



HAL
open science

RAPSODEE - Centre de recherche d'Albi en génie des procédés des solides divisés, de l'énergie et de l'environnement

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. RAPSODEE - Centre de recherche d'Albi en génie des procédés des solides divisés, de l'énergie et de l'environnement. 2010, Mines Albi-Carreaux. hceres-02033625

HAL Id: hceres-02033625

<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033625v1>

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 :

Centre de Recherche d'Albi en Génie des Procédés
des Solides Divisés, de l'Energie et de l'Environnement
(RAPSODEE) – FRE 3213

sous tutelle des établissements et
organismes :

Ecole des Mines d'Albi Carmaux

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 :

Centre de Recherche d'Albi en Génie des Procédés
des Solides Divisés, de l'Energie et de l'Environnement
(RAPSODEE) – FRE 3213

Sous tutelle des établissements et organismes

Ecole des Mines d'Albi Carmaux

Le Président
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



Unité

Nom de l'unité : Centre de Recherche d'Albi en Génie des Procédés des Solides Divisés, de l'Energie et de l'Environnement - RAPSODEE

Label demandé : UMR

N° si renouvellement : FRE 3213

Nom du directeur : M. Alain de RYCK

Membres du comité d'experts

Président :

M. Dominique GOBIN, Université de Paris 11

Experts :

Mme Sylvie BEGIN, Université de Strasbourg

M. Gérard JEANDEL, Université Henri Poincaré Nancy

M. Guy LAURIAT, Université de Marne la Vallée

M. Hervé MUHR, INPL Nancy

M. Pierre TCHORELOFF, Université de Paris 11

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

Mme Cathy CASTELAIN 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 :

Mme Béatrice BISCANS, Chargé de Mission CNRS INSIS

M. René DAVID, Direction de la Recherche Ecole des Mines d'Albi

M. Bruno VERLON, Direction de l'Ecole des Mines d'Albi



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée dans les locaux de l'Ecole des Mines d'Albi les 17 et 18 novembre 2009. Le directeur de l'unité a d'abord donné une présentation générale de la structure et des principaux axes de recherche du laboratoire. Ont suivi deux présentations ciblées sur deux sujets de recherche spécifiques : la propagation d'un front de combustion en lit fixe et le mélange des poudres en continu. Le comité a regretté que ce choix ne permette pas de présenter la politique scientifique du laboratoire et d'en décliner la mise en œuvre dans les différents axes.

Après cette présentation générale du laboratoire, le comité s'est scindé en deux groupes pour visiter deux actions de recherche par axe, afin de rencontrer les chercheurs et doctorants, et couvrir les principales thématiques développées à Rapsodee. Le comité a apprécié les efforts de chaque axe dans la préparation des exposés dont la qualité et la concision ont été reconnues. Les courtes présentations faites autour des installations de recherche ont permis de compléter l'information fournie dans le rapport écrit.

La matinée du second jour a été consacrée à des entretiens du comité avec les différentes catégories de personnel. Le directeur et le comité de direction ont tout d'abord présenté le projet de laboratoire pour les quatre ans à venir. Ensuite les entretiens avec les représentants des personnels ont permis à chacun de donner son avis sur l'évolution de l'unité. Enfin, la visite du comité s'est terminée par une entrevue avec les représentants des organismes de rattachement du laboratoire, c'est-à-dire la direction de l'Ecole et le CNRS.

- Equipe de Direction :

Directeur : M. Alain De RYCK depuis le 1^{er} janvier 2009

Directeurs-adjoints : MM. Ange NZIHOU - Radu BARNA



- 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)	26	26
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	3	3
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5)	18	18
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7)	31	non significatif
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	15	15

2. Appréciation sur l'unité

- Avis global :

Les activités de recherche du laboratoire RAPSODEE sont très diverses et s'exercent dans les domaines des poudres et des solides divisés, du génie des procédés et des transferts thermiques. La recherche est sous-tendue par une forte activité contractuelle, bien que certaines études aient un caractère fondamental affirmé. La structuration du laboratoire en 6 axes, eux-mêmes subdivisés en plusieurs thèmes donne une impression de relative dispersion, d'autant que la présentation qui en a été faite ne permet pas de dégager une politique scientifique claire. Ceci est en cours d'évolution avec le développement d'un projet de laboratoire et le comité encourage vivement la direction du laboratoire à poursuivre cet effort et à mettre en place une nouvelle structure scientifique avec un nombre réduit d'axes le plus vite possible. Au global, la production scientifique (environ 109 ACL) est bonne, mais on note une disparité assez forte entre les équipes. Le nombre de thèses en cours se situe autour de 30 pour 15 HDR, et le nombre de soutenances sur la période 2005-2008 est de 35. Le bilan fait état d'un grand nombre de collaborations industrielles et académiques.

- Points forts et opportunités :

Le laboratoire dispose d'atouts indéniables. Il rassemble un grand nombre de compétences dans les domaines de la production, de la caractérisation et de la mécanique des solides divisés. Sa capacité à recruter des doctorants et de jeunes chercheurs est à souligner et son activité contractuelle, parfois très dispersée, est globalement de qualité et traduit son insertion dans le milieu industriel et sa capacité à valoriser ses savoir-faire. Son insertion dans le tissu régional est aussi remarquable.

- Points à améliorer et risques :

Le comité regrette un manque d'articulation entre les différentes activités du laboratoire et le manque d'une politique scientifique lisible. Ceci doit faire l'objet d'un travail prioritaire en interne. La politique de publication est en croissance et l'effort doit être maintenu.



Ce travail de redéfinition des priorités peut être l'occasion de dynamiser l'animation scientifique au sein de l'unité et de décompartmenter les groupes. En parallèle une participation plus volontariste à des groupements de recherche ou à des réseaux internationaux permettra d'améliorer la visibilité du laboratoire.

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

Le projet de laboratoire tel qu'il est décrit dans le rapport et tel qu'il a été présenté lors de la réunion du comité est apparu comme insuffisamment abouti. Le comité a noté la volonté d'engager une démarche de restructuration des axes de recherche pour améliorer la synergie entre équipes et la visibilité des actions du laboratoire. Cet effort doit de notre point de vue être poursuivi pour aboutir à la définition d'axes forts reliés par des actions transverses. Ce travail de restructuration scientifique, passant par une réduction du nombre des axes, doit être une priorité du laboratoire et de son directeur. Il doit déboucher à la définition d'axes scientifiques dans lesquels se développe une activité de recherche et une politique scientifique cohérente.

- **Données de production :**

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	21
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	3
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1 / (N1+N2)]$	0,875
Nombre d'HDR soutenues	5
Nombre de thèses soutenues	35
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...) Nombre d'ACL sur les années 2005- 2008	109

3 • **Appréciations détaillées :**

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

La réputation du laboratoire se situe sur des créneaux bien identifiés mais la cohérence d'ensemble reste encore insuffisamment affirmée. Le nombre et la qualité des publications ne font pas problème en moyenne, mais certains axes pourraient clairement améliorer leur productivité. Le comité encourage les chercheurs non publiants à participer davantage à la diffusion des travaux du laboratoire et souhaite que l'effort de publication de ces deux dernières années soit maintenu. Il est à noter que les publications récentes ont été dopées par des actes de congrès parus dans des numéros spéciaux et il convient de systématiser la soumission à des revues.

Le nombre de thèses en cours par rapport au nombre de HDR est satisfaisant. Le document de bilan, malgré quelques données statistiques, manque d'efforts de synthèse, ce qui rend difficile une analyse complète. En particulier, on ne dispose pas de données sur la durée des thèses, ni sur la participation des doctorants aux publications, ni sur le devenir des docteurs. On note cependant que le laboratoire a une très bonne capacité à obtenir des financements de thèse, avec un bon équilibre entre allocations institutionnelles et bourses industrielles.

L'activité contractuelle est aussi très marquée et illustre bien la capacité du laboratoire à autofinancer ses recherches. Il conviendrait d'en livrer une analyse plus fouillée, en comparant en volume les contrats donnant lieu au financement d'une thèse à ceux qui correspondent à des actions de court terme voire de service.



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

Le rayonnement du laboratoire dans ses niches d'expertise est incontestable et repose sur quelques personnalités marquantes. Ceci se traduit par une forte attractivité et il ne semble pas que le recrutement de doctorants ou de post-doctorants pose de problème. Les collaborations académiques nationales ou internationales existent mais semblent relativement ponctuelles et l'appartenance à de grands réseaux devrait être davantage recherchée.

Les invitations à des conférences plénières dans des manifestations internationales sont à ce titre un peu inférieures à ce que la réputation du laboratoire sur ses sujets phares permettrait d'attendre.

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

L'absence de stratégie scientifique est sans doute l'un des aspects qui a le plus frappé le comité. Autant on peut souligner l'excellence de certaines actions de recherche et le positionnement du laboratoire sur certains sujets, autant la cohérence d'ensemble est difficile à saisir et cela nuit certainement à la visibilité du laboratoire, y compris au niveau national. On discerne dans les entretiens avec les personnels un réel dynamisme au niveau des équipes mais un déficit d'animation scientifique au niveau global, qui recoupe les remarques faites par ailleurs sur l'aspect compartimenté des recherches et le manque de transversalité. Il y a sans doute là un enjeu majeur pour le futur et le développement de la vie scientifique et des interactions entre groupes (séminaires, etc.) est sans doute un élément clé pour faire naître de nouvelles synergies.

- **Appréciation sur le projet :**

En termes de projet scientifique pour le laboratoire, on constate que le laboratoire n'a pas su prendre en considération les recommandations du dernier comité, ou en tout cas pas assez tôt. Le comité prend acte de la mise en route d'un nouveau projet pour le laboratoire mais il considère que l'effort entrepris doit être poursuivi. Il incite les chercheurs de l'unité à continuer la réflexion sur la structuration du laboratoire et la redéfinition des thématiques.

Le projet présenté aboutit au regroupement des activités autour de 4 axes : à côté des trois axes « Génération des solides et caractérisation des propriétés des mélanges » ; « Transport et actions mécaniques sur le solide divisé » ; « Valorisation de la biomasse et des déchets » qui comptent chacun de 7 à 10 permanents, l'axe « Thermique et efficacité énergétique » avec 4 permanents paraît peu viable et le laboratoire manque une occasion de mettre en œuvre une véritable action transverse autour des transferts thermiques où les méthodes et techniques développées dans l'actuel axe 5 pourraient bénéficier à nombre d'actions dans les autres composantes. Le Comité estime que la proposition actuelle souffre d'un double déficit : d'une part la politique scientifique manque encore de lisibilité vis-à-vis de l'extérieur, en particulier vers l'international, et d'autre part l'organisation interne ne favorise pas la transversalité. Le Comité suggère que le laboratoire approfondisse le travail de réflexion déjà engagé et s'oriente vers une définition en trois thèmes équilibrés.

Les deux projets de plateforme technologiques permettent de valoriser les compétences du laboratoire dans les domaines de la galénique (GALA) et des procédés de traitement thermique (Val-ThERA). Ils favorisent aussi une implantation dans le tissu industriel local et régional. Il importera que le laboratoire reçoive le soutien nécessaire en ressources humaines de la part des entités locales pour ne pas mobiliser son personnel recherche sur des actions de valorisation.



4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

Comme il a été déjà précisé, le laboratoire RAPSODEE est structuré en 6 axes de recherche. Les sections qui suivent fournissent une analyse succincte des caractéristiques de chacun de ces axes.

Axe 1 : Génie de la séparation dans les milieux complexes

Responsable : Mme Patricia ARLABOSSE

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

Les recherches menées dans cet axe sont essentiellement consacrées à l'étude des procédés de déshydratation-séchage, appliqués à des boues résiduaires, gâteaux de filtration, déchets pâteux, matière végétale humide ... L'axe s'intéresse bien entendu au traitement thermique et, depuis peu, au traitement mécanique (thermiquement assisté ou non).

Les points forts de cet axe sont la caractérisation du couple produit/procédé, et le couplage expérimentation/modélisation. Il est à noter l'arrêt des activités de traitement des sols pollués, vraisemblablement lié au départ d'un des permanents, ce qui a permis de recentrer les activités de l'axe. Une nouvelle activité a pris le relais sur un procédé thermique de valorisation de la biomasse humide dans l'eau supercritique, mais cette activité relève plutôt des thèmes développés dans l'axe 2 « Génie de la réaction dans les solides divisés ».

Cet axe a été porté par quatre enseignants-chercheurs (dont trois HDR), six doctorants, un post-doctorant et un ingénieur de valorisation. La production scientifique sur 4 ans pour 4 permanents est de 15 publications, 27 communications, 1 brevet et 3 thèses soutenues. Le nombre de thèses en cours est de 6. On peut aussi noter de nombreuses interactions avec les autres axes du laboratoire (2, 3, 5 et 6), ainsi que des collaborations à l'échelle régionale ou internationale.

L'intitulé de cet axe ne permet pas un affichage fort des thèmes de recherche développés. La collaboration étroite avec l'axe 5 « Thermique et Efficacité Energétique des procédés » est naturelle et mérite encore d'être renforcée.

- **Appréciation sur le projet :**

Dans le projet de laboratoire, il est prévu que l'axe 1 se rapproche de l'axe 2 afin de former un nouvel axe intitulé « Valorisation de la biomasse et des déchets ». Ce rapprochement est logique et donne une cohérence globale, en permettant un affichage des thématiques de recherche plus clair que dans l'architecture précédente.

Ce projet s'appuie aussi sur la création d'une plate-forme technique dédiée à la valorisation thermique de résidus issus de la transformation de biomasse agricole (projet Val-ThERA).

- **Conclusion :**

Globalement, la production scientifique est bonne et la dynamique dans laquelle s'inscrit cet axe est très positive. Le projet scientifique du laboratoire permettra un affichage meilleur des thèmes de recherche développés.



Axe 2 : Génie de la réaction dans les solides divisés

Responsable : M. Sylvain SALVADOR

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

Les recherches menées portent sur des procédés de traitement et de valorisation par voie thermique de déchets ou de biomasse ligno-cellulosique dans des réacteurs chimiques. L'approche suivie nécessite une compréhension fine de couplages complexes entre réactions chimiques et transferts de chaleur et de matière à haute température. Parmi les objectifs visés, on notera la valorisation énergétique de combustibles et de la biomasse solide en vue de production d'hydrogène, le contrôle des propriétés chimiques des résidus et la réduction des émissions polluantes.

Les méthodologies employées sont basées sur des méthodes performantes d'analyse chimique des produits issus de traitements thermiques, sur la mise en œuvre de nouvelles techniques de mesure, sur le développement de réacteurs de haute technicité et de modèles permettant de simuler numériquement les phénomènes observés ou de faciliter leur analyse en régime dynamique.

Le rapport d'activité décrit les résultats obtenus au cours de sept opérations de recherche qui ont, pour la plupart, été conduites en collaboration avec des équipes d'autres laboratoires ou organismes. On soulignera la très bonne cohésion et la complémentarité entre ces actions, de même que les collaborations qu'elles ont suscitées. La thématique principale est centrée sur la pyrolyse ou la gazéification de déchets et de particules de bois ou de biomasse. Si les travaux expérimentaux constituent l'essentiel de l'activité, des développements logiciels ont aussi été réalisés et validés par confrontation avec des résultats expérimentaux. L'étude expérimentale et numérique de la propagation d'un front de combustion dans un milieu poreux et la mesure de l'évolution des propriétés structurales d'un solide poreux ont apporté un complément original à ces études, notamment sous l'aspect expérimental.

Sur la période, cet axe a été porté par six enseignants-chercheurs et, actuellement, par deux post-doctorants et neuf doctorants. En terme de bilan, 29 publications ont été publiées dans des revues internationales entre 2005 et 2008 (référéncées dans ISI Web of Knowledge), 13 autres publiées ou en cours de publication en 2009. Une trentaine de communications avec actes (dont 20 dans des conférences internationales) ont été présentées au cours de la période de référence et une dizaine de thèses ont été soutenues. Ce bilan donne une indication claire de la qualité scientifique et de originalité des recherches effectuées. Si le rapport d'activité soumis à l'expertise ne donne pas une indication précise sur les relations contractuelles sous-tendant cet axe de recherche, on supposera aisément que les moyens expérimentaux présentés lors de la visite du Comité n'ont pu être acquis ou réalisés sans de très fortes contributions contractuelles pérennes.

L'équipe pilotant cet axe de recherche a noué des partenariats régionaux (PRES de Toulouse), nationaux (laboratoires LATEP, LSGC, PROMES...) et internationaux (Allemagne, Canada, Chine, Singapour...). On doit aussi souligner qu'un des membres de cet axe est l'éditeur en chef d'une nouvelle revue (journal Waste & Biomass Valorization, Springer). Elle a aussi organisé ou co-organisé plusieurs conférences sur le site de l'Ecole des Mines d'Albi ou à l'étranger.

- **Appréciation sur le projet :**

Le nombre d'axes de recherche étant ramené à quatre dans le projet, les effectifs de l'équipe seraient portés à 9 EC et 1 IR. Ce nouvel axe de recherche issu de la fusion de l'axe 1 « Génie de la séparation dans les milieux complexes » et de l'axe 2 « Génie de la réaction dans les solides divisés » est centré sur la valorisation de la biomasse et des déchets. Il améliore la visibilité des travaux du laboratoire dans ce domaine.

De nouvelles thématiques, ambitieuses, sont affichées. Elles s'appuient sur le recrutement de quatre nouveaux doctorants en octobre 2009. Ce projet comporte aussi la création d'une plate-forme technique dédiée à la valorisation thermique de résidus issus de la transformation de biomasse agricole (projet Val-ThERA). Cet équipement, dont la réalisation avec le soutien des collectivités locales semble très probable, constituera indéniablement un appui considérable au projet de recherche puisque les technologies proposées résultent



directement des thèmes de recherche développés au cours des cinq dernières années. Il est aussi cohérent avec les thématiques annoncées dans le projet scientifique 2011-2014. Il faudra toutefois veiller à ce que cette plateforme soit dotée de nouveaux personnels techniques pour la gestion des différents pilotes et qu'elle serve à développer des sujets de recherche essentiellement amont.

- **Conclusion :**

Le bilan présenté par l'équipe en charge de cet axe est très positif. Son programme à court et moyen termes est fondé sur de nombreux atouts, dont l'aspect expérimental constitue la clef de voûte. Parmi les points forts qui étaient cette appréciation, on peut citer son expertise internationalement reconnue dans les procédés « haute température » de valorisation de la biomasse. Elle s'appuie aussi sur un fort potentiel de doctorants provenant de formations variées et reconnues. La fusion de l'axe 1 et 2 autour d'une activité sur la valorisation de la biomasse et des déchets permet un affichage clair de cette thématique.

La recommandation principale serait d'intégrer les acteurs et les activités de l'axe 5, dès le début du prochain quadriennal, afin de renforcer son potentiel dans les domaines des transferts de chaleur et de matière et de la modélisation/simulation numérique.

Axe 3 : Génération du solide par des méthodes innovantes

Responsable : Mme Fabienne ESPITALIER

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

Les recherches menées dans cet axe sont essentiellement consacrées aux procédés de génération et de mise en forme de solides. Elles se répartissent en trois actions:

- compréhension et modélisation des mécanismes mis en jeu dans les divers procédés d'élaboration explorés,
- développement de nouveaux procédés d'élaboration et de mise en forme de solides en utilisant des liquides ioniques et/ou du CO₂ supercritique,
- conception de montages expérimentaux spécifiques pour déterminer des propriétés thermodynamiques et physico-chimiques des solides.

Cet axe est porté par 7 permanents (5 MA dont 2 HDR, 1 PR et 1MR secteur privé), 5 doctorants (2 thèses démarrées en 2006, 2 en 2007 et 1 en 2008) et une doctorante brésilienne venue un an (2008-2009)).

La production scientifique sur 4 ans (2005-2008) est de 19 publications et 18 communications. La consultation des fiches des chercheurs montre le dépôt de 4 brevets.

Cet axe est bien structuré, la démarche scientifique est claire et vise à contrôler l'ensemble du procédé, du fondamental à l'appliqué. Elle s'appuie sur une compréhension des mécanismes de base associant la mise au point de dispositifs expérimentaux permettant d'optimiser et de contrôler les paramètres opératoires. Un grand travail expérimental, d'analyse des résultats et de modélisation est réalisé. Un des points forts de cet axe est la recherche menée sur les procédés utilisant le CO₂ supercritique. Les coopérations avec d'autres axes n'apparaissent pas clairement.

Des collaborations industrielles ont démarré avec des PME à travers des projets soutenus par la Région. Cinq projets sur financements publics sont en cours dont un projet ANR. Deux projets ANR doivent démarrer fin 2009. Des collaborations nationales (Toulouse, Bordeaux, Nancy..) et internationales (Tunisie, Chili, Brésil, Singapour) sont visibles au travers de ces projets.

- **Appréciation sur le projet :**

Dans le projet scientifique du laboratoire, cet axe poursuit son activité, mais son intitulé change pour afficher de façon plus visible la caractérisation des mélanges mis en jeu dans la génération de solides. Les recherches seront particulièrement axées sur les opérations de cristallisation, de solidification et d'encapsulation suivant les procédés développés dans cet axe (ultrasons, liquides ioniques, CO₂ supercritique). Des évolutions de ces procédés vers la synthèse de nanoparticules et l'intensification des procédés de cristallisation sont affichées.



Le projet de cet axe s'appuie aussi sur la création d'une plateforme orientée recherche et innovation en galénique avancée, dont le porteur est un membre de cet axe.

- **Conclusion :**

Cet axe présente un réel potentiel et développe des projets sur des thématiques prometteuses. Il faut veiller à maintenir un niveau de publications et de recrutement de doctorants.

Axe 4 : Mise en forme des poudres

Responsable : M. Driss OULAHNA

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

L'analyse doit se faire à 2 niveaux, un premier niveau correspondant à l'ensemble de l'équipe, et le second à chacun des thèmes développés. L'équipe regroupe 3-4 enseignants chercheurs (l'un d'entre eux est parti en retraite en fin de quadriennal) et un ingénieur de recherche. Elle développe sa recherche sur les systèmes granulaires autour de 3 thèmes principaux :

- mise en forme par des opérations de granulation, d'agglomération et d'enrobage,
- opérations mécano-chimiques sur les poudres,
- modélisation thermomécanique ; compactage et simulation numérique.

Le champ de recherche concernant les systèmes granulaires, leur caractérisation, leur mise en forme et leur modélisation est historiquement très ancré au sein de l'établissement et constitue un point fort du centre RAPSODEE. L'originalité de cette recherche reste importante et la conjonction d'approches expérimentales et numériques permet d'anticiper sur les propriétés fonctionnelles des produits mis en forme (approche génie des produits). Des résultats originaux sont apportés en particulier en ce qui concerne les aspects de mécano-chimie et de compactage. L'équipe est globalement publiante (6 publications et de nombreux actes de congrès internationaux) avec plusieurs publications de bon niveau international (Powder Technology, IJP). 9 thèses ont été soutenues ou sont en cours de réalisation au sein de cette équipe.

L'analyse révèle une assez forte dispersion si l'on considère les aspects de valorisation scientifique pour chaque thème de recherche. En effet, le thème consacré aux aspects de compression/compactage est très bien valorisé tant au point de vue quantitatif que qualitatif, mais il repose réellement sur 2 personnes, dont l'une est partie à la retraite. Le thème sur la mécano-chimie et l'enrobage en voie sèche, qui repose aussi sur 2 personnes, génère un taux de publication régulier, renforcé sur l'année 2009, ce qui est prometteur pour l'avenir. A l'inverse, le thème sur la mise en forme par des opérations de granulation, d'agglomération et d'enrobage (2 personnes) est en déficit de publications.

Si l'on s'intéresse aux thèses portées par l'équipe, qui sont en nombre important, signe d'une bonne dynamique de recherche, on constate que le nombre de publications ramené au nombre de thèses est relativement faible. Ceci s'explique en partie par le fait que de nombreuses thèses sont réalisées avec un soutien industriel. Une attention particulière devrait être apportée à ce point.

L'équipe est globalement engagée dans de nombreuses relations contractuelles avec des industriels ou différentes institutions (Pierre Fabre, programme GEMBio ...). Elle entretient en particulier de nombreuses interactions avec le secteur industriel pharmaceutique (FFM, Sanofi-Aventis ...).

En ce qui concerne le rayonnement de l'équipe, celui-ci est satisfaisant au global, si l'on juge par la bonne ouverture vers d'autres centres de recherche tant au niveau français (Ecole des Mines de Saint Etienne, diverses UMR locales ou régionales ...) qu'international (université japonaise, projets européens ...). De même plusieurs invitations à des congrès internationaux sont indiquées, on peut également noter le rattachement de certains membres de l'équipe à des sociétés savantes internationales. Une certaine disparité apparaît cependant entre les thèmes de recherche de l'équipe.



- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Du point de vue stratégique, il apparaît clairement que le nombre d'actions de recherche développé par l'équipe est trop important par rapport aux effectifs du groupe. Les différents thèmes n'ont pas la même productivité scientifique, ni le même rayonnement. Par ailleurs, ces thèmes semblent assez compartimentés et la communication interne à l'axe est insuffisamment développée, alors qu'ils comportent de nombreux aspects communs.

Les membres de l'équipe sont largement impliqués dans des activités d'enseignement et dans des actions d'intérêt collectif du centre. Des initiatives à l'échelle régionale sont également envisagées au travers, par exemple, de la plateforme GALA regroupant de nombreuses forces régionales.

- **Appréciation sur le projet :**

Dans l'organisation future du centre RAPSODEE, l'équipe sera regroupée dans un axe plus vaste, « Transports et actions mécaniques sur le solide divisé ». Ce regroupement devrait favoriser une nouvelle organisation pour réduire l'éclatement thématique et tenir compte de la limitation des ressources humaines associées. Une grande transversalité au sein même de l'équipe serait aussi bien venue. Les outils de modélisation développés pour la compaction, par exemple, pourraient certainement être adaptés aux autres thèmes, ce qui faciliterait la communication.

Pour chacune des opérations de recherche à développer dans les années à venir, un effort de présentation des perspectives de travail a été réalisé dans le projet scientifique. Il faut poursuivre cette réflexion pour définir des priorités dans la poursuite des actions en cours.

- **Conclusion :**

- **Points forts et opportunités :**

- forte compétence sur certains sujets traités qui conduisent à un bon niveau de publications et de reconnaissance. Les opportunités se situent sur ces thèmes porteurs,

- un outil de recherche (aspects expérimentaux et modélisation) très bien adapté et très performant qui devrait s'enrichir encore (plateforme Gala),

- un réseau de collaborations bien établi, une forte capacité à recruter et financer des thésards.

- **Points à améliorer et risques / Recommandations :**

- opérations trop nombreuses au regard des ressources humaines associées : ce qui devrait conduire l'équipe à recentrer ses activités pour éviter la dispersion,

- forte disparité de productivité entre les différentes opérations (en particulier, 2 permanents sont non publiants). Une redistribution des opérations et une réaffectation des ressources humaines pourraient permettre de redynamiser l'ensemble du groupe.



Axe 5 : Thermique des procédés des solides divisés. Mesures thermiques, échanges radiatifs

Responsable : M. Jean Jacques BÉZIAN jusque fin janvier 2009, puis M. Olivier FUDYM

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

Les travaux sur les thématiques "Développement de convertisseurs solaires", "Modélisation des transferts radiatifs" et "Caractérisation et méthodes inverses" sont parfaitement identifiés au niveau national. Ils ont fait l'objet de 16 publications internationales en 4 ans. Cette recherche se fait en collaboration avec des unités de recherche françaises spécialisées dans les domaines abordés (PROMES, LAPLACE et TREFLE principalement) : les publications communes avec ces entités sont nombreuses. On constate également que les thèses encadrées présentent, en moyenne, un bon équilibre entre recherche et développement.

Les permanents et les doctorants participent régulièrement aux journées thématiques nationales et aux congrès internationaux. Les sujets traités s'intègrent dans la recherche du laboratoire avec plusieurs collaborations inter-axes. Les publications ne comportent que rarement deux noms de permanents de l'axe, mais les travaux menés sont parfaitement complémentaires. Les sujets pluridisciplinaires abordés par les permanents montrent leurs larges compétences et manifestent leur intégration dans divers projets ayant des applications dans le domaine de l'efficacité énergétique.

L'activité liée à cet axe est très importante en quantité et qualité, avec une croissance régulière du nombre de publications dans des revues internationales, mais le nombre de permanents est trop réduit pour que cet ensemble puisse constituer un axe à part entière : un regroupement thématique plus large, au sein de RAPSODEE, est indispensable.

Axe 6 : Mélange, transport et interfaces des solides divisés

Responsable : M. Alain DE RICK puis Mme Laurence GALET (depuis janvier 2009)

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

L'équipe regroupe 5 enseignants chercheurs et développe sa recherche selon 3 thèmes principaux en lien avec les systèmes granulaires :

- mélange des solides divisés,
- propriétés d'ensemble de particules pour la mécanique granulaire (écoulements),
- physicochimie des interfaces et procédés de mise en œuvre des solides divisés.

Cet axe constitue un point fort du centre RAPSODEE, en bonne complémentarité avec les axes 3 et 4. L'intérêt de la recherche menée au sein de cette équipe repose sur la combinaison d'approches expérimentales et du développement de modèles numériques en particulier sur les thématiques mélanges et écoulements, bien complétées par les aspects physicochimie des interfaces qui semblent de mieux en mieux s'articuler avec les études des propriétés d'usages des systèmes granulaires (procédé d'enrobage en voie sèche ...)

L'équipe publie dans des revues de bon niveau international (Powder Technology, Granular Matter, Chemical Engineering Journal). On peut noter une certaine irrégularité dans la production scientifique, en particulier pour les années 2006 et 2007, moins productives que les autres années. On peut noter également que la partie physicochimie des surfaces a renforcé son taux de publication sur l'année 2009.

Le nombre de présentations réalisées au cours de congrès scientifiques est important. Le nombre de congrès correspondant est plus restreint.



L'équipe revendique l'encadrement de 9 thèses, soutenues ou en cours de réalisation, dont 3 en cotutelle ou co-encadrement. Ceci signe une certaine dynamique de recherche et d'interaction avec le monde industriel. Les sources de financement des thésards ne sont pas toujours explicites. On peut se poser des questions sur le nombre de publications ramenées au nombre de thèses qui reste relativement faible. Une attention particulière devrait être apportée à ce point.

Le rayonnement au niveau national et international de l'équipe peut se mesurer aux collaborations avec d'autres centres de recherche (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, LAMSIN de Tunis, School of Materials Science and Engineering de Sydney, Université de Leeds, Université de Tohoku, Université d'Alger ...). Trois conférences sur invitation sont indiquées.

L'équipe est par ailleurs engagée dans des relations contractuelles avec des industriels (Lafarge) ou différentes institutions nationales ou internationales.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Du point de vue de la stratégie globale de l'équipe, les thèmes de recherche semblent assez compartimentés et la communication interne insuffisante. Certains thèmes semblent portés par une seule personne (mélange, rhéologie) ce qui crée une situation de relative fragilité.

Dans la future organisation du centre RAPSODEE, l'équipe sera regroupée dans un ensemble plus vaste correspondant à un axe de recherche « Transports et actions mécaniques sur le solide divisé ». Les thèmes actuellement traités se retrouvent dans cette nouvelle organisation en particulier les aspects de mélange (de façon quasiment inchangée) et de rhéologie des systèmes granulaires, même si ce dernier thème ne fait plus mention des études d'écoulement et d'interaction avec l'air (émissions de poussières et élutriation en LAF). Les caractérisations interfaciales des solides granulaires apparaissent aussi, mais moins comme un thème en soi que comme une étude transversale destinée à mieux comprendre l'enrobage à sec par exemple, ou encore certains effets de cristallisation abordés dans un autre thème intitulé « génération et caractérisation des propriétés des mélanges ». Ce caractère plus transversal est certainement propice à la communication et aux échanges entre les chercheurs.

Une communication transversale renforcée au sein même de l'équipe serait bienvenue. Les outils de modélisation, de caractérisation des propriétés de surface etc. sont souvent des outils communs à plusieurs thèmes aux seins des axes. Ils doivent être bien identifiés afin de faciliter la communication.

- **Appréciation sur le projet :**

Les opérations de recherche qui seront développées dans les années à venir sont présentées dans le projet scientifique selon la nouvelle organisation proposée du centre RAPSODEE. Pour ce qui est de l'ancien axe 6, ces opérations se placent au sein d'un groupe de travail élargi, dans la continuité des actions déjà menées pour le thème « mélange », de façon assez différente pour le thème rhéologie des systèmes granulaires et selon une approche beaucoup plus transversale pour les aspects de physicochimie des interfaces. Ce projet pourrait aller plus loin dans l'originalité et la prise de risque (regroupements thématiques et transversalité et de certaines compétences).

- **Conclusion :**

- **Points forts et opportunités :**

- compétence indéniable sur les sujets traités, conduisant à un bon niveau de publications et de reconnaissance,

- outil technique bien adapté et performant,

- réseau de collaborations bien établi,

- forte capacité à recruter et financer des thésards,

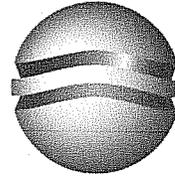
- regroupement dans la nouvelle organisation proposée qui doit permettre des synergies.



– Points à améliorer et risques / Recommandations :

- ressources humaines associées à certaines opérations trop faibles ce qui les rend fragile sur le long terme,
- valorisation scientifique à optimiser avec, en particulier, un renforcement des participations à des congrès internationaux plus variés.

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	A	B	B



ÉCOLE DES MINES D'ALBI
C A R M A U X

Centre RAPSODEE (FRE 3213)

Centre de **R**echerches d'**A**lbi en génie des **P**rocédés des **S**olides **D**ivisés, de l'**E**nergie et de l'**E**nvironnement

Le Directeur

Albi, le 4 février 2010

**Réponse au rapport du comité d'experts de l'AERES sur le
Centre de Recherches d'Albi en génie des Procédés des Solides
Divisés, de l'Energie et de l'Environnement (RAPSODEE)
de l'École des Mines d'Albi-Carmaux, FRE CNRS 3213**

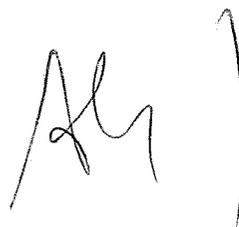
Le personnel du centre RAPSODEE remercie les membres du comité de visite pour le temps consacré à cette évaluation et l'éclairage que leur analyse apporte sur notre laboratoire.

Nous y trouvons un encouragement à maintenir et développer les thématiques qui fondent notre politique de recherche, le génie des procédés des solides granulaires, la thermique et l'efficacité énergétique des procédés et bâtiments, le traitement et la valorisation des déchets et biomasses.

Nous prenons acte que la politique scientifique du centre a été insuffisamment présentée et nous nous permettons d'en ré-exposer les grandes lignes. Le développement de l'Unité se base sur un choix de thématiques ciblées, à fort impact socio-économique, complémentaires à celles d'autres Unités au niveau régional ou national, avec le souci de maintenir un équilibre entre recherche fondamentale et partenariale, à travers entre autres l'Institut Carnot MINES. Elle est fondée sur un partenariat renouvelé avec le CNRS, qui assure une coordination nationale et régionale de la recherche en France. Nous travaillons aussi au renforcement des liens au sein du PRES de Toulouse, notamment dans le cadre des collaborations initiées par les plateformes technologiques GALA et Val-Thera, mais aussi au travers de moyens communs dans le cadre de la fédération de recherche FERMAT, liens

auxquels le CNRS contribue par l'affectation d'ITA. Un effort important sera dédié à valoriser cet ensemble par la participation à des réseaux européens.

Concernant la structuration, la nouvelle équipe de direction est sensible aux remarques faites par le comité de visite. Elles contribuent positivement à la réflexion en cours dans le laboratoire. Nous travaillons dès à présent à un resserrement des axes de recherche pour former deux groupes de recherche, l'un autour des procédés impliquant des solides divisés et l'autre autour de l'énergie, l'environnement et l'efficacité thermique. Notre attention porte en même temps sur le renforcement de la cohérence d'ensemble, en veillant à ce que la structuration nouvelle améliore la communication interne et externe au laboratoire, renforce les synergies entre équipes (accentuation de l'animation scientifique commune, gestion des investissements, communication, émergence d'actions transverses,...). Ce chantier a pour échéance une mise en place effective au 1er janvier 2011.



Alain de RYCK, Professeur
Directeur du Centre de Recherche RAPSODEE

FRE 3213

✉ Campus Jarlard – Route de Teillet – 81013 ALBI CT cedex 09

☎ 05 63 49 30 07 Fax 05 63 49 30 25

Remarques spécifiques

(Page 4) Le personnel du centre RAPSODEE sait gré des appréciations relevées dans la partie "Points forts et opportunités", mais suggère de mentionner également les activités dans le domaine énergétique et environnemental, secteur d'opportunité et fort dynamique en raison du fort impact sociétal.

(Page 5) Dans les données de production, le nombre d'HDR soutenues entre 2005 et 2008 est 5.

(Page 5) Concernant le placement des docteurs, un graphe page 11 de la partie bilan indique la répartition de la promotion 2007-2008 en fonction du secteur d'emploi. La durée moyenne des thèses est de 39 mois.

(Page 5-6) Les ratios de chiffre d'affaire contractuel correspondants aux activités de recherche et de prestations de service sont respectivement de 95 % et 5 %.

(Page 10) Dans la description de ses activités, les membres de l'axe 5 souhaitent que le laboratoire TREFLE soit mentionné au même titre que laboratoires PROMES et LAPLACE pour les collaborations.