



**HAL**  
open science

## Laboratoire des procédés en milieux granulaires

### Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. Laboratoire des procédés en milieux granulaires. 2010, École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne. hceres-02032299

**HAL Id: hceres-02032299**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032299v1>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire des Procédés en Milieux Granulaires  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne  
Centre National de la Recherche Scientifique

Mai 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire des Procédés en Milieux Granulaires

Sous tutelle des établissements et  
organismes :

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

Centre National de la Recherche Scientifique

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



## Unité

Nom de l'unité : Laboratoire des Procédés en Milieux Granulaires (LPMG)

Label demandé : UMR

N° si renouvellement : 5148

Nom du directeur : M. Christophe PIJOLAT

## Membres du comité d'experts

Président :

Mme Michèle ADLER, Université Paris-Est Marne la Vallée

Experts :

M. Frédéric BERNARD, Université de Bourgogne

Mme Sophie JULLIAN, IFP-Lyon

M. Fabrice PATISSON, INP de Lorraine Nancy

M. Olivier POULIQUEN, Université de Provence

M. Roland SOLIMANDO, INP Lorraine Nancy

Expert(s) proposés par des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD.....) :

M. Benoit ROUSSEAU, représentant le CoNRS

## Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Léon HOUZELOT

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Philippe JAMET (Directeur ESME) et Monsieur Jean-Charles PINOLI (Directeur de la Recherche ESME)

M. Denis VEYNANTE, CNRS Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes



# Rapport

## 1 • Introduction

- **Date et déroulement de la visite :**

La visite de l'Unité a eu lieu les 2 et 3 février 2010. Elle a débuté par un exposé général du Directeur, et s'est poursuivie par 2 ou 3 exposés de chacune des 3 thématiques. Après avoir visité les installations expérimentales, le Comité a rencontré les représentants des doctorants, des ITA, et des EC, la direction de l'ESME et de l'INSIS du CNRS, puis a délibéré à huis-clos pendant près de 3 heures. Le Comité a pu rencontrer de façon informelle les responsables d'équipe au cours des différentes pauses. Il remercie très vivement les membres du laboratoire et son Directeur pour la qualité de leur accueil et leur disponibilité.

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

Le LPMG est un laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne (ESME), URA en 1999, UMR en 2003, renouvelée en 2007. Il est membre du Groupement des Ecoles des Mines (GME) et de l'Institut Carnot M.I.N.E.S. et s'appuie très fortement sur la logistique d'Armines. Au cours du quadriennal, le LPMG qui a intégré 2 équipes du Centre Ingénierie Santé (CIS) de l'ESME, a vu ses effectifs croître et de nouvelles activités de recherche se créer. Les locaux du LPMG (4100m<sup>2</sup>) sont modernes et spacieux.

Par son appartenance au GEM, le LPMG a une mission de support industriel et d'irrigation du tissu économique local tandis que par son statut d'UMR, il a une vocation de recherche plus fondamentale et à ambition internationale. Ses domaines d'activité situés à la frontière du génie des procédés et du génie des matériaux relèvent bien des thématiques de la section 10 du CNRS. Plus de la moitié de ses activités concerne les matériaux et les procédés liés à l'énergie et l'environnement et le reste à l'ingénierie de la santé. Les thématiques de recherche ont été présentées regroupées en trois axes : (A) Réactivité des solides-Interaction solide - gaz (B) Poudres et matériaux multi-composants (C) Dynamique des particules, des objets et structures spatiales multi-échelles. Très schématiquement, un thème commun à presque toutes les études est "Germination, croissance et mise en forme", un objectif commun affiché est "de la particule aux procédés", et une finalité commune est "réponse aux sollicitations du secteur industriel amont". Les approches combinent expérimentation et modélisation.

- **Equipe de Direction :**

Directeur : M. Christophe PIJOLAT

Directeurs-Adjoints : M. Didier BERNACHE et M. Gérard THOMAS



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

|   | Dans le bilan | Dans le projet   |
|---|---------------|------------------|
| N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)   | 21            | 25               |
| N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)   | 0             | 0                |
| N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)                     | 4             | 5                |
| N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)     | 10            | 12               |
| N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité) | 10,4          | 12,4             |
| N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier bilan de l'unité et formulaire 2.7 du dossier projet de l'unité)       | 28            | non significatif |
| N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées  | 11            | 13               |

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global:

Le LPMG réussit parfaitement dans sa mission de support industriel et d'irrigation du tissu économique local. Pour ce qui est de sa composante académique, il a su associer expérimentation et simulation et développer une approche multi-échelle raisonnablement pluridisciplinaire des phénomènes complexes étudiés. Il a su se positionner dans 3 domaines de recherche porteurs Energie, Développement Durable et Ingénierie de la Santé. Fort de ressources propres importantes, il a su prendre des risques scientifiques en initiant avec succès des sujets de recherche originaux dans le domaine de la santé, du développement durable et de l'élaboration de dispositifs expérimentaux. Il a su bien investir dans des appareillages lourds qu'il convient maintenant d'exploiter, et de développer un savoir-faire utile à l'ensemble des équipes, analyse morphologique par exemple. Le Comité souligne le risque d'un excès d'activités contractuelles qui génère une trop grande dispersion des études et ne rend pas suffisamment lisible la politique scientifique globale du laboratoire. Le Comité recommande au LPMG de faire de gros efforts de communication au niveau international (hors Europe) par échanges de chercheurs, organisation de congrès internationaux etc...

Le Comité émet un avis très positif pour le renouvellement du laboratoire en tant que UMR.

- Points forts et opportunités :

Le LPMG possède un fort potentiel dans plusieurs domaines, entre autres :

- Savoir-faire pratiquement unique en France sur la réactivité chimique aux interfaces solides et l'élaboration de capteurs pour gaz combinant expérimentation et modélisation.

- Etudes sur les matériaux en lien avec la santé.

- Etudes sur les suspensions d'hydrates de gaz en lien avec le génie pétrolier, la climatisation et les procédés de capture et séparation du CO<sub>2</sub>.



- Excellente réponse aux sollicitations partenariales et activités contractuelles pérennes.
- Grande rigueur expérimentale et excellent accès aux plateformes technologiques de l'ESME.
- Excellente adéquation entre les options proposées en Master Recherche et les thématiques du LPMG.
- Rajeunissement du personnel avec les derniers recrutements.

- **Points à améliorer et risques :**

- Eviter une trop forte activité contractuelle qui assure un budget très confortable mais génère une trop grande dispersion des sujets aux dépens d'études à caractère plus fondamental permettant la compréhension approfondie des phénomènes physiques.

- On peut s'étonner que le laboratoire ne touche pas de royalties de ses brevets malgré le soutien d'Armines et qu'il n'y ait aucune start-up issue du laboratoire malgré la politique d'incitation de la région Rhône-Alpes.

- Privilégier autant que possible les ACL dans des revues à fort impact plutôt que les actes de congrès ou les publications dans des revues non référencées dans les bases de données internationales et limiter raisonnablement les participations aux congrès. Encourager les doctorants à écrire eux-mêmes au moins un article ACL avant la fin de leur thèse dans le contexte de leur formation par la recherche.

- Etre vigilant quant au risque de destabilisation du laboratoire par l'intégration de l'équipe de géochimie.

- **Recommandations au directeur de l'unité :**

- Trouver le bon équilibre entre les contrats très finalisés et les études à caractère fondamental permettant de définir une politique scientifique propre et assurant au laboratoire une bonne lisibilité. Dans ce cadre le laboratoire devrait mener une réflexion sur la politique de valorisation de son savoir faire.

- Avoir une plus grande ambition de visibilité internationale, en particulier avec les Etats-Unis, Canada, Japon, Singapour, etc ... en favorisant des séjours sabbatiques des membres du LPMG et/ou des visites de longue durée ( $\geq 4-6$  mois) au laboratoire de chercheurs de haut niveau.

- Développer une plus grande animation scientifique de site par davantage de séminaires de chercheurs extérieurs au LPMG

- Limiter les recrutements d'EC parmi les anciens thésards du LPMG et veiller au bon déroulement de la carrière des ITA.

- **Données de production :**

(cf. [http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres\\_Identification\\_Ensgts-Chercheurs.pdf](http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf))

|   |      |
|---|------|
| A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet | 25   |
| A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet                | 5    |
| A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$  | 100% |
| Nombre d'HDR soutenues  | 1    |
| Nombre de thèses soutenues  | 40   |
| Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...) Brevets   | 3    |



### 3 • Appréciations détaillées :

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Toutes les études relèvent de 3 grands domaines : les matériaux et les procédés liés à l'énergie, le développement durable, et l'ingénierie de la santé. Les études sur la réactivité des solides, excellente compétence historique du laboratoire, n'ont plus un caractère réellement innovant, mais donnent des résultats (expérimentation et modélisation) de très grande qualité répondant de façon très satisfaisante aux sollicitations du secteur industriel. Le développement de nouveaux capteurs de gaz et des piles SOFC monochambres utilise aussi les compétences historiques du LPMG et on peut s'attendre à des résultats scientifiques et industriels très novateurs. La qualité des recherches sur les thématiques de bioingénierie - développement de biomatériaux pour comblement osseux et mise en forme de poudres pharmaceutiques est tout à fait remarquable et aussi à fort impact aval. Enfin, les travaux sur les hydrates de gaz sont très prometteurs dans le contexte du développement durable. Il y a eu là aussi une prise de risque fructueuse.

La production scientifique 122 ACL, 95 ACTI, 68 COM et 175 AFF pour la période 2005-2008 (soit 1,4 ACL/an/EC ETP) est de bonne qualité. Les résultats sont publiés dans de très bonnes revues du génie chimique et des matériaux (Chem. Eng. Sci., J. Coll. Interf. Sci., Carbon, Solid State Ionics, Thin Solid Film, Sensors Actuat., J. Nucl. Mat., Cement Concrete Res., Acta Mater., J. Am. Ceram. Soc., Macromolecules, J. Cryst. Growth, J. Quant. Spectrosc. Rad. Trans., Powder Technol., J. Hazard. Mat. Brit. J. Ophthalmol., etc ...), et des revues d'actes de congrès qu'il convient de ne pas généraliser pour cause d'impact trop limité. 2 chercheurs senior ont publié des ouvrages en français, 40 thèses ont été soutenues dont 33 sont/seront publiées dans des revues à comité de lecture : le Comité s'interroge sur la participation effective des doctorants à la rédaction d'articles publiés 2 ans après la soutenance et rappelle que cet exercice fait partie intégrante de la formation par la recherche. La prise de brevets (3 + 1 demande) est une composante importante de la production du laboratoire.

Le laboratoire entretient une très forte activité contractuelle pérenne avec des industries nationales majeures, métallurgiques (Péchiney/Rio Tinto-Alcan, Arcelor, Renault et Peugeot), nucléaires (Areva, CEA) et pétrolières (Total, IFP) entre autres : cela procure au laboratoire des ressources importantes mais tend à multiplier les sujets de recherche entretenant par là une certaine dispersion des efforts.

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

Le rayonnement international du LPMG est relativement modeste eu égard à sa grande expertise scientifique : on note seulement 5 conférences invitées de 2 seniors dans des congrès internationaux, et les 5 prix de la meilleure affiche, le prix de la meilleure thèse du groupe français de céramique, le prix du jeune chercheur ont été obtenus dans des manifestations locales. Le LPMG doit faire un gros effort de communication vers l'international.

Le LPMG a fortement recruté au cours du quadriennal sur postes laissés vacants par des départs en retraite et sur postes frais, 3 EC viennent du privé, mais 5 EC sont d'anciens doctorants du laboratoire, ce qui représente un risque de recrutement trop endogène sur lequel le Comité attire l'attention. Le LPMG est un véritable pôle d'attraction au sein de l'ESME puisque 2 équipes l'ont rejoint en 2006 et une 3ème le fera en 2010.

Le LPMG a une excellente capacité à obtenir des financements externes (ANR, Région Rhône-Alpes, ACI, ministère de la recherche, etc...) ; il est partenaires de 6 pôles de compétitivité dont 3 avec financement ANR, et de l'institut Carnot Mines. Il est membre de 4 programmes Européens. Le laboratoire a une très forte activité de caractérisation de propriétés physiques qui n'ont pas toujours été valorisées à un niveau satisfaisant; les 16 brevets déposés depuis 1992 et le logiciel de segmentation d'image n'ont donné lieu à aucun retour financier.

Le Comité pense qu'il y a matière à réflexion entre la mission historique de l'ESME au soutien des activités économiques locales et les activités de recherche classiquement développées dans des unités de recherche. Il met en garde contre une politique excessive d'activités contractuelles qui risque de conduire à une trop grande dispersion des sujets.





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

L'organisation du laboratoire en 3 thématiques de taille équivalente est très pertinente. Le conseil de laboratoire qui se réunit 2 fois par an est relativement invisible de l'ensemble du laboratoire. La totalité des ressources financières (soutien de base et ressources propres) sont mises en commun, ce qui ne semble poser aucun problème, chaque thématique y contribuant en moyenne à parts équivalentes. Cela facilite l'acquisition de moyens lourds et permet les prises de risque en finançant des activités nouvelles à fort potentiel de développement.

Tous les personnels rencontrés EC, ITA, et doctorants ont témoigné d'une ambiance agréable et de très bonnes conditions de travail tant pour l'encadrement que pour les facilités expérimentales. Toutefois, il existe des disparités de déroulement de carrière et de primes des ITA dues à leurs statuts administratifs différents. Le comité encourage le LPMG à suivre les efforts menés par l'ESME pour mieux gérer les carrières des ITA (harmonisation des statuts, accès à la formation, avancement de carrières). Si la situation est laissée en l'état, il est à craindre une démotivation des ITA, à même de freiner la dynamique du laboratoire.

Tous les EC du LPMG ont des tâches d'enseignement importantes (en moyenne 300h/an). Ils sont très impliqués au niveau L3 ou M1 (enseignement de l'ESME), M2, et dans l'école doctorale, ce qui est un point très positif pour le recrutement de doctorants de formation scientifique appropriée (17/40). Il semble que le devenir des doctorants soit satisfaisant et irrigue bien le secteur privé (22/40), 11 ont intégré l'enseignement supérieur.

La vie scientifique commune, 8-9 séminaires par an pour un laboratoire de 73-ETP personnes, est relativement faible. De surcroît, elle est surtout assurée par des membres du laboratoire. Le Comité recommande une beaucoup plus grande ouverture sur l'extérieur.

Le LPMG est présent dans les clusters de la région Rhône-Alpes : il est membre fondateur du CODEGEPRA (comité pour le développement du génie des procédés) et de l'Ifresis (IFR de l'Inserm) dans le contexte de son ouverture à l'ingénierie de la santé. Il participe aux opérations locales de vulgarisation (fête de la science, camion de la science, intervention des doctorants dans les lycées et collèges, etc...)

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet du LPMG s'inscrit dans la totale continuité de ses recherches actuelles. La grande nouveauté concernera l'intégration dans la thématique C de l'équipe de géochimie de l'ESME, ce qui augmentera d'un quart les effectifs globaux du laboratoire.

Les études relèveront toujours des 3 domaines de recherche principaux :

- Energie : matériaux des réacteurs nucléaires de 4ème génération et piles à combustible (Equipe A)
- Environnement : matériaux multicomposants, transport de poudre de biomasse, biodétérioration des matériaux cimentaires (Equipe B) ; séquestration du CO<sub>2</sub>, transfert de polluants dans différents systèmes naturels (Equipe C).
- Ingénierie de la santé : mise en œuvre des poudres pharmaceutiques, substituts osseux (Equipe B)

Toutes les études seront menées en associant expérimentation et modélisation dans une approche multiéchelle "De la particule aux procédés" dans la perspective de fournir des solutions aux partenaires industriels.

La nouvelle équipe de géochimie arrivera avec ses propres thèmes de recherche, ses moyens humains et financiers et ses locaux. En ce sens, il n'y aura pas de difficultés d'ordre matériel. Néanmoins, le Comité encourage la direction du LPMG à veiller à sa bonne insertion afin de maintenir la cohérence scientifique du laboratoire, la nouvelle équipe n'ayant pas tout à fait la même démarche scientifique : on dénombre par exemple beaucoup de publications dans des revues sans comité de lecture dans ses listes.

Les grands changements thématiques du LPMG ont eu lieu au cours du quadriennal précédent avec l'ouverture à l'ingénierie de la santé. Les recrutements effectués au cours du quadriennal ont permis de rajeunir la pyramide des âges ; toutefois, le Comité soutient la demande de recrutement d'enseignants-chercheurs supplémentaires de profils mathématicien, physicien et chimiste organicien pour renforcer le potentiel scientifique du laboratoire. Le mode de gouvernance du LPMG est bien établi et le projet scientifique ne suscite donc pas d'inquiétude majeure.



## 4 • Analyse thématique par thématique

### Intitulé de la thématique : Réactivité des solides – Interactions solides-gaz

Cette thématique est au cœur historique de l'activité du laboratoire. Elle est divisée en 3 thèmes : 1) "Réactivité des solides" qui regroupe 2 activités, "réactivité des solides divisés" et "corrosion des solides massifs" ; 2) "Propriétés électriques des solides et réalisation de dispositifs" qui regroupe 3 activités "développement de capteurs de gaz", "développement de préconcentrateurs de gaz" et "piles à combustibles de type SOFC monochambre" ; 3) "Modélisation de la conductivité électrique de matériaux de type cermet" qui est un thème commun aux 2 premiers.

L'équipe combine de manière complémentaire et fertile expérimentation et modélisation et développe ces études dans une approche multi-échelle ; ces études sont tout à fait originales et de grande qualité. La production scientifique est très satisfaisante : 44 ACL, 6 ouvrages en français, 3 brevets, un logiciel de modélisation de réacteurs hétérogènes, 14 thèses soutenues sur la période, 3 post-doctorants français accueillis, ainsi que 2 visiteurs étrangers. Les équipes concernées entretiennent de nombreuses collaborations industrielles, inscrites dans la durée, principalement avec des entreprises des secteurs nucléaire et automobile. Certaines des compétences développées, notamment sur les réactions solide-gaz du domaine nucléaire et sur la mise au point de capteurs pour gaz, sont pratiquement uniques au niveau français. Les chercheurs des deux thèmes participent à plusieurs actions et programmes structurants régionaux et nationaux. L'équipe est membre du réseau européen d'excellence Gospel devenu ISOCS ce qui atteste d'un rayonnement international certain.

Le Comité a apprécié que l'équipe capteurs pour gaz, soutenue par le laboratoire, ait su prendre certains risques, notamment dans les études sur les SOFC monochambre et les préconcentrateurs.

Le groupe thématique s'est attaché à conduire des actions de recherche inter-équipes, mais signale la difficulté d'organiser une véritable animation scientifique.

Le projet scientifique présenté s'inscrit dans la complète continuité des thèmes actuels. Il est dommage que les limites des approches et les verrous scientifiques à lever n'aient pas été davantage identifiés, ce qui aurait permis de définir de nouvelles actions amont à mener.

En conclusion, le Comité émet un avis très positif sur la qualité des recherches menées et le positionnement scientifique original des recherches de cette thématique. La très grande activité contractuelle correspond à une forte reconnaissance de la part du secteur industriel et est un facteur d'attractivité. Il faut éviter qu'elle ne conduise à une multiplication d'études reproduisant un savoir-faire avéré.

### Intitulé de la thématique : Poudres et Matériaux Multi-composants

La thématique B concerne des sujets de recherche relativement récents autour de problématiques associées aux poudres, à leur mise en œuvre et à leur réactivité. Elle regroupe trois activités: « mise en forme des poudres », « matériaux multi-composants » et « interactions matériau-santé ». La production scientifique dans cette thématique est très bonne (39 ACL, 5 INV dans des congrès internationaux, 13 thèses soutenues). Elle constitue un bon compromis entre recherche contractuelle et recherche plus fondamentale. Le Comité a été particulièrement sensible à la nouveauté et à la prise de risque que constituent la majorité des sujets abordés.

La problématique de la rhéologie des milieux granulaires et des poudres a initié une ouverture vers la compréhension de phénomènes de bases intervenant dans beaucoup des procédés. En effet, cette orientation vers des aspects plus fondamentaux est à encourager et à poursuivre en particulier pour modéliser l'arrangement des particules étape par étape lors de la densification par vibration d'une poudre sèche. L'acquisition récente d'une tomographie X devrait en ce sens permettre de tels développements.

La thématique des matériaux multi-composants en lien avec le développement durable semble être un sujet porteur, à fort potentiel industriel et qui pourrait emmener des problématiques amont pertinentes. Toutefois, il faudra veiller à ne pas accroître le nombre de multi-composants à étudier afin d'aller plus loin dans la compréhension des phénomènes aux interfaces associés par exemple à l'étude des interactions « organiques/minéraux » et, ce, en vue de maîtriser ces multi-composants.



Enfin, la recherche sur la thématique des matériaux en lien avec la santé apparaît extrêmement pertinente et d'excellente qualité. Le Comité souligne tout particulièrement le risque pris dans le développement de ces études et les efforts conjoints du laboratoire, de l'École et, plus largement, des acteurs du bassin stéphanois pour soutenir ce projet multidisciplinaire. Cette ouverture vers les thématiques bio-engineering apparaît aujourd'hui comme un réel succès tant du point de vue des applications biomédicales comme en témoigne l'intérêt des biologistes et les liens étroits avec le CHU, que de l'intérêt scientifique avec des questions ouvertes bien posées et une démarche cohérente et innovante.

D'une manière plus générale, la qualité de la production scientifique ainsi que la capacité à répondre à des sollicitations partenariales (programmes institutionnels, partenaires industriels, ...) témoignent du bon positionnement scientifique et technologique de cette thématique B. De plus, le dynamisme et la bonne complémentarité de l'équipe associant de jeunes chercheurs prometteurs avec des chercheurs plus confirmés et, ce, dans un large champ disciplinaire devrait permettre aux acteurs de cette thématique d'accroître leur rayonnement scientifique tant au niveau national qu'international.

### **Intitulé de la thématique :** Dynamique des particules, des objets et des structures spatiales multi-échelles

Cette thématique constitue une diversification d'une des activités « historiques » du laboratoire sur les problèmes de cristallisation et de précipitation de solides inorganiques. Les sujets abordés durant la période précédente ont ainsi concerné certains aspects physico-chimiques, hydrodynamiques et morphologiques de la cristallisation ou de l'agglomération dans une suspension de particules multi-échelles. La caractérisation et le suivi morphologique in situ des particules ou des objets apporte un éclairage pertinent et novateur puisqu'il peut aider à mieux comprendre les mécanismes mis en jeu lors des processus de cristallisation, germination ou d'agglomération au sein de phases liquides. A ce titre, l'emploi de méthodes d'analyse ou de modélisation d'images basées sur la stéréologie se révèle être un outil prometteur pour parvenir à ce but.

Les domaines d'applications des recherches recouvrent principalement les fluides pétroliers, particulièrement sous l'aspect de la cristallisation d'hydrates de gaz, ainsi que certains milieux cellulaires vivants. Ce dernier point constitue une ouverture particulièrement intéressante au domaine de l'ingénierie de la santé pour lequel le laboratoire affiche une réelle volonté politique de rapprochement.

Les travaux sur les hydrates de gaz avaient pour applications majeures de mieux appréhender les problèmes de colmatage intervenant lors du transport de fluides pétroliers et avaient donc pour objectifs scientifiques de maîtriser et de modéliser les écoulements diphasiques « fluides + hydrates de gaz ». Les résultats scientifiques les plus marquants obtenus dans cette activité sont, d'une part, l'élucidation des mécanismes de cristallisation dans les suspensions d'hydrates, et, d'autre part, la production d'hydrate mixtes à température et pression modérées. La continuation naturelle, déjà abordée, de cette activité va concerner d'autres applications particulièrement intéressantes et prometteuses des hydrates de gaz : leur utilisation en tant que fluides frigorigènes secondaires diphasiques pour la climatisation et dans les procédés de capture et séparation du CO<sub>2</sub>.

De même, le savoir faire et les compétences scientifiques acquises en matière d'études morphologiques a permis notamment, grâce à une méthode turbidimétrique, de remonter aux tailles caractéristiques et formes des agglomérats constitués (< 10  $\mu\text{m}$ ). L'interprétation de l'atténuation de la lumière s'appuie solidement sur la théorie de Mie. L'application de ces travaux au domaine de la santé est une continuation logique que les acteurs de l'activité entendent mener.

Comme dans le cas des autres thématiques, les activités de cette équipe ont toujours pour point de départ des préoccupations et sollicitations industrielles, ce qui se traduit par une importante activité contractuelle et une très bonne implication dans divers clusters de la région Rhône-Alpes. L'ensemble des travaux apparaît cohérent, malgré une tendance à la dispersion, et a conduit à une bonne production scientifique globale (39 ACL soit environ 1 ACL /an / EC ETP, 13 thèses soutenues). Le rayonnement national de cette équipe est attesté par plusieurs invitations à écrire des chapitres d'ouvrage, l'organisation de sessions lors du congrès SFGP 2007 et par la participation à divers programmes nationaux ou même projets européens (ULCOS). On peut toutefois regretter un certain manque de reconnaissance internationale, par exemple aucun des 9 EC de cette équipe n'a reçu d'invitation à présenter ces travaux dans une conférence internationale.



De façon plus générale, cette thématique est celle qui a été le plus profondément réorganisée dans le projet du laboratoire puisqu'il est prévu qu'une équipe de géochimistes (7 enseignants chercheurs, 3 techniciens et 6 doctorants) rejoigne les personnels déjà en place. Le Comité recommande au laboratoire de définir soigneusement le contour des activités de ces nouveaux membres afin d'éviter que cet apport soit, au final, perçu comme une trop grande dispersion plutôt que comme un enrichissement.

| Note de l'unité | Qualité scientifique et production | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement | Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire | Appréciation du projet |
|-----------------|------------------------------------|---|--|------------------------|
| A               | A                                  | B   | A+   | A                      |

**Réponse au rapport d'évaluation AERES du LPMG  
Laboratoire des Procédés en Milieux Granulaires- CNRS UMR5148  
Ecole Nationale Supérieure des Mines de St Etienne.**

La direction du LPMG tient à remercier le comité d'experts pour la qualité et la pertinence de l'analyse qu'il a effectuée sur l'ensemble des activités de notre laboratoire.

Nous avons noté avec satisfactions que nos spécificités liées à une école d'ingénieur relevant du ministère de l'industrie avaient été bien prises en compte, faisant ressortir le bon équilibre entre recherche partenariale, recherche amont, ainsi que les liaisons avec l'enseignement au niveau master et école doctorale.

La direction du LPMG a apprécié que l'évaluation de nos trois thématiques fasse ressortir leur homogénéité au niveau de la qualité scientifique, au niveau publications, ainsi que des prises de risques et des sujets innovants.


Le rapport apparaît parfois contradictoire par rapport à l'activité contractuelle. Celle-ci est jugée tantôt positive en termes de ressources budgétaires et d'interaction avec le milieu industriel, et tantôt négative en regard de la source de dispersion d'activités qu'elle risque d'entraîner. Nous tenons à souligner que cette forte activité est en liaison directe avec notre mission première, et que la plupart de nos actions contractuelles concernent des études amont à caractère fondamental. Le milieu industriel sollicite notre laboratoire d'abord pour ses compétences en termes de modélisations des phénomènes et processus, et nos équipes de recherche se sont organisées de façon à regrouper plusieurs actions sous une même problématique scientifique afin justement d'éviter la dispersion des activités.

Par rapport à certaines remarques émises sur notre visibilité à l'international, il nous semble peu justifié que cette remarque puisse être principalement formulée à propos de la thématique C en se focalisant sur le seul indicateur des invitations à présenter un exposé invité dans un congrès international, alors que différentes actions internationales d'envergures ont aussi été effectuées par des EC de cette thématique (plusieurs contrats européens notamment) et ceci à un niveau identique aux deux autres thématiques A et B.

Enfin, nous avons bien noté les recommandations du comité par rapport à l'intégration du groupe de géochimistes. De nombreux liens existent déjà et depuis longtemps avec le LPMG au travers de plusieurs co-directions de thèses, d'actions contractuelles, ainsi que des outils de modélisations et plateformes de caractérisations.

De façon générale, la direction du LPMG est tout à fait prête à prendre en compte les différentes recommandations émises par le comité.

Fait à St Etienne, le 23 mars 2010



C PIJOLAT  
Directeur du Laboratoire LPMG/UMR 5148

