

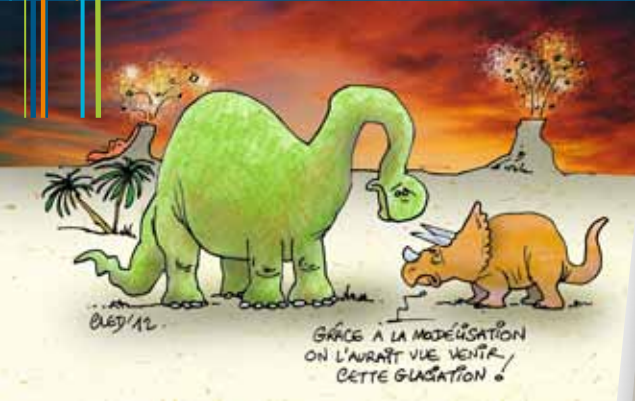
30 ans
 penser ensemble
 développer solutions
 agir naturellement
 maîtriser l'innovation
 chercher mieux



ECHOS

Modèles, systèmes d'information pour l'environnement

30 ans pour l'environnement en 12 thèmes de recherche



Le pari des mathématiques pour gérer durablement les écosystèmes et les territoires

Adapter les avancées récentes de l'informatique et de la modélisation pour mieux comprendre et gérer les systèmes écologiques et territoriaux (exploitation agricole, forêt, rivière...) : c'est l'objectif que nous poursuivons au sein du thème de recherche Motive.

Pour cela, nous explorons des voies complémentaires. Les capteurs communicants, issus de la révolution en cours du web des objets, fournissent de nouveaux moyens de mesures précises et régulières sur l'état de l'eau, du sol, etc. Les systèmes de stockage de données, eux aussi en forte évolution, permettent d'entreposer des masses croissantes de données de manière décentralisée et de les restituer de façon pertinente à l'utilisateur (agriculteur ou décideur politique). La modélisation des systèmes complexes donne une compréhension nouvelle des écosystèmes et du développement territorial. Enfin, en utilisant ces modèles, nous proposons des cadres mathématiques précis pour définir des politiques d'actions résilientes ou durables.

Ces recherches sont, nous en sommes convaincus, autant de jalons vers une vision future de l'écologie et du développement durable.

Guillaume Deffuant, animateur du thème de recherche Motive, unité de recherche Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes, Clermont-Ferrand

Top modèles ! De la vie artificielle... aux champs d'application variés

Simplifier le réel, pour mieux le comprendre, ce principe, énoncé par Aristote dès l'Antiquité est à l'origine de la notion de modèle.

Structurée au sein des mathématiques dès les années 1930, la modélisation prend également chair, de manière plus empirique, au sein de la physique, de l'économie ou des sciences sociales. Outil initialement dédié à la connaissance scientifique, elle se tourne vers des objectifs plus opérationnels après la Seconde Guerre mondiale (simulation pour le nucléaire militaire ou météorologie) et devient dès lors également un instrument prédictif. John von Neumann (Automate cellulaire) et Alan Turing (Intelligent machinery) ouvrent dès la fin des années 1940, les perspectives les plus larges en lien avec la vie. Si le concept d' "intelligence artificielle" s'avère décevant, la modélisation appliquée au vivant devient dès les années 1970 un domaine à part entière. Présente au Cemagref dès sa fondation, dans une démarche interdisciplinaire et directement reliée au terrain, la modélisation y prend une ampleur croissante au cours des années 1990. En 1995 un séminaire "inter-chercheurs" constate qu'elle est devenue l'activité principale d'un nombre très important de chercheurs et d'ingénieurs. La création du LISCI¹ fait écho à ce constat.

Spécifiquement dédiée à la modélisation, cette équipe favorise les transversalités et un lien plus étroit avec les avancées théoriques.

De la "Vie artificielle" aux processus d'adoption des innovations, la modélisation concerne des champs d'application extrêmement variés. Le Cemagref construit avec succès des projets européens comme "Images" dès le début des années 2000 ou "PRIMA" plus récemment, où la modélisation vise à améliorer des politiques de développement territorial. Par ailleurs, la modélisation est associée de manière croissante à la gestion des systèmes d'information géolocalisés. Le développement de l'électronique embarquée, de capteurs communicants dans le cadre de systèmes de plus en plus intégrés stimule et étend le spectre de ces recherches. Associés aux nouveaux réseaux numérisés, les dispositifs qui en résultent peuvent constituer une contribution déterminante au développement d'une agriculture durable ou à de meilleures politiques de gestion des écosystèmes.

Tourné vers des enjeux comme la complexité ou l'interopérabilité et porté par des concepts comme la résilience ou le "Machine to machine", ce domaine s'épanouit désormais au sein du TR Motive.

¹Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes

Pascal Griset, professeur d'histoire contemporaine à l'Université Paris-Sorbonne

Résilience des milieux naturels

Calculs européens !

L'augmentation de la pression de pâturage peut provoquer l'embuissonnement de la savane

La nature montre souvent la faculté étonnante de retrouver un fonctionnement normal après avoir subi une perturbation importante. C'est ce que l'on appelle la résilience. Mais l'activité humaine provoque parfois des changements irréversibles... Que faire pour éviter l'irréparable ? Poser le problème mathématiquement est un premier pas pour apporter des solutions.

La théorie de la viabilité

Financé dans le cadre du 6e PCRD¹, le projet PATRES (*Pattern Resilience*) a réuni de 2007 à 2010 cinq partenaires français, espagnols et allemands, coordonnés par le Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes (LISC) du Cemagref. Le projet portait sur une nouvelle façon de définir la résilience, à partir de la théorie mathématique de la viabilité. Cette dernière permet en effet de calculer, à partir d'un modèle, quand et comment agir pour maintenir la capacité de résilience du système considéré (écosystème ou territoire, par exemple).

Des résultats concrets

Les chercheurs ont notamment appliqué cette approche à la gestion de la biodiversité dans les savanes. Dans ces régions couvertes de hautes herbes, la pression de pâturage peut provoquer la dégradation de la végétation en formations buissonneuses. Une transformation qui met des centaines d'années à s'inverser ! À partir d'un modèle de cette évolution, et grâce à la théorie de la viabilité, les partenaires du projet PATRES sont parvenus à calculer quand intervenir pour diminuer le niveau de pâturage avant d'atteindre un point de non-retour, ou au contraire l'augmenter pour accompagner le développement agricole, sans toutefois nuire au milieu naturel.

Publication en cours

D'autres cas ont également été étudiés : les colonies bactériennes, dont certaines structures spatiales sont recherchées pour le traitement des eaux, ou encore l'émergence et l'extinction des langues parlées dans les sociétés humaines. L'ensemble de ces travaux seront repris dans un ouvrage à paraître en 2011. ●

Contact : Guillaume Deffuant, unité de recherche Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes, Clermont-Ferrand.

Simulation et gestion des connaissances appliquées à...

L'agri-environnement

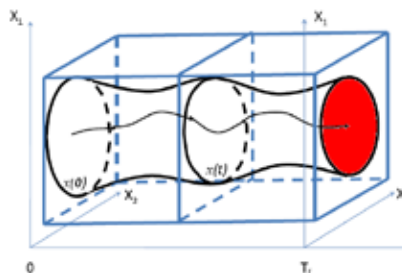
Les avancées de l'informatique trouvent des applications nouvelles à l'agriculture, la gestion des écosystèmes et au développement territorial. En voici quelques exemples, développés par les chercheurs du TR MOTIVE.

L'avenir des municipalités rurales

Lancé en 2008, le projet européen PRIMA¹ vise à mieux comprendre l'évolution de la démographie et des activités dans les municipalités rurales européennes, afin d'améliorer les politiques européennes de développement territorial. Au sein de ce projet coordonné par le Cemagref, les chercheurs du TR MOTIVE développent un modèle de réseaux de municipalités, incluant l'évolution des individus et des ménages (naissances, décès, mises en couples, séparations...), les migrations, les changements d'activités. Le modèle est fondé sur diverses données statistiques et sur des enquêtes de terrain. Les chercheurs mettent en place des entrepôts de données permettant de visualiser facilement les résultats de ces modèles sous forme de cartes et de tableaux. D'abord conçu sur certaines municipalités d'Auvergne, ce modèle doit progressivement être adapté aux autres études de cas du projet (au Royaume-Uni notamment).

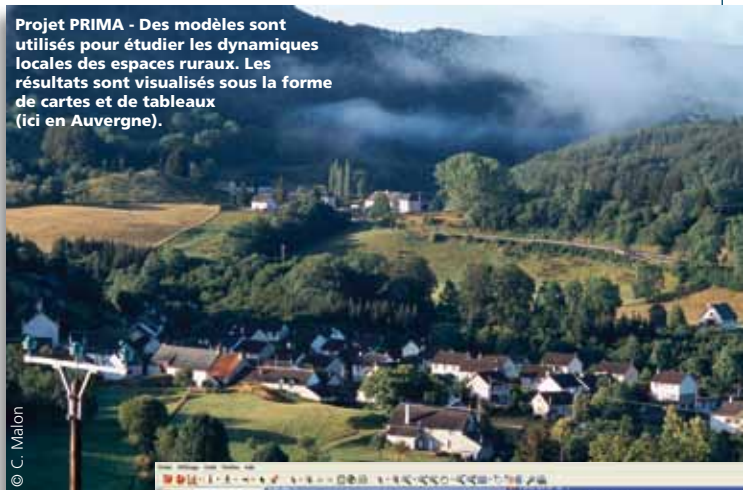
L'affinage du camembert

Pour le projet ANR INCALIN² le Cemagref a développé une approche mathématique et informatique nouvelle pour améliorer l'affinage du camembert. Cette approche, fondée sur la théorie de la viabilité, permet de calculer l'ensemble des trajectoires possibles qui conduisent à l'état final désiré (masse, température de surface, respiration des microorganismes). Pour obtenir ce résultat, il a fallu faire appel à des simulations sur une grille de calcul : des milliers d'ordinateurs reliés entre eux.



Projet INCALIN - la théorie de la viabilité a permis d'identifier une conduite de processus originale des camemberts en 8 jours au lieu des 12 jours nécessaires dans un cadre classique d'affinage





Projet PRIMA - Des modèles sont utilisés pour étudier les dynamiques locales des espaces ruraux. Les résultats sont visualisés sous la forme de cartes et de tableaux (ici en Auvergne).

© C. Malon

Ce travail a permis d'identifier des pratiques nouvelles qui permettent d'obtenir la qualité du fromage requise en diminuant de 30 % le temps nécessaire à l'affinage.

Semelles... on line

L'agriculture dite "intégrée" est une troisième voie entre l'agriculture conventionnelle et l'agriculture biologique. Elle privilégie la régulation naturelle, tout en autorisant les produits phytosanitaires lorsque les solutions alternatives ne suffisent pas. Mais ces pratiques font l'objet d'un partage restreint et local qui limite leur diffusion. C'est pourquoi le Cemagref développe un outil informatique de gestion des connaissances destiné à capitaliser et partager les savoirs en échangeant par internet.

« Le Cemagref développe un outil informatique de gestion des connaissances destiné à capitaliser et partager les savoirs en échangeant par internet. »

Cet outil informatique de gestion des connaissances destiné à capitaliser et partager les savoirs en échangeant par internet. Cet outil devrait ainsi favoriser l'innovation. Un prototype sera testé au cours de l'été 2011 par des chambres d'agriculture, des lycées agricoles, des agriculteurs et des instituts de recherche.

Contacts : Sylvie Huet, Sandro Bimonte, Hadj Mahboubi, Isabelle Alvarez, Sophie Martin, Vincent Soullignac, unité de recherche Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes, Cemagref Clermont-Ferrand.
Pour en savoir plus : www.gip-ecofor.org

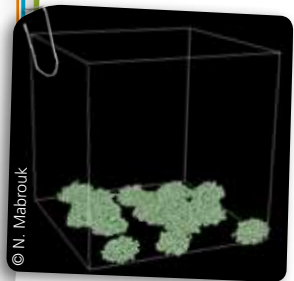
¹Prototypical policy impact on multifunctional activities in rural municipalities (7^e PCRD)
²2007-2009

Motive en bref

Traitement de l'eau

Des bactéries dans l'ordinateur !

La modélisation informatique peut-elle nous aider à mieux comprendre le rôle de la biodiversité bactérienne dans les biofilms ? C'est la question que se posent les chercheurs du projet ANR DISCO¹, auquel participe le Cemagref. On sait que l'agrégation des bactéries en biofilms aux propriétés adhésives et protectrices améliore les performances des bioréacteurs de traitement des eaux usées. Le projet DISCO entend mieux comprendre ces phénomènes grâce à l'apport mutuel de la modélisation et de l'expérimentation. En effet, de nouveaux microscopes permettent d'observer les structures fines des biofilms et le rôle de différentes bactéries dans leur construction. Parallèlement de nouveaux modèles informatiques permettent de simuler le rôle individuel de chaque bactérie. Les chercheurs peuvent ainsi étudier et simuler précisément les liens entre la structure spatiale des biofilms et leurs biodiversités génétique et fonctionnelle. Une meilleure compréhension de ces interactions ouvre de nouvelles perspectives pour agir sur la structure des biofilms, et ainsi améliorer le traitement des eaux usées ou des déchets.



© N. Mabrouk

¹Modélisation multi-échelles du couplage biodiversité structure dans les biofilms.

Contacts : Nabil Mabrouk, Jean-Denis Mathias, Guillaume Deffuant, unité de recherche Laboratoire d'ingénierie des systèmes complexes, Cemagref Clermont-Ferrand ; Théodore Bouchez, unité de recherche Hydrosystèmes et bioprocédés, Cemagref Antony.
Pour en savoir plus : <https://sites.google.com/site/anrdisco/>

Viticulture

Capteurs sans fil dans la vigne

Il est indispensable de maîtriser le stress hydrique de la vigne pour maintenir la qualité et la réputation des vins, sachant que chaque millésime est différent. Pour cela, Le projet DISP'eau vise à mettre au point un outil d'aide à la décision pour optimiser la culture des parcelles en fonction de données hydriques collectées au niveau de la plante. Ces données seront acquises de façon automatisée grâce à un réseau de capteurs sans fil développé par le Cemagref, puis acheminées vers une base de données centrale également conçue par le Cemagref. Ces informations serviront à piloter la conduite de la vigne et, dans les parcelles autorisées à irriguer, à améliorer la gestion de la ressource en eau. Le projet, qui doit aboutir en 2012, est mené dans la région Languedoc et porté par le pôle de compétitivité Qualiméditerranée.



© M. Carrouée

Des capteurs sans fil permettent de suivre les teneurs en eau du sol et d'optimiser l'irrigation des parcelles de vigne

Contacts : François Pinet, Jean-Pierre Chanet, Gil De Sousa, Aurélien Jacquot, unité de recherche Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes, Cemagref Clermont-Ferrand.
Pour en savoir plus : <http://www.cemagref.fr/le-cemagref/organisation/les-centres/le-centre-de-clermont-ferrand/ur-tsct/systemes-d2019information-agri-environnementaux-communicants/>

Motive depuis sa création en 2009

16 ingénieurs et chercheurs

87 articles à comité de lecture

18 contrats sur ressources propres

3 questions à François Pinet

François Pinet, informaticien, est chargé de recherche au Cemagref de Clermont-Ferrand, unité Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes, et titulaire d'une HDR¹. Il a co-fondé en 2010 la revue *International journal of agricultural and environmental information systems*².



© B. Bessat

1 > Vous travaillez sur la conception d'entrepôts de données pour l'agriculture et l'environnement. Ces secteurs sont-ils particulièrement demandeurs de systèmes d'information ?

Pour prendre des décisions efficaces, les décideurs et les gestionnaires ont besoin de données sur les systèmes écologiques ou territoriaux. Grâce aux progrès technologiques, les quantités de données à leur disposition ne font qu'augmenter : état des sols et des cours d'eau, conditions climatiques, pratiques agricoles (pesticides, irrigation...), etc. Ce qui pose la question de leur stockage et de leur intégration. Par ailleurs, le développement de la modélisation environnementale, utilisée pour l'étude des phénomènes complexes comme les changements climatiques, génère un volume important de résultats de simulation qu'il faut aussi stocker.

2 > Quelles sont les particularités des outils que vous développez ?

Les données issues de l'agriculture et de l'environnement ont des caractéristiques spécifiques, comme leur hétérogénéité, leur qualité variable et leur caractère géoréférencé. L'utilisation des entrepôts de données étant encore quasi inexistante en agri-environnement, nous utilisons et nous adaptons des méthodes établies dans d'autres secteurs, notamment le tertiaire. Nous concevons aussi des mécanismes de contrôle automatique de la qualité des données au moment de l'intégration dans les entrepôts ou les bases de données. Cela a été par exemple le cas pour la base de données SIGEMO³ qui recense les épandages de matières organiques sur les sols. Enfin, nous développons des interfaces pour restituer et visualiser les données, le plus souvent sous forme de cartes.

3 > Pourquoi avoir lancé une revue scientifique consacrée aux systèmes d'information agri-environnementaux ?

J'ai co-fondé cette revue interdisciplinaire avec Petraç Papajorgji, de l'Université de Floride, pour pallier un manque dans le paysage des revues scientifiques internationales. Elles étaient consacrées aux systèmes d'information, à l'agriculture ou à l'environnement... mais aucune ne rassemblait ces trois domaines. Nous recevons beaucoup de propositions d'articles, et notamment d'auteurs de disciplines variées, preuve que notre initiative répond à un véritable besoin. ●

¹Habilitation à diriger des recherches

²Revue publiée par la maison d'édition américaine IGI Publishing (www.igi-global.com/IJAEIS)

³Système informatisé de gestion des épandages de matières organiques.

Conçu par le Cemagref pour le ministère de l'Agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire et le ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et du logement.



© Photo Cemagref

+ Motive, c'est aussi...

Développement du système d'information pour l'enregistrement du contrôle obligatoire des pulvérisateurs (S. Bernard, <https://gippulves.cemagref.fr/>) // Participation au projet européen ERANET ICT-AGRI sur la mise en œuvre des technologies de l'information en agriculture (J.P. Chanet, <http://ict-agri.eu>) // Développement d'un logiciel d'aide aux plans d'expériences sur modèles complexes: SimExplorer (T. Faure, <http://www.simexplorer.org/>) // Projet ANR Deduction, sur le lien entre viabilité et développement durable (S. Martin, coordinatrice du projet, http://mann.clermont.cemagref.fr/deduction/index.php/Projet_ANR_D%C3%A9duction) // En savoir encore plus : www.cemagref.fr > sciences et technologies > les thèmes de recherche.

www.cemagref.fr/30ans



© Photo Cemagref

Jean-Denis Mathias Ailes d'avion, bio-colles... forêts !

« Je suis physicien de formation, spécialisé dans l'étude des matériaux hétérogènes. Par exemple dans ma thèse, j'ai développé de nouveaux matériaux pour réparer des ailes d'avion. Lorsque je suis arrivé au Cemagref, en 2007, j'ai dû m'adapter à des champs d'application nouveaux : bactéries, forêts, épidémies. Heureusement, les approches théoriques m'étaient familières. En particulier, je pratiquais déjà la démarche dite de "double modélisation", consistant à développer un modèle détaillé pour comprendre le système et à établir un modèle simplifié pour l'aide à la décision. Cette démarche est très structurante au sein de l'unité de recherche du LISC¹. Je décris ce parcours dans mon HDR². Mes activités antérieures me permettent aussi de défricher de nouvelles pistes : je m'intéresse à la production de nouveaux matériaux utiles à la construction (panneaux isolants, bio-colles), produits à partir de déchets organiques (broyats de tournesol par exemple). Cette activité a donné lieu à un projet ANR, que je coordonne et au dépôt d'un brevet en 2010, en collaboration avec l'université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. » ●

¹Laboratoire d'ingénierie pour les systèmes complexes

²Habilitation à diriger des recherches

ECHOS

Une publication du Cemagref

Directeur de la publication : Roger Genet.
Directrice éditoriale : Sylviane Casademont.
Rédactrice en chef : Sabine Arbeille. Comité de rédaction : Lucinda Aissani, Sylviane Casademont, Denis Cottin, Émilie Duchatelle, Guillaume Deffuant, Catherine Tailleux.
Rédacteurs : Alexia Attali, Pascal Grisot.
Secrétariat de rédaction : Catherine Sialino.
Conception : teymourcorporate
Réalisation : Michaël Le Bourlout. Iconographie : Catherine Tailleux. Impression et façonnage : Imp. Desbouis - Grésil.
ISSN en cours



Contact diffusion : Martine Scheidecker -
01 40 96 61 86 - martine.scheidecker@cemagref.fr