



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP)  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

INRA

Février 2011



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP)  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

INRA

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Février 2011



## Unité

Nom de l'unité : Biostatistiques et Processus Spatiaux - BioSP

Label demandé : UR INRA

N° si renouvellement : 546

Nom du directeur : M. Denis ALLARD

## Membres du comité d'experts

Président :

M. Jacques DEMONGEOT, Université Joseph Fourier, France

Experts :

Mme Florence FORBES, INRIA Rhône-Alpes, France - CSS MBIA de l'INRA

M. Amaury LAMBERT, Université Pierre et Marie Curie, France

## Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

Mme Christine GRAFFIGNE

Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. B. GOFFINET, Directeur du Département MIA, INRA et M. F. GARCIA, futur Directeur du Département MIA, INRA



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée le 24 février 2011, suivant un programme composé d'un exposé synthétique du directeur (bilan, projet), puis d'exposés scientifiques sur les 3 axes de recherche principaux, et ensuite d'entretiens successifs avec les doctorants, le personnel ITA/IATOS et la tutelle. La fin de la visite a consisté en une présentation des groupes thématiques, puis en un entretien avec le conseil de laboratoire, suivi de la réunion de travail du comité.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

L'unité 546 BioSP de l'INRA est implantée sur le site de l'Agroparc d'Avignon et elle appartient au Département MIA (Mathématiques et Informatique Appliquées) de l'INRA. Le centre INRA d'Avignon possède trois pôles de recherche : Production Horticole Intégrée, Adaptation au Changement Global et Santé des Plantes. L'unité 546 BioSP est partie prenante des deux premiers pôles, où elle développe une recherche en méthodologie et applications en statistiques et mathématiques appliquées pour l'épidémiologie végétale, l'écologie et l'environnement. Depuis sa création en 1984, l'unité s'est spécialisée dans l'étude des phénomènes spatialisés.

- Equipe de Direction :

L'équipe de direction de l'unité 546 BioSP est constituée d'un directeur et d'une secrétaire gestionnaire.

- Effectifs de l'unité : (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	10	9
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants	2	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires	6	5
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires	0	
N6 : Nombre de doctorants	6	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	5



## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

L'unité 546 BioSP de l'INRA est un petit laboratoire composé de 15 permanents, 2 post-docs, et 6 doctorants, dépendant principalement du département MIA et secondairement des départements Santé des Plantes & Environnement (SPE) et Ecologie des Forêts, Prairies et Milieux Aquatiques (EFPA). La présence de 6 DR (également HDR), de 4 CR, dont deux recrutés récemment (un en statistiques et épidémiologie des plantes et un en applications agronomiques des Equations aux Dérivées Partielles (EDP)), de 4 IR/IE et de 2 Techniciens permet une production constante, très solide et reconnue, assurant une réputation incontestable de l'unité, tant au sein de l'organisme INRA, qu'au niveau international, ainsi qu'un encadrement soutenu de thésards et post-doctorants (8 au total).

La direction collégiale de l'unité, la recherche du consensus dans les réunions mensuelles d'unité, l'intrication des groupes de recherche thématiques, tout contribue à une vie scientifique intense, dans une ambiance communautaire favorisant les échanges et la créativité. De très nombreuses collaborations locales (existence d'un Café des sciences hebdomadaire avec l'Université UAPV), régionales (avec les Universités de Marseille et Montpellier notamment), nationales et internationales (essentiellement avec le CNRS, le CIRAD, le CMM - UMI entre le CNRS et l'Universidad de Chile a Santiago, le Max Planck Institut de Leipzig et le Laboratoire International Associé (LIA) franco-japonais ReaDiLab) ont permis à l'unité de s'affranchir du risque de confinement et d'isolement entre les grandes métropoles de recherche voisines (Lyon, Grenoble, Marseille et Montpellier). L'émergence d'une activité très visible en statistiques et mathématiques appliquées aux structures spatialisées en écologie végétale & en environnement a permis à l'unité d'acquérir rapidement un statut d'autonomie scientifique et d'attractivité pour de jeunes thésards et post-doctorants.

L'évolution scientifique de l'unité prévue dans le projet s'inscrit parfaitement dans les évolutions concomitantes suivies par la communauté scientifique internationale, tout en marquant son originalité du fait des données agronomiques spécifiques traitées et des approches méthodologiques originales développées à l'unité INRA 546. Les principales directions de recherche souhaitées concernent : les systèmes d'information géographique, la prédiction multi-échelle (allant jusqu'aux très grandes échelles) à partir de données hétérogènes, censurées et manquantes, l'usage de modèles déterministes EDP, de modèles issus de la mécanique statistique et de modèles hiérarchiques, et enfin le calcul bayésien approché. Ces directions de recherche répondent bien aux défis posés par l'intégration de données multi-modales issues aussi bien de l'observation de terrain que de l'exploration satellitaire, et la prédiction du comportement spatio-dynamique des systèmes complexes de l'écologie et du monde végétal naturel et artificiel, en vue d'améliorer la prise en compte des évolutions géo-bio-climatiques sur la biodiversité et sur la production végétales.

- Points forts et opportunités :

Le positionnement, bien concentré et clairement affirmé, sur la modélisation spatiale est un des points forts de l'unité, et cela, dans les 3 axes suivants :

1. **Statistiques spatiales** (géostatistique pour l'écologie, l'environnement et le climat, avec l'utilisation d'outils comme les processus ponctuels, les modèles hiérarchiques, les modèles d'agrégation,...)
2. **Modèles spatialisés en biologie des populations** (modèles de dispersion, dynamique en milieu hétérogène, diffusion à grande vitesse,...)
3. **Exploration et analyse de réseaux spatiaux complexes** (calcul bayésien approché, approche méthodologique du réseau Mexico,...)

Une production logicielle originale, bien articulée avec des outils classiques comme R, permet à l'unité d'être présente sur le terrain de la programmation open source. L'optimisation computationnelle sur clusters, grilles et/ou fermes est en cours.



Pour compenser le faible nombre de développeurs de l'unité, des actions coopératives ont été entreprises, comme celle du Réseau Mexico, qui réunit les unités INRA MIA de Jouy-en-Josas, BioSP Avignon, et BIA Toulouse, ainsi que des équipes du Cemagref, de l'Ifremer, de l'Université de Calais et du Littoral et du Cirad, en vue de développer des méthodes de modélisation dans les domaines de l'environnement, agronomie, écologie, où se rencontrent des systèmes dynamiques à des échelles diverses, souvent spatialisés, ouverts, couplés avec plusieurs niveaux d'organisation, comportant une variabilité des entrées et une incertitude sur les paramètres, en vue d'objectifs variés : intégration de connaissances, prédiction, aide à la décision,...

Un investissement au niveau des Systèmes d'Information Géographique (SIG) est également en cours, en soutien des partenaires locaux. L'utilisation d'outils récents, justiciables d'une recherche statistique de pointe, marque également la volonté collective de l'unité (outils ABC (Approximate Bayesian Computation), analyse comparative, inférence en champ aléatoire, analyse des trajectoires, modèles individus-centrés, statistiques fonctionnelles, modèles multi-échelles, EDP stochastiques,...) d'attirer des collaborations et de former des jeunes chercheurs et des étudiants dans des techniques de pointe. Cette politique a porté ses fruits au cours du quadriennal passé (4 recrutements de CR et 9 soutenances de thèse) et l'attractivité de l'unité devrait encore augmenter, au vu des résultats présentés dans le bilan de l'U 546. Le départ prochain d'un DR devrait permettre le recrutement prochain d'un CR probabiliste et la politique d'investissement pédagogique dans 5 ED (Ecoles Doctorales) devrait permettre de conserver l'excellent positionnement scientifique actuel.

Sur le plan financier, la poursuite de l'implication dans de nombreux contrats ANR (10 en cours, dont un en responsabilité et 9 en partenariat), ainsi que les échanges croissants de chercheurs avec des unités étrangères (CMM de Santiago au Chili, Max Planck Institut de Leipzig en Allemagne, LIA franco-japonais ReaDiLab, Université de Jyväskylä en Finlande,...), devrait permettre le financement de nombreuses activités collaboratives de haut niveau avec des équipes nationales et internationales.

- Points à améliorer et risques :

L'environnement scientifique de l'unité est un peu imprévisible : le nombre de thésards dépend fortement des bourses et des bons candidats, qu'il s'agit d'attirer, malgré l'éloignement des écoles doctorales. Les axes de recherche dépendent de l'évolution des méta-programmes de l'INRA, en particulier ceux concernant les Changements climatiques et la Santé des plantes).

En ce qui concerne la production logicielle, une faiblesse éventuelle concernerait une mauvaise anticipation de l'évolution de la demande, en particulier en termes de Systèmes d'Information Géographique, accessibles depuis R, et ayant un fort potentiel de fonds de cartes.

- Recommandations :

Les liens, déjà forts, avec l'IUT STID d'Avignon devraient encore s'améliorer, de manière à offrir des perspectives de collaboration de recherche avec ses enseignants-chercheurs, ainsi que des opportunités de cours et d'accueil de stagiaires. La présence d'un IUT IAB de Génie Biologique pourrait permettre de développer une année spéciale de biostatistiques et une éventuelle licence professionnelle, en relation possible avec les enseignements correspondants de l'IUT STID de Grenoble (à 150 km), dédiés à la santé, mais non à l'agronomie.

La nécessité d'IE ou IR spécialisés dans ce domaine pourrait se faire sentir rapidement. Il en est de même de la présence de chercheurs et ingénieurs spécialisés en calcul des probabilités, permettant de bien faire le lien, en particulier dans le domaine des modèles probabilistes structurés, notamment spatialement, avec les équipes de probabilités et de mécanique statistique de Marseille.

Une collaboration avec les entreprises agronomiques de l'Agroparc d'Avignon (Technopole Agroalimentaire Régional d'Avignon), au sein duquel le site de l'INRA est implanté permettrait peut-être de découvrir de sources de collaboration locale, permettant de compléter des demi-bourses de thèse d'origine régionale ou nationale et/ou d'obtenir des bourses CIFRE.



- Données de production :

Par exemple, sur les 19 articles de 2010 annoncés au 30 juin 2010, nous notons que 13/19 (soit environ 70%) ont paru dans des revues situées dans les 20% des plus visibles de leur domaine. Leur liste est donnée ci-après :

*Oikos*

*Computational Statistics and Data analysis*

*Journal of Differential Equation*

*Network and Heterogeneous Media*

*Journal of Theoretical Biology*

*Water Resource Research*

*Bulletin of Mathematical Biology.*

*Journal of Differential Equations*

*Journal of the European Mathematical Society*

*Journal of Multivariate Analysis*

*Forest Ecology and Management*

*Theoretical Population Biology Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*

Cette politique de publication d'excellence peut se résumer sur le tableau suivant, où sont distribués les 108 articles de l'unité entre 2005 et 2010, 87/108, soit environ 80 % ont paru dans des revues de haute tenue (premier quartile de SJR Scopus)

Publications	Exceptionnelles	Excellentes	Très bonnes
• Mathématique/Physique	1	6	12
• Interface	0	2	3
• Applications	12	33	18

Le bilan, pour 9 publiants en moyenne entre 2006 et 2010 (cf. Tableau ci-après), est donc excellent.

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	9
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	1
A4 : Nombre d'HDR soutenues	2
A5 : Nombre de thèses soutenues	7



### 3 • Appréciations détaillées :

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

- La pertinence et originalité des recherches

- Le premier axe de recherche constitue le cœur du savoir-faire et du patrimoine scientifique de l'unité, à savoir les statistiques spatiales. Cet axe recouvre essentiellement 3 champs d'activité :

- 1) *La géostatistique*. Une nouvelle direction de recherche intéressante concerne le passage à l'estimation à partir de données fonctionnelles (« krigage fonctionnel »). Notons également la prise en compte de données discrètes ou gouvernées par des lois non classiques, ainsi que des données à support complexe (hétérotopes, arborescentes,...). Cette nouvelle orientation implique la mise au point d'algorithmes nouveaux, plus adaptés à la nature hétérogène des données que les algorithmes classiques.
- 2) *Les modèles hiérarchiques spatiaux*. Les modèles de ce type donnent lieu à une décomposition entre processus observés et processus d'observation, en particulier dans leur analyse d'observations spatio-temporelle (dynamique des agrégats, description spatio-temporelle de trajectoires individuelles,...). L'approche méthodologique privilégie la définition de nouvelles structures de covariance spatio-temporelle bien adaptées aux données.
- 3) Les processus ponctuels et la géométrie stochastique. Les applications en écologie et épidémiologie des processus ponctuels marqués ou des processus booléens discrets sont nombreuses dans l'unité et une des caractéristiques des méthodes utilisées est la prise en compte des données partielles et des données censurées, afin d'en dégager une information globale sur la dynamique observée, au prix d'hypothèses raisonnables.

Ces 3 sous-thématiques ont donné lieu à 9 thèses depuis 2005, à une production scientifique importante dans de très bonnes revues internationales, ainsi qu'à de nombreuses communications dans des congrès internationaux.

- Le second axe des recherches menées dans l'unité concerne les modèles spatialisés en biologie des populations. Une sous-thématique dans laquelle l'unité s'investit depuis longtemps est l'estimation du noyau de dispersion de propagules d'une espèce donnée dans le plan. Ce problème nécessite des approches différentes en fonction du type de données disponibles (localisation ou non des sources, hétérogénéité du milieu, présence-absence dans un quadrat,...). Les réponses apportées à ces différents problèmes, tant en termes de modélisation (modèle de fragilité, modèle hiérarchique à variables latentes, utilisation de l'information génétique) que d'estimation (maximum de vraisemblance, MCMC bayésien, calcul bayésien approché), sont variées et innovantes, et peuvent être considérées comme en pointe dans le domaine des statistiques appliquées à l'écologie. Cette sous-thématique a donné lieu à deux thèses, à une production scientifique très conséquente dans des revues de bon et parfois très bon niveau ainsi qu'à quelques communications internationales. Une deuxième sous-thématique, à plus haute teneur mathématique, concerne l'étude des équations aux dérivées partielles de réaction-diffusion, ou intégro-différentielles. La question centrale est de déterminer si la population survit, et dans l'affirmative, si la propagation se fait à vitesse constante ou bien si elle peut s'accélérer, en fonction de l'hétérogénéité du milieu, du noyau de dispersion (cas intégro-différentiel), de la condition initiale (cas général). Les résultats obtenus sont de toute première qualité et sont publiés dans d'excellents journaux de mathématiques. Cette sous-thématique a fait l'objet d'une thèse et de plusieurs communications internationales. Il est remarquable de constater que ces deux sous-thématiques sont en général animées par des chercheurs différents, mais que ces différents auteurs ont aussi collaboré à des études plus appliquées nécessitant à la fois une bonne compréhension des problématiques appliquées et une connaissance fine des objets mathématiques. Enfin, il faut souligner que cette collaboration, qui réunit des compétences très complémentaires, est extrêmement prometteuse, notamment sur le thème de la dynamique de la diversité génétique sur un front de propagation.





- Le troisième axe intitulé *Exploration numérique et analyse des modèles* regroupe une activité de recherche récente dans l'unité sur la méthode *Approximate Bayesian Computation* (ABC) et un ensemble de travaux concernant l'analyse du comportement de modèles dont la partie la plus importante concerne l'analyse de sensibilité et le développement d'une boîte à outils Mexico. Cette boîte à outils destinée aux biologistes modélisateurs est, au-delà de l'intérêt pour la visibilité de l'unité, stratégique au niveau du département MIA. Devant la complexité croissante des modèles et les problèmes qui en découlent pour leur estimation et leur utilisation pratique, la méthode ABC est particulièrement pertinente en écologie et en épidémiologie. Cette sous-thématique est trop récente dans l'unité pour en évaluer réellement l'impact (1 seule publication méthodologique en 2009 pour le moment) mais on peut néanmoins remarquer que l'unité se positionne de manière très pertinente et a su s'allier à des experts du domaine à travers la participation au projet ANR EMILE. L'unité se trouve donc d'ores et déjà bien placée pour contribuer de manière très prometteuse au domaine. Les forces investies sont conséquentes et adaptées à l'enjeu. Trois thèses dont deux en cours mènent une partie de leur recherche sur l'ABC. Le choix de cette nouvelle thématique particulièrement adaptée aux besoins des biologistes témoigne de la clairvoyance dont l'unité fait preuve dans sa stratégie de recherche.

- La seconde sous-thématique autour de l'exploration des modèles fait ressortir surtout la composante analyse de sensibilité qui regroupe des travaux de recherche (4 publications) et logiciels (réseau multi-organismes Mexico inauguré par l'unité). L'unité a su ici profiter de la richesse qu'offre l'environnement INRA en terme de multidisciplinarité et participe activement à la diffusion de bonnes pratiques au sein des communautés de modélisateurs à travers des publications et animations nombreuses et variées (écoles chercheurs, groupe de travail, GdR, logiciels). L'unité est clairement déjà visible à l'échelle nationale sur ce thème et devrait le devenir à une échelle internationale dans un court délai. La diffusion prévue fin 2011 d'un package R devrait y contribuer fortement.

- La quantité et qualité des publications

Les publications sont nombreuses et de grande qualité. Une interrogation dans ISI Web of Knowledge réunissant tous les publiants de l'unité montre une grande activité : 114 publications depuis 2005, citées 678 fois. Ces publications sont donc très visibles sur le plan international. Si nous prenons par exemple deux des plus jeunes chargés de recherche recrutés ces dernières années, nous pouvons noter que leurs 33 articles sont très visibles dans ISI Web of Knowledge et Google Scholar, ce qui, compte tenu de leur carrière encore brève, montre l'évidence de l'activité et de l'efficacité de la politique de publication et de recrutement du laboratoire. Nous pouvons noter enfin que les jeunes chercheurs de l'unité sont par exemple les auteurs, depuis 2007, de 4 articles dans l'excellent *Journal of Differential Equations*, leader dans son domaine : l'un est auteur d'un papier contenant de très bons résultats sur la propagation rapide dans des équations de référence de type KPP (Kolmogorov-Petrovsky-Piskunov) présentant une distribution initiale faiblement décroissante, et l'autre a publié une série de 3 articles portant en particulier sur l'existence d'une fonction propre dominante dans le spectre d'un opérateur non-local général décrivant la dynamique d'une population.

- La qualité et pérennité des relations contractuelles

En ce qui concerne les enjeux globaux du Département MIA de l'INRA, Maths Applis, l'unité participe à la mission du MIA, à savoir la recherche en Mathématiques et Informatique Appliquées, en particulier pour l'évolution des méthodes ouvrant les verrous posés par les problèmes biologiques et agronomiques. Cette mission est à l'interface entre maths/info et bio/agro : par exemple, c'est à Avignon que se conçoivent les générateurs aléatoires de climat (Agroclim). Les relations locales, avec les autres unités du centre INRA d'Avignon et avec l'université d'Avignon, que nationales et internationales, sont en constant développement. On notera par exemple, dans le projet futur, les collaborations nationales prévues avec de nombreux laboratoires appartenant à diverses institutions: CEBC (CNRS Chizé), URH (INRA, Clermont-Ferrand), Equipe MORSE (INRA-AgroParisTech), PRAM/CIRAD, LATP (Universités d'Aix-Marseille I et III, UMR CNRS 6632), ReaDiLab (LIA 197, Laboratoire International Associé Franco-Japonais), Laboratoire J.-L. Lions (Université Paris VI, UMR CNRS 7598), URFM (UR INRA 629), URZF (UR INRA 633), TIMC-IMAG UMR CNRS 5525 (CNRS Grenoble), UM II (Mines-parisTech), Université Paris Dauphine,... Il en est de même des collaborations internationales, anciennes ou nouvelles : CMM (Universidad de Chile), Department of Atmospheric & Oceanic Sciences and Institute of Geophysics and Planetary Physics (University of California), Department of Mathematics (University of Stanford), Institute of Biomathematics and Biometry (Munich),...



- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

- Le nombre et la renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales

L'unité a été sollicitée dans l'organisation de nombreux colloques, au cours desquels ses membres ont donné des conférences : Conférence "Spatial Statistics and Image Analysis in Biology workshop" (2006; 2010); Conférence franco-japonaise "Reaction-Diffusion systems : modeling and analysis" (2009); European Conference on Geostatistics for environmental applications (2006, 2008) ; StatGIS 2009. Elle comporte un des éditeurs associés de la revue Statistics and Computing et elle participe fréquemment à des revues d'articles (le nombre de telles « reviews » est supérieur à 80).

- La capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers, bonne attractivité à quantifier

L'unité a accueilli deux jeunes CR au cours du dernier quadriennal. Elle a également formé 15 thésards depuis 2004, qui ont tous obtenu un emploi : 2 sont MCF dans des Universités, 1 MCF contractuelle AgroParisTech, 2 ATER, 6 CR INRA, 1 AFSSA, 1 chercheur MinesParisTech, 1 chercheur INERIS et 1 Compositeur. Ces 15 thésards avaient obtenus des financements de diverses origines : 4 bourses MRT (Université de Montpellier II), 1 bourse ENS (via Marseille I), 7 financements INRA (complets ou à 50%, complétés par la région PACA et par le CEA) et 1 financement MEDD, plus 2 bourses en co-tutelle, financées par les gouvernements d'origine et/ou le ministère des affaires étrangères. L'unité abrite actuellement 6 thésards : 4 boursiers INRA, 1 boursier MinesParisTech et 1 boursier INERIS (ces deux derniers étant en co-tutelle, respectivement avec la Tunisie et le Cameroun). L'unité a également vu deux de ses membres devenir HDR et elle a accueilli en son sein deux post-doctorants au cours du quadriennal.

- La capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité

L'unité 546 a obtenu, au cours du dernier contrat quadriennal, 10 contrats ANR, dont 1 coordonné (Jeunes Chercheurs COLON SGS), plus 1 projet européen et 1 projet FEDER, cela pour un total de 256 k€, représentant 1/3 des crédits de l'unité.

- La participation à des programmes internationaux ou nationaux, l'existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers

L'unité a participé à de nombreuses collaborations internationales, qui vont se poursuivre en s'amplifiant dans le futur projet : CMM (Universidad de Chile), Department of Atmospheric & Oceanic Sciences and Institute of Geophysics and Planetary Physics (University of California), Department of Mathematics (University of Stanford), Institute of Biomathematics and Biometry (Munich), Université de Jyväskylä (Finlande),...

- La valorisation des recherches, et les relations socio-économiques ou culturelles culturel

L'unité participe à des manifestations scientifiques et culturelles locales (Le Café des Sciences) et nationales (Les Réflexives, ainsi que l'Ecole et la Malette de Statistiques, initiatives nationales de l'INRA). Elle participe également activement à la valorisation de logiciels qu'elle co-développe : plan d'expériences logiciel commun INRA (bibliothèque INRA), boîte à outils du Réseau Mexico,...

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :**

- la pertinence de l'organisation de l'unité, la qualité de la gouvernance et de la communication interne et externe

La gouvernance est très collégiale et donc rapidement efficace, et le comité de direction est très concerné par la gestion scientifique et administrative de ses personnels, en particulier les jeunes chercheurs et les doctorants de l'unité.



Ce comité de direction comporte le directeur actuel et le nouveau directeur pressenti. Ils gèrent les ingénieurs (1 IR et 3 IE) et les techniciennes (une gestionnaire et une technicienne en système informatique). Les 3 IE effectuent un travail très apprécié : l'un est spécialisé en système informatique et travaille à mi-temps en génie logiciel pour le Département MIA (projets CATI SIAM et Mexico) ; l'autre effectue un travail statistique en consultance (analyse de sensibilité, plans d'expérience,...) et le troisième a une grande expertise en calcul formel. Un IR, qui a rejoint l'unité très récemment pour participer au développement informatique des méthodes issues des recherches de l'unité, du fait de sa grande compétence en informatique générale, complète le dispositif. L'activité de service des 3 IE et de l'IR profite beaucoup à l'image de l'unité. Le Comité de direction se préoccupe également beaucoup de l'avenir des doctorants de l'unité, jusqu'ici tous titulaires d'un emploi, sauf 1 sur 9 qui a choisi la composition musicale. Il établit également le plan d'occupation des locaux, qui pourraient peut-être, dans un proche avenir, s'étendre, en récupérant un espace consacré à l'informatique du centre. Les groupes de travail sont organisés selon le besoin, ainsi que les groupes de lecture (ABC, modèles spatiaux, Equations Différentielles Stochastiques (EDS),...), ouverts à tout le laboratoire, ainsi qu'aux membres du centre intéressés, quelque soit leur Département de rattachement à l'INRA (MIA, SPE, EFPA,...).

- La pertinence des initiatives visant à l'animation scientifique, à l'émergence, et à la prise de risques, politique de recrutement, attractivité, qualité d'accueil

L'unité a été co-organisatrice d'une école chercheur « Analyse de sensibilité », qui s'est tenue en 2009 et 2010, avec 70 participants par session. Deux ingénieurs de l'unité ont fortement participé à cette organisation et aux cours et TD qui y ont été dispensés.

- Implication des membres de l'unité dans les activités d'enseignement et dans la structuration de la recherche en région

L'enseignement n'est pas une mission majeure de l'unité, mais celle-ci est très impliquée dans certaines formations universitaires stratégiques :

- celles correspondant à ses axes de recherche d'une part, permettant notamment le recrutement d'étudiants de Masters, dont certains resteront étudiants en thèse dans l'unité ;
- celles plus généralistes à l'université d'Avignon, pour renforcer la présence des statistiques dans cette université et renforcer des liens entre l'UAPV (en particulier l'IUT STID) et le centre INRA d'Avignon.

La moitié des chercheurs permanents de l'unité dispensent des enseignements et interviennent dans des jurys d'évaluation de stages de Master 2. L'unité totalise environ 140 heures de cours/an durant la période 2006-2010, soit un peu plus d'une charge annuelle d'un enseignant-chercheur (192 h d'équivalents TD, soit 128 h de cours). 16 étudiants de Master 2 (dont 7 issus du Master Biostatistique de Montpellier) ont effectué leur stage au sein de l'unité au cours de cette période. Sur ce nombre, 4 ont continué en thèse dans l'unité. Plusieurs doctorants de l'unité ont également enseigné comme moniteurs, vacataires ou sur des postes d'ATER, à l'UAPV en particulier (les cours à Montpellier étant plus difficiles à assurer), en fin de thèse.

Les écoles doctorales concernées par les 15 étudiants en thèse au cours du quadriennal sont au nombre de 5 : les ED 166 I2S (rattachement principal) et 477 SIBAGHE de Montpellier, les ED MIM et Sciences de l'Environnement de Marseille et l'ED « Sciences et Agro-sciences » (SAS) de l'UAPV. Au 1er juin 2010, l'unité compte 6 étudiants en thèse, dont 2 en co-tutelle (Tunisie et Cameroun). Sur le quadriennal, 9 thèses ont été soutenues sur des thématiques dépendant directement de l'investissement de l'unité au sein des Ecoles Doctorales et des Masters de Montpellier, de Marseille et d'Avignon. Par exemple, la plupart des étudiants en thèse financés par l'INRA (6 sur 15) proviennent de ces filières. Le devenir des étudiants en thèse est une préoccupation forte de l'unité.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**
  - L'existence, la pertinence et la faisabilité d'un projet scientifique à moyen ou long terme

Malgré un risque de dispersion sur le large spectre de modèles utilisés dans les axes de recherche propre de l'unité, et en raison du choix d'une production logicielle en cours d'optimisation sur cluster permettant un fort soutien aux partenaires, le projet futur est pertinent et faisable.



Le passé étant garant de l'avenir, nul doute que l'activité soutenue du bilan se poursuive, puisqu'elle est en partie le fait de membres récemment recrutés de l'unité. Les thématiques particulières du projet concernant notamment le changement global, le climat et la fusion de données hétérogènes issues de systèmes complexes s'inscrivent parfaitement non seulement dans la politique scientifique du département MIA de l'INRA, mais dans les choix de la communauté scientifique française, spécialisée en modélisation & statistique biologique et agronomique. Les collaborations scientifiques internationales sur ces thématiques prouvent à la fois l'ouverture de l'unité à des recherches parallèles externes et le souci de ne pas se couper de domaines d'application connexes (en santé notamment). Les méthodes sur lesquelles, non seulement la veille, mais l'innovation, sera très présente dans l'unité, résultent de choix stratégiques lucides, certainement payants dans l'avenir en termes de productivité. Nous en rappelons certaines, parmi les plus prometteuses : analyse trajectorielle, méthode ABC (Approximate Bayesian Computation), analyse climatique comparative, inférence en champ aléatoire, EDS, simulation individus-centrée, modèles de diffusion versus dispersion et propagation/colonisation, modèles multi-échelle,... Le développement de ces méthodes permet une dynamique centripète, fondée sur de nombreuses collaborations internes à l'unité, traduisant une forte implication collective et permettant une grande attractivité de très bons étudiants.

- Evolution

L'évolution de l'unité s'effectue dans une ambiance « compliant », bien acceptée en interne et très ouverte sur l'extérieur, dans la directe continuité de la tradition de recherche en statistiques spatiales appliquées à l'agronomie inaugurée il y a 28 ans.

- Priorité de recrutement

L'unité a identifié 4 profils de futurs chercheurs, sur les thématiques du projet futur (modèles de particules en interaction, analyse des données provenant de SIG, géométrie stochastique, statistiques spatio-temporelles pour le climat) sans hiérarchisation, à part celle d'un CR en probabilités. Un recrutement urgent en IR concerne la thématique globale de génie logiciel.

- L'existence et la pertinence d'une politique d'affectation des moyens

Le niveau de financement des nouveaux projets est satisfaisant, du fait de l'existence de nombreux contrats, sur le compte desquels l'unité n'effectue pas de ponction. L'aide à la programmation est assurée par les ingénieurs. Elle devra être renforcée dans l'avenir, en particulier sur les SIG, sur les EDP et EDS (développement dans l'environnement Comsol) et, de manière générale, sur l'interfaçage d'outils de partage dans une forge commune à l'unité, tout en évitant la dispersion des activités de service à l'échelle du centre INRA d'Avignon.

Les ITA sont bien affectés à des tâches communautaires, au niveau local, comme à celui du département MIA, en particulier dans le développement logiciel. Ils ne publient avec les chercheurs que suite à une participation active à un article. Les étudiants sont poussés à publier leur travail de thèse dans de très bonnes revues internationales, ce qui augmente leur visibilité en vue de leur recrutement ultérieur. La formation permanente est très suivie et la participation à des conférences fortement encouragée (pour présenter des travaux ou pour assister à des « tutorials » avancés).



- L'originalité et la prise de risques

L'unité 546 représente l'expertise de l'INRA en matière de statistiques spatiales. L'originalité et la spécificité de l'activité de l'unité vont encore s'amplifier à travers les choix des nouveaux axes de recherche. Il est à noter que les prises de risques les plus importantes concernent les domaines les plus prometteurs de ces nouveaux axes : la méthode inférentielle ABC avec une approche d'estimation fonctionnelle, le « pattern oriented modelling », les EDS multi-dimensionnelles, la propagation à grande vitesse à partir d'une population initiale faiblement décroissante, la modélisation hiérarchique combinant un modèle mécaniste de la dynamique et un modèle temporel du processus d'observation.

L'investissement logiciel dans des programmes spécifiques INRA (comme MobiDyc) ou partagés avec d'autres organismes tels que l'IFREMER ou le CEA (comme Mexico et GDR Mascot-Num), l'utilisation d'un SIG commun (GRASS), ainsi que l'optimisation du calcul dans un cluster (100 PC et 6 multi-processeurs) participent également à la prise de risque assumée par l'unité, notamment celui de dispersion des forces de veille et de développement.

Mais cet investissement logiciel est également une nécessité d'accompagnement de l'innovation et de la créativité méthodologique, points très forts de l'unité, en vue d'en démontrer la pertinence applicative.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Biostatistique et Processus Spatiaux	A+	A	A	A+	A

C1 Qualité scientifique et production

C2 Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 Gouvernance et vie du laboratoire

C4 Stratégie et projet scientifique

### Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

#### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

#### Intitulés des domaines scientifiques

#### Sciences et Technologies

**ST1 Mathématiques**

**ST2 Physique**

**ST3 Sciences de la terre et de l'univers**

**ST4 Chimie**

**ST5 Sciences pour l'ingénieur**

**ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication**



Institut National de la Recherche Agronomique

**Unité Biostatistique et Processus Spatiaux  
AVIGNON**

Avignon, le 30 mars 2011

Monsieur Pierre Glorieux  
Directeur de la section des unités de recherche  
AERES  
20, rue Vivienne  
75002 PARIS

Monsieur le Directeur,

au nom de toute l'unité, je remercie le comité d'expertise pour l'évaluation de l'unité « Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP) ». Nous tenons à remercier la comité d'évaluation pour la qualité des échanges lors de la visite de l'unité, échanges qui ont été très appréciés par l'ensemble des collègues de l'unité.

Le rapport établi par le comité ne soulève aucune remarque de portée générale. Nous adhérons aux conclusions qui ont résulté de l'évaluation et percevons le contenu du rapport avec satisfaction dans la mesure où celui-ci valide le projet scientifique de l'unité et met en valeur son fonctionnement et la qualité du travail qui y est réalisé.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes respectueuses salutations.

Denis Allard  
Directeur de l'unité

**Unité Biostatistique et Processus Spatiaux (BioSP)**  
Institut National de la Recherche Agronomique  
Domaine St Paul – Site Agroparc  
84914 AVIGNON Cedex 9  
Tél : 04 32 72 21 70 - Fax : 04 3272 21 82