



**Projet GEODIFF
PEPS RUPTURE 2011
Bilan d'avancement 2011**

Sommaire

1. RAPPELS	1
2. BILANS	3
2.1 <i>Bilan scientifique</i>	3
2.2. <i>Bilan financier</i>	6
3. PERSPECTIVES	6
BIBLIOGRAPHIE	8

1. Rappels

Résumé du projet : Ce projet s'intègre dans un contexte où la mise en place de solutions rapides devient urgente pour compenser la dégradation de l'environnement occasionnée par l'homme. Les nouvelles réglementations environnementales soulignent les services écologiques, apportés par les systèmes naturels, tant au niveau de la dépollution des eaux et des sols que dans la régulation du réchauffement climatique.

Il s'agit maintenant de mieux comprendre ces systèmes naturels et leurs modes de dégradations afin d'améliorer le service écologique rendu.

La dégradation des écosystèmes obéit à des phénomènes complexes, naturels ou non, tels que le ruissellement de l'eau, la propagation d'un champignon dans une plantation, ou celle d'un feu de forêt. Elle nécessite, d'une part, la prise en compte du phénomène physique sous-jacent (diffusion) et, d'autre part, l'exploitation à l'échelle macroscopique d'un ensemble de données (mesures) acquises à une échelle inférieure.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons de mettre en place un système multi-agents prenant en compte les interactions locales du processus de dégradation, couplé à la diffusion de celui-ci sur une échelle plus globale.

Le projet GEODIFF vise donc à établir un système hybride SMA-EDP modélisant à différentes échelles le processus de dégradation, couplé à une couche informationnelle.

Cette démarche vise à constituer par la suite un laboratoire virtuel suffisamment réaliste pour tester des hypothèses sur les phénomènes de dégradation aux comportements encore mal maîtrisés [Guermond 2008].

Mots clés : Environnement, processus de dégradation de type diffusion, système multi-agents, équations différentielles partielles, système d'informations géo-référencées, image, segmentation d'images

Partenaires du projet :

Porteur du projet	Code et Nom du laboratoire	Courriel	CP et ville
Aymeric Histace (MCF) Jeune chercheur	UMR CNRS 8051 ETIS (Equipes Traitement de l'information et Systèmes)	aymeric.histace@u-cergy.fr	95 000 Cergy

Equipes participantes	Code et Nom du laboratoire	Courriel	CP et ville
David Picard (MCF) Jeune Chercheur	UMR CNRS 8051 ETIS (Equipe Traitement de l'information et Systèmes)	david.picard@ensea.fr	95 000 Cergy
Michel Ménard (PU)	EA 2118 L3i (Laboratoire Informatique, Image, Interaction)	michel.menard@univ-lr.fr	17 000 La Rochelle
Arnaud Revel (PU)	EA 2118 L3i (Laboratoire Informatique, Image, Interaction)	arnaud.revel@univ-lr.fr	17 000 La Rochelle
Abdallah El-Hamidi (MCF)	EA 3165 MIA (Mathématiques, Image, Applications)	abdallah.elhamidi@univ-lr.fr	17 000 La Rochelle

Début officiel du projet : Mai 2011**Durée et financement :**

Durée du projet	Total (Fonctionnement et équipement) :
12 mois 24 mois <input checked="" type="checkbox"/>	20000€ (dont 8000€ versés pour 2012)

2. Bilans

2.1 Bilan scientifique

Ces sept premiers mois de projets se sont principalement articulés (i) autour de la mise en place d'un cadre pratique d'application afin d'identifier les trois axes principaux de recherche qui constituent désormais le projet et (ii) sur le défrichage de chacun de ces thèmes en termes bibliographiques, méthodologiques et de développement des codes associés.

La Figure 1 présente plus particulièrement le cadre applicatif défini pour le projet GEODIFF par les partenaires.

Au travers de la mise en place d'un outil intelligent de gestion de la ressource (ici végétale par exemple), trois sous-thèmes ont pu être clairement identifiés pour la mise en place d'un système coopératif SMA-EDP :

- **Thème SS1 :** Cet aspect du projet porte plus particulièrement sur l'étude des modèles de diffusion géographique associés aux phénomènes complexes tels que les feux de forêts ou encore la diffusion d'un vecteur pathogène.

Sur ce thème une étude complète des travaux mettant en jeu les phénomènes dits de diffusion en S a d'ores et déjà été réalisée sur la base des travaux décrits dans [Daudé et Langlois, 2007]. En particulier, une bibliothèque matlab dédiée à ce type de phénomènes a été développée et a permis de benchmarker les résultats classiques d'évolution diffusifs afférents, que les phénomènes mis en jeu soient de nature purement logistique ou bien plus complexe (spatio-temporel).

Sur la base de ces résultats, nous avons par ailleurs mis en évidence que les équations de diffusion de type EDP classiquement utilisées en restauration d'image pouvaient servir de socle commun pour enrichir les modèles d'évolution proposés par les géographes : l'intégration de fonctions diffusives spatiales telles que proposées par Perona-Malik ou bien Weickert dans les années 90 permettent effectivement de modéliser des processus non-linéaires de développement d'un foyer d'incendie par exemple, voir même l'intégration d'anisotropie dans le processus diffusif au moyen du calcul des tenseurs locaux de structure. Cette intégration montre également l'aspect coopératif entre le traitement d'image satellitaire par exemple et l'enrichissement des modèles connus, les images acquises servant alors d'information a priori sur la nature des sols et leur propriétés locales.

Enfin ce travail a également permis de comparer structurellement parlant le mode de réalisation pratique de ces phénomènes diffusifs (à l'échelle de l'élément considéré) et de les comparer aux structures de type SMA classique [Picard et al, 2010]. Le parallélisme entre les deux s'avère très significatifs et de ce fait, amène à développer un axe collaboratif avec le thème SS2. L'agent en particulier est alors à la fois vecteur d'information (hygrométrie, température, force et orientation du vent...) et élément en évolution sous contrainte du processus décrit.

- **Thème SS2 :** Ici, la problématique concerne plus particulièrement la modélisation des processus de dégradation de l'environnement à l'aide de systèmes multi-agents

permettant d'obtenir des prédictions réalistes à partir d'un état initial relevé sur le terrain.

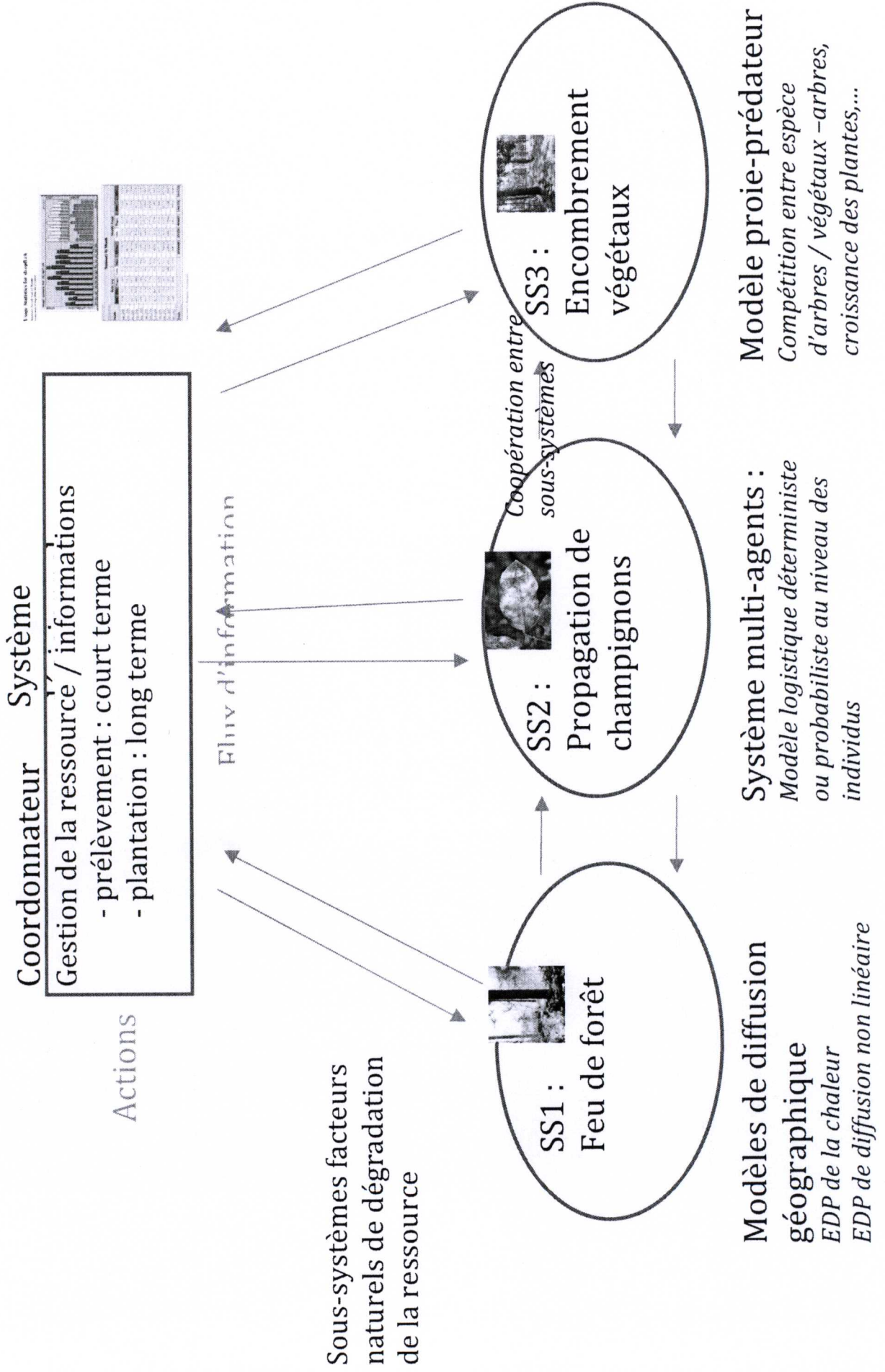
Dans ce cadre, une étude préparatoire des différentes plateformes de simulation de systèmes multi-agents disponibles sur le marché a été effectuée. Les critères d'évaluations ont été basés sur un exemple concret de système multi-agents de type *proie/prédateur* utilisé dans le cadre de la modélisation de l'attention visuelle. Les systèmes proie/prédateur comportent deux populations d'agents (les proies et les prédateurs) qui sont chacune régies par des règles de natalité et de mortalité influencées par l'environnement et les rencontres avec l'autre population. Ces règles mènent à un système d'équation différentielles dit de Volterra-Lotka dont l'évolution du SMA est une résolution. Dans le cas particulier de l'attention visuelle, les proies représentent la curiosité générée par des caractéristiques images (intensité, couleur, orientation), tandis que les prédateurs représentent l'intérêt généré suite à la consommation de curiosité. À convergence, le SMA indique les zones de l'image sur lesquelles se concentre l'attention visuelle [Perreira, 2010].

Sur la base de ce système simple, plusieurs logiciels de simulation de SMA ont été testés. Les critères d'évaluations ont été basés sur la facilité de prise en main du logiciel, l'interopérabilité, la facilité d'intégration de données images et géographiques (point très important pour le projet), ainsi que la facilité de descriptions des algorithmes d'évolution des agents et de l'environnement. À l'issue de cette évaluation, la plateforme NetLogo a été retenue et sera utilisée dans la suite du projet pour le l'implantation des modèles SMA.

- **Thème SS3 :** Les sous-systèmes sont observés au travers d'agents distribués géographiquement, hétérogènes et mobiles avec un objectif préventif et opérationnel de gestion des ressources. Il s'agit donc clairement d'une problématique mettant en jeu des interactions stratégiques entre agents. Par ses résultats obtenus récemment, la théorie des jeux à champ moyen (MFG) semble donc tout à fait pertinente en vue de cette modélisation : l'ensemble des agents est classiquement représenté sous la forme d'une densité m , et les agents cherchent à optimiser un certain critère non global. L'optimisation du système est alors ramené à celle de l'optimisation indépendante de ses sous-systèmes, la poursuite de l'optimum collectif étant assurée par l'action itérative du niveau hiérarchique supérieure.

Un état de l'art des MFG a été entrepris. On peut citer, outre les travaux fondateurs effectués par Pierre-Louis Lions et Jean-Michel Lasry [[Lasry](#), [Lions](#), 2007], ceux d'Olivier Guéant [Guéant 2009], d'Aimé Lachapelle [Lachapelle, 2010], et enfin ceux d'Yves Achdou [Achdou, 2005].

Les EDP de résolution nécessitent la mise en place de schémas numériques performants. Actuellement, nous cherchons à évaluer ceux de la littérature, principalement définis dans le secteur de l'économie. Dans un deuxième temps, ces schémas seront modifiés pour prendre en compte les spécificités de notre domaine applicatif.



2.2. Bilan financier

Au niveau de l'utilisation des fonds mis à disposition pour l'année 2011, soit 8000€ un bilan financier est proposé à suivre.

Objet	Débit	Solde
CNRS PEPS RUPTURE		8000€
Mission Juan Sebastian SILVA de QUINTERO (ETIS)	Environ 500€	7500€
Mission Elisabeth BONNEFOY (L3i)	Environ 500€	7000€
Mission Ali NAAMAT (L3i)	Environ 500€	6500€
Achat Matériel informatique (L3i)	2500€	4000
Achat Matériel informatique (ETIS)	4000€	0€
Solde restant :		0€

Les trois missions ont permis d'avancer sur chacun des thèmes décrits précédemment au moyen de l'encadrement de stagiaires durant la période Juin-Août 2011. Dans chaque cas, un rapport de stage a été remis et discuté entre les partenaires.

L'achat de matériel informatique a consisté à rendre le projet autonome en termes d'équipements (stations de travail, ordinateurs portables principalement). Un renouvellement du financement sur l'année 2012 permettra de financer plus de missions d'échange entre les trois partenaires et potentiellement des déplacements dans le cadre de publication (conférence) ou des frais de publications (revues).

3. Perspectives

En termes de perspectives, l'accent sera principalement mis sur l'élaboration d'outils de coopération entre les thématiques précédemment décrites.

- En particulier, comme nous l'avons souligné, les structures d'évolution décrites par les EDP classiques associées aux phénomènes diffusifs [Perona 90, Weickert 98, Histace 09, El Hamidi 2009] sont très proches dans la manière de traiter l'information locale nécessaire à la mise en œuvre d'un SMA. Un premier axe de travail sera donc de déterminer l'existence d'un SMA susceptible de décrire les phénomènes en S caractéristiques des processus géographiques complexes non seulement de manière asymptotique mais également localement à chaque itération de la diffusion de l'« information ». Une difficulté certaine sera la modélisation des phénomènes d'anisotropie par exemple au moyen d'information prélevées localement (température, vent hygrométrie...).

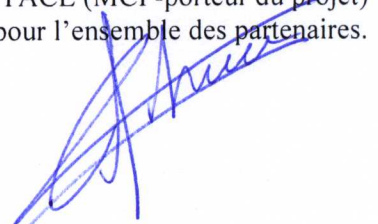
- On se propose, par ailleurs de travailler sur la modélisation du développement spatial de différentes espèces en compétition en s'appuyant, d'une part sur les travaux de modélisation mathématiques d'Abdallah El Hamidi sur la diffusion de 2 espèces en compétition et, d'autre part, sur le logiciel NetLogo qui permet la modélisation de systèmes multi-agents. Dans un premier temps, on implémentera les modèles mathématiques proposés dans [El Hamidi, 2011] puis on étendra la simulation à un nombre plus important d'espèces. Deux types de modélisations seront explorées : l'une fondée sur un schéma numérique directement adapté des équations proposées par El Hamidi, l'autre fondée sur une interprétation stochastique des phénomènes de diffusion qui seront modélisés par la génération de nouvelles populations d'agents.
- Enfin, il est bien connu que le taux de croissance, la capacité d'accueil, le taux de compétition (accès à la nutrition, non spatial) ont un impact déterminant sur la stabilité des équilibres (écologiques). En revanche, l'influence de la compétition spatiale sur ces équilibres n'est pas mise en évidence clairement dans la littérature. Ce point sera étudié d'un point de vue mathématique, d'un point de vue numérique (EDP) et du point de vue SMA.

A un niveau plus global, il reste également à mettre en place une stratégie sur l'élaboration d'une gestion optimale des agents permettant de décrire le processus en évolution au plus près de la réalité à l'instant t et qui assurent donc le prélèvement de l'information. Cette gestion doit se voir non seulement d'un point de vue court terme afin de décrire des phénomènes ponctuels tels que des incendies, mais également d'un point de vue long terme dans le but de modéliser des processus d'évolution pouvant s'étaler sur plusieurs mois ou plusieurs années lorsqu'on traite de la contamination par un pathogène d'un parterre végétale par exemple.

En ce sens, des pistes intéressantes ont été mises en évidence dans le cadre de la régulation de type MFG (voir thème SS3) des processus quels qu'ils soient (physique, physico-chimique, biologique...). L'idée maîtresse de cette gestion optimale des agents réside dans la possibilité de (i) gérer au mieux la ressource en agents au niveau de la description d'un des sous-systèmes proposés (SS1, SS2 ou SS3) mais aussi (ii) de gérer globalement une ressource finie en agents devant être distribuée sur chacun des sous-systèmes en interaction.

Bilan réalisé le 12 décembre 2011

Aymeric HISTACE (MCF-porteur du projet)
pour l'ensemble des partenaires.



Bibliographie

Yves ACHDOUH, Mean Field Games : numerical Method, *SIAM J. Numer. Anal.* Vol.48; No3; pp. 1136-1162

Abdallah EL HAMIDI, Michel MENARD, Mathieu LUGIEZ, Clara GHANNAM. Weighted and Extended total variation for image restoration and decomposition. *Pattern Recognition*. Vol.43, Issue 4, April 2010, Pages 1564-1576, 2009.

Abdallah EL HAMIDI, Marc GARBEY, Naamat ALI, On nonlinear coupled diffusions in competition systems. *Nonlinear Analysis: Real World Applications (2011 - In Press)*

Olivier GUEANT, Mean field games and applications to economics - Secondary topic : Discount rates and sustainable development, PhD. Université Paris-Dauphine, 2009

Yves GUERMOND, The Modeling Process in Geography. From Determinism to Complexity, Book: GIS Geographical Information System Series, Wiley Edition, November, 2008.

Aymeric HISTACE, Michel MENARD, Christine CAVARO-MENARD. Selective diffusion for oriented pattern: Application to tagged cardiac MRI enhancement. *Pattern Recognition Letters*, Volume 30, Issue 15, 1 November 2009, Pages 1356-1365.

Jean-Michel LASRY, Pierre-Louis LIONS, Mean field games. *Japanese Journal of Mathematics 2 (1)*, 229–260, 2007

Aimé LACHAPELLE, Transport and control problems in economics: theoretical and numerical approach, PhD, Université Paris-Dauphine, 2010

Patrice LANGLOIS et Eric DAUDE, « Concepts et modélisations de la diffusion géographique », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 364, mis en ligne le 09 mars 2007, modifié le 25 juin 2007.

Matthieu PERREIRA DA SILVA , Modèle computationnel d'attention pour la vision adaptative, these de doctorat, université de la Rochelle, soutenue le 14 décembre 2010.

P. PERONA, and J. MALIK., Scalespace and edge detection using anisotropic diffusion. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(7):629–639, 1990.

David PICARD, Arnaud REVEL, Matthieu CORD, An application of swarm intelligence to distributed image retrieval, *Information Sciences*, In Press, Corrected Proof, Available online 21 March 2010.

Joachim WEICKERT, Anisotropic Diffusion in image processing. Teubner-Verlag, Stuttgart, 1998.