopp>]

### **Bibliographie**

A. Bouvier, K. Kiêu, K. Adamczyk, and H. Monod. Computation of integrated flow of particles between polygons. *Environmental Modelling & Software*, In Press, Available online 19 December 2008. [[DOI](#)] [[http](#)]

N. Colbach, H. Monod, C. Lavigne. A simulation study of the medium-term effects of field patterns on cross-pollination rates in oilseed rape (*Brassica napus* L.) *Ecological Modelling*, In Press, Available online 7 January 2009. [[DOI](#)] [[http](#)]

N. Colbach, C. Devaux, F. Angevin. Comparative study of the efficiency of buffer zones and harvest discarding on gene flow containment in oilseed rape. A modelling approach *European Journal of Agronomy*, In Press, Available online 20 November 2008. [[DOI](#)] [[http](#)]

### **Contacts**

Hervé Monod / Annie Bouvier / Kiên Kiêu

Unité de Mathématique et Informatique Appliquées, UR 341

INRA

78352 Jouy en Josas cedex

Tel : 33.1.34.65.28.45 ; Mel : [herve.monod@jouy.inra.fr](mailto:herve.monod@jouy.inra.fr)