



HAL
open science

Génie des procédés pour l'environnement, l'énergie et la santé

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. Génie des procédés pour l'environnement, l'énergie et la santé. 2010, Conservatoire national des arts et métiers - CNAM. hceres-02031233

HAL Id: hceres-02031233

<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031233>

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 :

Génie des Procédés pour l'énergie, l'environnement et
la santé

sous tutelle des
établissements et organismes :

Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)

CEMAGREF

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 :

Génie des Procédés pour l'énergie, l'environnement et
la santé

Sous tutelle des établissements et
organismes :

Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)

CEMAGREF

Le Président
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



Unité

Nom de l'unité : Génie des Procédés pour l'énergie, l'environnement et la santé

Label demandé : EA

N° si renouvellement : 21

Nom du directeur : Mme Catherine PORTE

Membres du comité d'experts

Président :

M. Denis MAILLET, INP de Lorraine Nancy

Experts :

Mme Christine FRANCES, CNRS Toulouse

M. Eric FAVRE, INP de Lorraine Nancy

M. Alain Le BAIL, ONIRIS Nantes

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

M. Christophe GOURDON, représentant le CNU

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. Ali SAIB, Directeur de la recherche au CNAM

M. Antoine BEVORT, Président de la commission de la recherche au CNAM

M. Philippe DUCHENE, Chef du département écotechnologies du CEMAGREF



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite du Laboratoire s'est effectuée toute la journée du 4 mars 2010, dans les locaux du CNAM. Le programme prévu a pu être tenu, y compris la visite des installations expérimentales, grâce à la mobilisation et à l'adaptabilité de l'ensemble des membres de l'unité.

Le Comité a apprécié les conditions d'accueil et l'organisation de cette visite.

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

L'unité a été créée vers 1960, à partir d'une chaire CNAM. Elle était initialement spécialisée en chimie organique industrielle. Elle a ensuite évolué, du fait du regroupement de plusieurs équipes du CNAM, vers la chimie industrielle et le génie des procédés, l'électrochimie industrielle et la biochimie industrielle et agro-alimentaire, pour devenir le Laboratoire de Génie des Procédés en 1997. L'équipe de biochimie la quitte alors pour s'associer à l'INRA et il en est de même de l'équipe d'électrochimie, du fait d'un autre regroupement. Le laboratoire de Productique Chimique de l'Université d'Orléans rejoint l'unité en 1998 et l'ensemble est reconnu comme Laboratoire de Chimie Industrielle Génie des Procédés (EA21) début 2000. Depuis lors, la composante énergétique de l'unité est constituée par le laboratoire du froid et celui de turbomachines et moteurs (Saint-Cyr-l'Ecole). A la demande de l'Université d'Orléans et malgré une collaboration fructueuse avec le site parisien, la composante orléanaise quitte l'unité en 2008 pour rejoindre un institut de chimie, l'ICOA, de cette université. Enfin en 2009, l'équipe ENEFRI du CEMAGREF (5 chercheurs/ingénieurs, Antony) vient renforcer la composante froid de l'unité.

Actuellement, le laboratoire est structuré en deux axes, génie des procédés chimiques et génie des procédés énergétiques, et son activité se déroule sur trois sites: CNAM Paris (chaires de Chimie industrielle-génie des procédés, et de froid industriel et machines et moteurs), Saint-Cyr-l'Ecole (essais moteurs) et CEMAGREF Antony.

- Equipe de Direction :

Elle est constituée du directeur, Madame Catherine Porte, auquel doit succéder au 1^{er} janvier 2011 Monsieur Georges Descombes.



- 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)	10	10
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	2
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	1	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	12,75	12,75
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	2	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	17	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global :

L'unité a eu à faire face, pendant la décennie écoulée, à de nombreuses restructurations, le plus souvent subies. Elle a atteint un certain équilibre et a su se renouveler par des recrutements externes de jeunes enseignants-chercheurs et par l'intégration d'une équipe du CEMAGREF aux compétences complémentaires. Son positionnement sur plusieurs créneaux porteurs lui assure une activité contractuelle forte, soit en direct avec l'industrie, soit par sa participation à différents programmes de recherche publique. Sa production scientifique est bonne. Elle possède l'originalité de s'asseoir sur une double compétence, en génie des procédés chimiques et énergétiques. Il lui faut maintenant construire une véritable politique scientifique lui permettant de mieux valoriser ses domaines d'expertise en dégageant des thématiques transverses fédératives permettant à la fois une meilleure synergie et une sélection plus volontariste de ses recherches partenariales. Il est donc capital que les départs probables dans le prochain quadriennal soient remplacés au moins numériquement pour que cet objectif soit atteint.

- Points forts et opportunités :

Les thématiques principales couvertes par les deux équipes de l'unité (génie des procédés et énergétique) sont complémentaires ; leur association dans un même laboratoire donne un caractère original et unique à l'échelle nationale, et présente un très grand intérêt dans le contexte actuel. Cependant, une collaboration étroite entre les équipes, appuyée par une politique scientifique incitative visant à promouvoir les collaborations entre ces deux pôles de compétences, est indispensable pour en tirer la valeur ajoutée.

L'équipe dispose, d'une manière générale, de jeunes enseignants chercheurs, motivés et compétents, présentant un réel potentiel sur des thématiques à fort enjeu (par exemple : génie des procédés appliqué aux substances d'origine végétale, réactions à haute température, procédés de capture du CO₂, efficacité énergétique...).



L'arrivée d'une nouvelle équipe dans le domaine de l'énergétique (Cemagref) donne une taille critique à cette thématique et renforce la cohérence de l'unité.

La présence de nombreux personnels BIATOS qualifiés et expérimentés (9 ingénieurs pour 14 enseignants chercheurs) offre un réel potentiel à la réalisation des travaux de recherche (qui fait appel à de nombreux bancs de mesure et montages expérimentaux), mais pose la question de la fonction et du positionnement des ingénieurs quant aux projets.

On peut s'interroger sur l'opportunité de placer le mot santé dans le titre de l'Unité. L'unité ne travaille pas sur la santé en tant que telle, mais sur la fabrication et sur les procédés conduisant à la production de molécules ou de produits pouvant porter potentiellement des bénéfices à la santé. Un mot-clef, du type biotechnologies ou autre, serait peut être plus approprié et plus en accord avec le corps de l'activité de l'EA.

- Points à améliorer et risques :

Il pourrait être intéressant de regrouper en un même lieu les activités frigorifiques qui offrent une lisibilité et une cohérence importante au groupe (localisation Enerfri). On ne perçoit pas de projet scientifique très innovant dans le domaine frigorifique ; cependant, l'approche système et la vision intégrative des systèmes associant les aspects énergétiques est à conforter.

La dispersion géographique de l'unité, présente sur trois sites distincts, peut contribuer à un cloisonnement et constituer un frein aux collaborations. Il semble qu'il n'y ait actuellement peu de rencontres physiques entre les intervenants des différents sites.

D'une manière générale, les projets de recherche sont plutôt pilotés par la demande industrielle et présentent une connotation technologique marquée. Si cette caractéristique est en parfaite adéquation avec la mission du CNAM, une politique de recherche s'appuyant systématiquement sur ce principe peut conduire à une trop grande dispersion des travaux et risque de ne pas s'attaquer suffisamment aux verrous scientifiques sous jacents. Cependant, plusieurs exposés des recherches en cours présentés lors du comité de visite ont montré la richesse des problèmes scientifiques de fond qui leur sont associés (par exemple : écoulements polyphasiques en injection, thermique appliquée aux milieux poreux, couplage hydrodynamique et transitions de phase en cristallisation...).

- Recommandations au directeur de l'unité :

L'unité est positionnée sur des thématiques actuellement très porteuses, notamment l'utilisation de l'énergie et les procédés qui lui sont associés : production et utilisation du froid, machines motrices, capture du CO₂. Sur la scène française, les laboratoires universitaires compétents sur cette thématique se comptent sur les doigts d'une main et rares sont ceux qui rassemblent à la fois les compétences en énergie et en génie des procédés. Cette double compétence ne doit absolument pas être vue comme un inconvénient (l'argument d'une dispersion) mais au contraire comme un atout. Une conséquence de ce positionnement original est le fait que les chercheurs et enseignants-chercheurs sont très sollicités par la demande industrielle : il est impératif qu'ils puissent conditionner leur réponse à une politique scientifique pré-définie en interne, pour éviter toute dispersion. Un autre enjeu est de bien différencier ce qui est du ressort de l'expertise, fondée sur le vécu de chercheurs seniors qui peuvent effectivement faire bénéficier le secteur aval de leur savoir, en cohérence avec la vocation spécifique du CNAM, mais sans engagement matériel du laboratoire, des véritables actions de recherche issues d'une politique scientifique vraiment assumée.

Du fait d'une distribution bimodale des âges, qui résulte à la fois de l'histoire de l'équipe, dont le périmètre a évolué de façon assez radicale du fait de la volonté des tutelles, et d'un recrutement volontariste de jeunes enseignants-chercheurs motivés, l'équipe se trouve actuellement à la croisée des chemins.

Il est évident que le ou les recrutements prochains de professeurs, destinés au minimum à un remplacement numérique des partants, aura un caractère stratégique pour l'avenir de l'équipe : il est indispensable de soutenir le recrutement de chercheurs compétents en froid et transferts et en génie des procédés, afin que la politique scientifique puisse être renforcée, sur les deux piliers correspondants de l'équipe.

Le nombre d'études doctorales en cours (20) rend par ailleurs nécessaire un accroissement du nombre de chercheurs Habilités à Diriger les Recherches dans l'unité (5 actuellement).



- Données de production :

(cf. http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Enspts-Chercheurs.pdf)

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	6
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,75
Nombre d'HDR soutenues	0
Nombre de thèses soutenues	16
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...)	

3 • Appréciations détaillées :

Intitulé de la thématique : Génie des procédés chimiques

Les recherches menées par le laboratoire sur le Génie des procédés chimiques couvrent une large palette. Elles sont relatives aux réacteurs polyphasiques, à la cristallisation et à la valorisation des phytomolécules. Elles reposent ainsi d'une part sur des compétences du laboratoire déjà anciennes et bien établies comme la cristallisation ou l'extraction, mais elles englobent d'autre part des thèmes de recherche plus récemment développés au sein de la structure comme les procédés de traitement des effluents liquides ainsi qu'un nouveau thème portant sur les fours tournants. La grande majorité des projets relevant du génie des procédés chimiques s'inscrit dans la thématique générale visant à analyser l'impact des procédés sur l'environnement et/ou la santé. Ces orientations, très porteuses au plan national comme au plan international, garantissent au laboratoire un soutien important de la part de l'industrie et des institutions académiques au niveau régional ou national.

D'une manière générale, les recherches menées sont pertinentes et de bonne qualité. D'une part, les thématiques s'inscrivent bien dans la continuité des compétences acquises depuis de nombreuses années en matière de chimométrie, de techniques séparatives (extraction, cristallisation, adsorption) et d'autre part, certaines autres plus récentes proviennent du resourcement lié au recrutement de jeunes enseignants-chercheurs qui apportent leur savoir-faire issu de leur formation doctorale (fours tournants, traitement des effluents). Le laboratoire aborde donc une importante période de transition. L'originalité de certains des travaux (caramélisation, extraction du resvératrol, ...) menés dans un contexte de partenariat industriel se traduit par une politique de protection intellectuelle (accords de confidentialité et dépôt de brevets). La bonne insertion professionnelle des docteurs est aussi le reflet d'une bonne adéquation des travaux avec la demande industrielle et de la bonne qualité des résultats obtenus.

Sur la période concernée par ce rapport, on note un nombre important de thèses de doctorat relatives au domaine du génie des procédés chimiques (9 thèses soutenues et 5 thèses en cours) pour 5 enseignants-chercheurs (dont 2 HDR). Corrélativement, sur le dernier quadriennal, la production scientifique sur ces différents aspects avec 12 publications dans des revues à comité de lecture (ACL) dans des journaux de bon rang (Separation purification technology, Bioresource technology, ...), s'est avérée satisfaisante, bien que inégalement répartie selon les thèmes. En effet, certains thèmes de recherche, comme la cristallisation ont été ces dernières années fortement marqués par des collaborations avec l'industrie (SNPE, Sanofi-Aventis, ARD-Soliance, ...) sur des sujets très porteurs mais sur



lesquels les règles sévères de confidentialité n'ont pas autorisé la publication dans des revues. Des travaux à caractère plus académique, relatifs au traitement d'effluents et à la valorisation de phytomolécules, ont au contraire conduit à une importante production scientifique de type ACL. On note par ailleurs très peu de communications avec actes dans des congrès internationaux (4), 19 communications avec actes dans des congrès nationaux (dont 11 RPPG).

Les relations contractuelles constituent une activité régulière du laboratoire, la recherche technologique étant une tradition propre au CNAM. Les soutiens industriels se traduisent notamment par des bourses CIFRE et des contrats d'accompagnement. On peut citer comme partenaires : Anjou recherche, Sanofi-Aventis, AREVA, ARD.

Bien que le laboratoire ait été amputé en 2008 de l'équipe du Laboratoire de Productique Chimique de l'Université d'Orléans, il continue à entretenir d'étroites collaborations avec cette équipe, ce qui lui permet de conforter son positionnement notamment autour de l'extraction de composés à partir de végétaux. En outre, il a bénéficié du recrutement récent d'un enseignant-chercheur sur la thématique du génie des procédés chimiques. Plusieurs personnels BIATOS exercent également leur activité dans ce domaine, renforçant ainsi le potentiel humain de l'équipe.

On peut noter toutefois 3 conférences invitées de la composante orléanaise dans des colloques nationaux.

L'équipe réussit à se montrer attractive vis-à-vis des doctorants. Le rattachement à l'école doctorale Génie des Procédés et Techniques Avancées permet le financement de quelques thèses.

Les relations internationales ne sont pas très nombreuses.

Les perspectives de recherche annoncées par l'axe génie des procédés chimiques concernent l'ensemble des sujets de recherche conduits ces dernières années avec également l'émergence d'un nouveau thème, récemment initié, sur les fours tournants appliqués à la conversion de l'uranium. Les risques encourus par le développement de cette nouvelle thématique sont toutefois modérés compte tenu d'une part du contexte de ce travail, développé dans le cadre d'une collaboration avec la Société Areva et d'autre part de l'absence quasi-totale d'autres équipes de recherche travaillant sur cette thématique au niveau national. En outre, l'étude des transferts thermiques dans les milieux gaz-solide engagée sur ce procédé particulier a une portée beaucoup plus générale et générique et pose les fondements d'une recherche originale à engager sur les transferts couplés (matière, chaleur) en milieu polyphasique comprenant une phase solide.

Du fait de la faible taille de l'équipe, la pérennisation de l'ensemble des thèmes de recherche semble difficile. En phase avec une recherche très axée sur les applications industrielles, le laboratoire se doit également de consolider ses acquis fondamentaux, notamment en cristallisation, au travers de travaux plus académiques et valorisables sous la forme de publications dans des revues à comité de lecture. Afin d'asseoir son positionnement dans la communauté française du génie des procédés on ne peut qu'encourager le laboratoire à privilégier des sujets sur des thèmes porteurs et spécifiques sur lesquels il pourra afficher une compétence propre. Dans ce sens, l'étude du procédé de caramélisation actuellement en cours est assez exemplaire, car elle constitue un thème de recherche très riche sur de nombreux aspects scientifiques et technologiques tout en ouvrant sur des perspectives applicatives qui pourraient s'avérer intéressantes à plus long terme.

Plus généralement, ces perspectives offrent aussi l'opportunité de rassembler les deux axes « génie des procédés » et « énergétique » sur des thématiques communes.

Intitulé de la thématique : Génie des procédés énergétiques

Les recherches effectuées par le laboratoire en génie des procédés énergétiques concernent à la fois les systèmes frigorifiques (réfrigération, conditionnement d'air), le captage du CO₂ et les moteurs.

Dans le domaine des systèmes de production de froid, le travail réalisé s'appuie sur des collaborations pertinentes et sur une approche couplant l'étude des composants d'une machine et une étude système intégrative. L'approche « système » a acquis une notoriété nationale, et le renforcement récent de l'EA par l'arrivée du groupe ENERFRI (ENERgétique des installations FRigorifiques) du Cemagref est un point fort. Il y a de toute évidence des opportunités à développer avec les équipes utilisant le froid (en interne en cristallisation, en externe dans les domaines de la chimie ou de l'agroalimentaire). L'approche menée sur les frigoporteurs et en particulier sur les hydrates offre à la fois une originalité et une pertinence scientifique prometteuse.



La thématique de maîtrise des effluents (émissions des systèmes frigorifiques, captage du CO₂) est emblématique du potentiel et de l'originalité de l'équipe dans le paysage national. Le volet portant sur l'étude de l'effet Oasis, visant à modifier l'impact actuel des sources thermiques générés par les condenseurs des systèmes frigorifiques est certes intéressant, mais on peut s'interroger sur l'aspect forcément un peu centrifuge de ce type de recherches, qui relève plutôt du secteur des Sciences de l'Univers, pour une équipe à effectif encore faible.

La thématique "Turbomachines et moteurs" correspond à une compétence reconnue d'une vingtaine d'années dans l'expérimentation, la modélisation et la simulation des systèmes de suralimentation des machines thermiques, en collaboration avec l'industrie. Elle s'appuie sur la plate-forme de caractérisation expérimentale et moteurs de Saint-Cyr l'Ecole. Cette activité de recherche plus technologique, qui nécessite un continuum entre recherche de base et recherche finalisée, n'est actuellement plus très présente dans le paysage français de la recherche universitaire et a donc toute sa place ici.

La production scientifique de l'axe génie énergétique se traduit notamment par 38 publications ACL dans des journaux à comités de lecture (International J. of Refrigeration, Chemical Engineering and Processing, Energy Conversion and Management, ...). L'effort pour améliorer la production de la thématique "moteurs" est à poursuivre.

Cette production scientifique et le nombre de thèses (7 soutenues sur 4 ans et 12 en cours) est conforme à la taille de cet axe. Les travaux sur la thématique du froid ont été valorisés de manière systématique dans les congrès de l'IIR (International Institute of Refrigeration), ce qui est une bonne chose.

Les relations contractuelles de la composante "Moteurs" de l'axe sont nombreuses: ONERA, ANR avec l'EMP, projets FUI avec Valeo et Renault, ANR PREDIT ADEME, études pour PSA et CETIM, thèse CIFRE avec Total. Il en est de même pour la thématique "Systèmes frigorifiques", qui a développé des coopérations avec Airbus, Nexter et qui participe à plusieurs ANR (adsorption, nouveaux réfrigérants, architecture des systèmes) et à différents programmes (ADEME, Programme Energie).

Les projets, pour certains réalisés dans le cadre de programmes nationaux (ANR, ADEME), se traduisent par une politique de publication de qualité, en particulier pour les activités touchant au procédé de captage par adsorption et aux hydrates. La poursuite des actions devrait être encouragée car elle permet de mutualiser les compétences en génie des procédés et en énergétique (systèmes frigorifiques, efficacité) autour d'un enjeu technologique majeur. Par ailleurs, la problématique présente de nombreux verrous scientifiques (adsorption d'une fumée humide ou cinétique de la formation d'hydrates par exemple), qui nécessitent des travaux fondamentaux et dont la résolution est indispensable à la maîtrise des procédés. Les projets en cours (injection de sprays d'huile ou production de froid par sorption) continuent à associer des enjeux de génie des procédés et d'énergétique et devraient de ce fait jouer un rôle structurant tout en contribuant au positionnement de l'équipe dans le paysage national. Ils comportent en outre des aspects scientifiques très intéressants. L'équipe ENERFRI se retrouve dans un nouvel environnement favorable tout à fait complémentaire à ses activités.

Au niveau de relations internationales, des échanges de chercheurs existent avec la Roumanie, sur la suralimentation de moteurs thermiques et les taux de compression variables (Université Polytechnique de Bucarest, Université de Pitesti). En ce qui concerne les procédés frigorifiques, les étudiants sont rattachés à des projets ADEME ou ANR en majorité. On ne voit pas de flux d'étudiant étrangers.

L'équipe ENERFRI a connu un certain succès en ce qui concerne les bourses de thèses et appels d'offres nationaux. Le volume de contrats et de projets est en accord avec la taille de l'équipe. Les collaborations à prévoir au sein de l'EA sur le domaine des installations frigorifiques devraient permettre de renforcer ce pan d'activité.

A ce jour, l'équipe participe à un projet Européen CAFE et a été ou est impliquée dans un projet ADEME, un projet CNRS et un projet ALIA (SIMPFR) ; on peut donc considérer que cela est conséquent compte tenu de la taille de l'équipe (même si SIMPFRI concernait aussi d'autres équipes du Cemagref). L'équipe est impliquée de manière significative dans l'animation d'un groupe de l'IIF sur les coulis. Un de ses membres préside l'atelier « Phase Change Material and Slurry » au sein de l'IIF (Institut International du Froid). Elle organise la conférence annuelle de l'Institut International du Froid : réduction de la charge, coulis de matériau à changement de phase. Il y aurait peut être des opportunités de collaboration à développer sur les frigoporteurs et les hydrates en particulier au sein du réseau de l'IIR.

Au niveau de la valorisation, l'équipe ENERFRI a déposé un brevet français (2007) ; il en est de même pour l'équipe Moteurs (1 brevet français 2006 et 1 roumain 2009). L'axe Génie Énergétique de l'unité a publié, sur la période considérée, plusieurs articles didactiques en encyclopédie (Turbines centripètes aux Techniques de



l'Ingénieur) ou livres sur le froid industriel et la thermodynamique (trois ouvrages, Dunod). Un membre de l'équipe participe aux enseignements de l'IFP School.

L'orientation affichée des recherches en génie énergétique concerne d'abord l'efficacité énergétique des systèmes thermiques:

- utilisation d'une approche système sur le fonctionnement des composants des systèmes à compression mécanique de vapeur et sur des innovations de fonctionnement (utilisation de sprays en interne et en externe) et le pilotage et la supervision de tels systèmes (techniques évoquées de réduction de modèle), en allant jusqu'au diagnostic (méthodes non intrusives de détection de défauts). Ce volet inclut également la thématique du stockage, avec la production combinée chaleur/froid en utilisant les énergies renouvelables intermittentes, telles le gisement solaire (systèmes à adsorption);

- l'hybridation et la polygénération des moteurs thermiques et turbocompresseurs, avec prise en compte des intermittences et des échanges thermiques avec l'extérieur.

Un deuxième volet se rattache à la maîtrise des effluents, avec deux aspects:

- la réduction des émissions des systèmes frigorifiques (réduction de charge, systèmes à CO₂, condenseurs basés sur la mini-fluidique, utilisation de coulis de glace ou d'hydrates);

- la réduction des émissions directes des machines thermiques (carburants alternatifs, captage du CO₂ en post-combustion).

Remarques sur le projet:

1) Concernant les fluides frigoporteurs, le projet semble s'élargir aux problèmes d'écoulement, de stabilité et d'utilisation des coulis d'hydrates. C'est un aspect important mais il serait sans doute opportun de centrer les efforts sur la production des coulis compte tenu de la taille de l'équipe et de l'importance de cette phase qui semble bien maîtrisée par l'équipe. Des collaborations concernant les écoulements pourraient être recherchées au niveau national.

2) La thématique sur les moteurs thermiques et leurs auxiliaires est actuellement tirée vers l'aval, du fait des compétences et des moyens disponibles dans l'équipe. Comme cette demande industrielle est forte, il est impératif d'adapter le nombre de thèmes de recherche à la taille de cette dernière pour éviter toute dispersion. Certains des travaux sont plus du ressort de l'expertise, fondée sur les acquis de l'expérience, en pleine cohérence avec la vocation spécifique du CNAM. Il faut donc veiller à faire émerger des thématiques amont, si possible en synergie avec les autres travaux de l'unité (captage du CO₂ par adsorption par exemple). Ces dernières seraient alors plus aisément valorisables dans un cadre académique et permettraient une recherche à la fois plus équilibrée et plus visible. Un rapprochement avec non seulement des spécialistes de la thermodynamique-énergétique, mais également avec la communauté des thermiciens et des transferts (SFT) irait également dans ce sens.

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

La gouvernance d'ensemble de l'unité et les modalités de mise en œuvre de la politique scientifique (définition des priorités, mesures incitatives pour promouvoir les collaborations...) gagneraient à être clarifiées.

La multiplicité des sites (Paris, Antony, Saint-Cyr) constitue naturellement une contrainte réelle qui rend l'animation scientifique en continu plus difficile. Elle doit être surmontée suivant des modalités qui incombent à la direction de l'unité et qui ne sont pas uniques: séminaire périodique, concentration des moyens sur Antony ou Paris pour l'activité froid, voire un regroupement ultérieur sur le futur site de Saint-Denis.

Il serait en outre souhaitable de multiplier les rencontres internes entre ENERFRI et la composante CNAM de l'EA 21.

L'implication dans les formations de IFFI (Institut de Formation en Froid Industriel), qui est une vitrine nationale majeure est évidente et importante. Un des membres de l'équipe en assure la présidence. Les membres du laboratoire interviennent par ailleurs dans de multiples structures d'enseignement. Des coopérations et des publications communes existent avec des laboratoires et les universités de la région.



- **Appréciation sur le projet :**

Bien que s'appuyant sur un nouveau contexte en terme de personnel et de structure (arrivée de l'équipe Cemagref), le projet présenté s'inscrit globalement dans la continuité. Une façon de dégager des thématiques transverses à plusieurs projets de recherche différents serait de réactiver un comité scientifique tel que cela a déjà été fait en 2008. L'adsorption, les transferts chaleur/masse en milieu diphasique ou poreux ou, dans une moindre mesure, la dynamique et la thermique des sprays, pourraient constituer autant de thèmes fédérateurs.

Une politique claire sur les affectations des moyens, qui dépasserait le simple souhait légitime de poursuivre les activités et le dépôt de projets, reste à définir. Elle pourrait émerger à partir de l'identification de verrous communs rencontrés par les différentes équipes.

L'équipe ENERFRI doit être plus clairement intégrée dans l'EA ; cela devrait se concrétiser à l'avenir par des projets communs. Il y a par ailleurs et de toute évidence des couplages à développer entre la production de froid et les travaux sur la cristallisation en génie chimique.

Concernant l'activité frigoporteur, on ne décèle pas d'innovation ou de stratégie d'innovation majeure ; la thématique en cours sur les hydrates reste cependant innovante et prometteuse et il serait intéressant de pouvoir transférer et appliquer les résultats de la recherche au niveau de l'application industrielle.

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

Paris, le 15 avril 2010

Le Directeur de la Recherche

à

Monsieur Pierre Glorieux
Directeur de la section des unités de
recherche
Agence d'Évaluation de la Recherche et de
l'Enseignement Supérieur
20 rue Vivienne
75002 PARIS

Réf : DR/2010-048

Monsieur le Directeur,

Je vous remercie pour l'envoi du rapport du comité de visite concernant l'unité de recherche « Génie des procédés pour l'environnement, l'énergie et la santé » (EA 21).

Vous trouverez ci-joint un document relatant les observations faites à ce sujet.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de toute ma considération.



Ali Saïb
Directeur de la Recherche
Cnam
292 rue Saint-Martin
75141 PARIS CEDEX 03

Veillez trouver ci-dessous les éléments de réponse concernant le rapport sur l'unité « Génie des procédés pour l'environnement, l'énergie et la santé » (EA 21) de Georges Descombes (Directeur CQ 2011-2014) et Catherine Porte (Directrice CQ 2007-2010):

- 1) L'équipe de direction de l'EA21 a omis de préciser que quatre réunions scientifiques ont été organisées en 2009 avec les doctorants et les encadrants pour le génie énergétique sur les sites du CNAM Paris et du CEMAGREF Antony auxquelles des membres de la composante génie des procédés chimiques ont participé.
- 2) Un groupe de travail sera créé afin d'organiser les actions fédératives à mettre en place entre les deux composantes génie chimique et génie énergétique.