



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur
l'unité :

Laboratoire de sécurité des procédés chimiques (LSPC)
sous tutelle des
établissements et organismes :

INSA de Rouen

Université de Rouen

Novembre 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 de sécurité des procédés chimiques (LSPC)
sous tutelle des
établissements et organismes :

INSA de Rouen

Université de Rouen

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Novembre 2010



Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques

Label demandé : EA

N° si renouvellement :

Nom du directeur : M. Bechara TAOUK

Membres du comité d'experts

Président :

M. Michel SARDIN, INPL-ENSIC, Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, Nancy

Experts :

Mme Wassila BENAÏSSA, INERIS - Risques accidentels, Verneuil-en-Halatte

M. Michel CABASSUD, Université Paul Sabatier-IUTA, Laboratoire de Génie Chimique, Toulouse

M. Christian JALLUT, Université de Lyon 1, Laboratoire d'automatique et de Génie des Procédés, Villeurbanne, au titre du CNU

M. Francis STOESSEL, Institut suisse de la promotion de la sécurité (SWISSI), Bale, Suisse

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Christophe GOURDON

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

Mme Nicole ORANGE, Vice-Présidente du CS de l'Université de Rouen

M. Xavier PANNECOUCKE, Directeur R&D INSA-Rouen

M. Jean-Louis BILLOET, Directeur de l'INSA-Rouen



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite a eu lieu le 24 novembre 2010 sur le site de l'INSA à Rouen (St Etienne de Rouvray). Le comité de visite s'est réuni à huis clos à 8h00 pendant une demi-heure avant de rencontrer les représentants des tutelles : le directeur et le directeur de la recherche de l'INSA, et la vice-présidente du Conseil Scientifique de l'Université de Rouen. A 9 heures le Directeur du laboratoire a présenté publiquement le bilan de l'unité, puis les responsables des 2 axes thématiques ont exposé leurs travaux de recherche et leur projet scientifique. Après une discussion de 45 minutes, une visite des installations et des nouveaux locaux a été organisée. Puis à midi le comité a reçu hors de la présence de la direction et des responsables thématiques, successivement les enseignants-chercheurs, les IATOS (2) et les Doctorants (5). Après un repas pris en commun sur place avec les membres du laboratoire, le Directeur a présenté au comité son projet de laboratoire. S'en est suivie une discussion en comité restreint avec l'équipe de direction, avant la séance de rédaction du rapport à huis-clos. La visite s'est terminée à 17h15. Le comité a apprécié la qualité des présentations et des documents fournis, la franchise des discussions et l'accueil offert au comité.

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

Le Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques (LSPC) est issu du regroupement de deux équipes de recherche travaillant dans le domaine du génie des procédés et appartenant respectivement à l'INSA de Rouen et à l'Université de Rouen (IUT). Il est soutenu par les deux établissements à travers un PPF, l'INSA étant la tutelle principale. Ce regroupement s'inscrit en appui à la formation avec la création à l'INSA du département MRIE (Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux, reconnu par la CTI en 2008 avec label européen) et du Master SPIMR (Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques) à l'université de Rouen et dans un nouveau contexte régional favorisant l'émergence de la thématique gestion des risques industriels et écologie industrielle.

Les compétences des deux établissements en génie des procédés sont ainsi regroupées autour de la sécurité des procédés, thème de recherche historique du laboratoire, et de l'intensification qui est abordée principalement à travers les procédés sous microondes, le captage de CO₂ et la séparation membranaire.

Dans le cadre du regroupement de l'INSA sur le site de Saint Etienne du Rouvray, le laboratoire a vécu, en octobre 2009, le déménagement de toutes ses installations de Mont Saint Aignan vers ses nouveaux locaux modernes et fonctionnels (938 m²). Le scénario initialement imaginé de rapprochement avec le laboratoire TIMR de l'UTC a finalement été abandonné, suite à l'évolution récente de l'UTC, au profit d'un recentrage rouennais visant à examiner l'éventualité et les conditions d'une intégration à terme à l'UMR CORIA.

- Equipe de Direction :

Le LSPC a été dirigé, transitoirement en attendant le recrutement d'un professeur, pendant la période 2007-2009, par le Professeur M. Francis MARSAIS de l'Unité de Recherche COBRA UMR 6014 (Chimie Organique Bioorganique Réactivité Analyse). Depuis le 15 octobre 2009 le laboratoire est dirigé par le Professeur M. Bechara TAOUK, suite à son recrutement à l'INSA de Rouen en septembre 2009.



- 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)	11	13
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 y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	3	3
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0,5	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

Il s'agit d'une unité qui s'est constituée à la fois sur les compétences d'équipes d'enseignants chercheurs et la volonté des établissements, des collectivités locales, et des industriels de voir se développer à Rouen une unité de recherche de haut niveau dans le domaine de la sécurité des procédés. L'ensemble s'est aujourd'hui restructuré et mérite d'apparaître en tant que tel dans le paysage du génie des procédés français. Le projet développé s'appuie en grande partie sur des actions existantes et déjà engagées, qui bénéficient du soutien d'industriels ou d'EPIC. L'ensemble des personnels est motivé et bénéficie d'un soutien affirmé des deux établissements de tutelle qui font de ce laboratoire une unité stratégique. Le projet reste à affiner pour lui donner un liant. En particulier l'unification des démarches devrait créer les synergies nécessaires au positionnement de l'Unité au niveau national et international dans un domaine souvent délaissé aux seuls centres de recherche industrielle. La production scientifique, même si elle reste modeste, est issue de la plupart des enseignants-chercheurs membres de l'unité.

- Points forts et opportunités :

Les points forts de l'unité reposent sur la qualité des équipements et des moyens mis en place. La nouvelle direction, arrivée récemment, a pris la situation en main et elle a su susciter l'adhésion de l'ensemble des personnels, démontrant une volonté des acteurs de travailler ensemble, de s'affirmer d'une manière disciplinaire et d'afficher un fort sentiment d'appartenance à cette unité. Tous les acteurs (EC, IATOS, ..) sont impliqués. De nouvelles opportunités scientifiques ont été dégagées par le développement de l'axe 2 sur l'intensification des procédés. L'unité participe dans cet axe à un COST européen. L'unité par son positionnement à l'INSA bénéficie d'une reconnaissance de ses enseignants chercheurs dans la communauté scientifique et industrielle. Elle bénéficie de locaux regroupés et rénovés, et de la proximité de laboratoires reconnus en sciences chimiques et sciences de l'ingénieur.

- Points à améliorer et risques :

La faiblesse de la production scientifique reste un handicap pour l'émergence de cette unité au niveau que mériterait la qualité de ses travaux et de ses personnels. La surcharge d'enseignement et le faible encadrement



technique augmentent notablement le temps de publication, les installations expérimentales étant pour certains domaines assez lourdes.

Le projet scientifique nécessite d'être mieux orienté et positionné. Il faut en dégager l'originalité par rapport à ce qui se fait ailleurs et améliorer la coordination des travaux. Le projet fourmille d'idées dispersées qui nécessiteraient une mise en musique claire et dégageant des axes fondamentaux au delà des opportunités. Les micro-ondes apparaissent comme un axe thématique bien structuré malgré les risques scientifiques et technologiques qu'il représente.

Le comité n'est pas favorable à une intégration de l'unité dans le CORIA, sans une garantie d'affichage clair. Il y voit un danger de dissolution dans une structure plus large qui risque de faire perdre son âme à cette petite unité et de ne pas permettre l'affirmation de la discipline Génie des Procédés - Maîtrise des risques très importante pour la stratégie des établissements dans le contexte industriel local.

- **Recommandations :**

Au niveau de la Direction de l'unité, il est recommandé de faire un plan d'actions pour répondre aux points à améliorer, pour favoriser le recrutement de doctorants, et se positionner parmi les équipes françaises du domaine, en choisissant des domaines de spécialisation.

Les outils remarquables développés en identification paramétrique et stabilité thermique sont à réunir sur un exemple industriel. Pour continuer à développer de nouveaux outils dans ce domaine où les non linéarités peuvent être très fortes, il serait bon que des contacts soient pris avec une équipe d'automaticiens.

La construction du conseil scientifique est un élément important de l'affirmation de la structure. Il faut l'élargir au delà du CORIA en y intégrant au moins un membre du laboratoire COBRA afin de maintenir les excellentes relations avec la chimie.

Une affirmation de l'unité au niveau français pourrait passer par exemple par l'animation d'un groupe de travail avec les industriels sur l'utilisation de la calorimétrie dans le domaine de la sécurité des procédés.

- **Données de production :**

(cf. 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	13
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	1.00
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	0
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	11

3 • **Appréciations détaillées :**

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

Le laboratoire offre une production scientifique certes modeste mais de qualité (les articles publiés le sont dans de bonnes, voire très bonnes revues de génie des procédés) sur des sujets pour certains très pertinents. Son activité étant tournée sur le développement de méthodes, les travaux expérimentaux portent sur des systèmes réactionnels bien connus et/ou largement étudiés mais permettant de se concentrer sur la faisabilité des méthodes. Si



tous les personnels peuvent être comptés comme produisant au sens des critères individuels de l'AERES, il n'en reste pas moins que la production globale du laboratoire reste modeste. Il est à noter que les EC sont pour la plupart accaparés soit par de lourdes tâches administratives (direction de départements INSA-IUT ou d'IUT) soit par des tâches d'enseignement tout aussi lourdes (peu de vacataires et beaucoup de besoins : 2 départements INSA, 2 départements IUT). Les relations contractuelles sont intéressantes avec l'IFP et Veolia, mais essentiellement opportunes dans le cadre d'allocations CIFRE.

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

A l'exception du domaine de l'intensification des procédés par micro-ondes, l'unité n'a pas encore acquis une visibilité internationale voire nationale. On sent l'émergence au sein de l'axe 2 de quelques travaux à fort potentiel qui se manifeste par des liens industriels et des collaborations de recherche nationales et internationales en cours de développement. L'axe 1 garde historiquement une image forte à l'unité mais se doit de se rendre plus attractif. Il y a globalement une dynamique positive de l'ensemble. La thématique des risques chimiques reste une priorité des tutelles et de ce point de vue l'unité est bien intégrée dans l'environnement régional. Elle s'efforce de s'intégrer dans des projets collaboratifs nationaux malgré le handicap que représente son absence de label.

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

La nouvelle direction mise en place depuis un an s'affirme en capacité de résoudre les problèmes qui ont nui un temps à un développement harmonieux du laboratoire. L'ensemble des personnels a conscience de la nécessité d'unifier, de coordonner et de rationaliser les actions de recherche. En particulier l'amplification des interactions entre les thématiques de l'axe 1 et de la transversalité entre l'axe 1 (sécurité des procédés) et l'axe 2 (intensification des procédés) constituerait une garantie indéniable, à l'échelle de l'unité, de l'amélioration de la pertinence des travaux à développer d'un point de vue fondamental, au delà des opportunités inhérentes aux relations industrielles. La capacité à abandonner une thématique (celle des séparations par membranes qui était pourtant dans le projet global du laboratoire) illustre la réflexion engagée et la volonté de mieux concentrer les forces sur des thèmes centraux du laboratoire. La création d'un conseil scientifique en lien avec les unités environnantes est également un point positif de la gouvernance.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le projet scientifique est dans la continuité des choix stratégiques déjà engagés depuis un an par la nouvelle direction. Il reste encore une somme d'actions à mieux structurer en se situant au sein de la communauté française du domaine et en choisissant des axes fondamentaux s'appuyant sur l'instrumentation existante, et les nouvelles méthodologies développées. La poursuite des recherches dans le domaine des micro-ondes est à la fois une opportunité (reconnaissance internationale) et un risque (technologie de rupture, voire de niche). L'organisation en 2 axes est pertinente mais il faut veiller à la structuration scientifique des échanges entre axes. Le mode de gouvernance mis en place devrait le favoriser. Enfin l'affirmation de l'autonomie de cette unité au sein des structures de recherche en sciences de l'ingénierie et sciences chimiques rouennaises est un élément essentiel de l'affichage de la thématique du laboratoire. Tout processus de regroupement devra envisager le maintien de cet affichage et la cohérence de l'unité telle qu'elle se développe aujourd'hui.



4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

Axe 1 – Sécurité des procédés : caractérisation des milieux réactionnels et stabilités thermiques des réacteurs

- **Animateur** : M. Nordine MOUHAB
- **Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)	6	7
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 y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 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)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	2	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- **Introduction** :

La sécurité des procédés chimiques est un domaine crucial pour l'industrie chimique. Si cette dernière offre aujourd'hui une excellente sécurité de fonctionnement, on n'en observe pas moins encore trop d'incidents voire d'accidents liés à une mauvaise connaissance du génie des procédés à la fois du point de vue du génie de la réaction chimique et du point de vue des contraintes technologiques, et qui nuisent à la sécurité des travailleurs et des populations environnantes, et conditionnent son degré d'acceptabilité.

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

Les problèmes de thermicité liés à des mélanges de produits incompatibles ou à des mélanges réactionnels complexes restent souvent mal ou difficilement appréhendés par les industriels et l'investissement d'un laboratoire comme le LSPC dans le développement et la valorisation du savoir et des méthodes dans cette thématique est un atout pour faire progresser la formation des ingénieurs et techniciens dans la maîtrise des risques chimiques.

La démarche méthodologique adoptée par le LSPC porte sur la caractérisation du comportement thermique et cinétique de plusieurs réactions exothermiques modèles qui présentent un risque thermique (réaction de synthèse, réaction de décomposition, réaction rapide) et sur la stabilité thermique des réacteurs, offrant ainsi une réponse cohérente à la problématique posée.

Pour chaque sujet d'étude, le LSPC combine l'approche expérimentale et théorique (développement de modèles), ce qui rend les résultats et conclusions plus solides. Concernant les aspects expérimentaux, le LSPC est très bien équipé en appareils calorimétriques et ceux-ci sont largement mis à contribution.



Etude des réactions, caractérisation des milieux réactionnels

La problématique des **réactions de synthèse** est abordée à partir de la réaction d'hydrolyse alcaline du benzoate de méthyle en milieu hétérogène liquide-liquide avec production d'un hydrotrope et d'un co-solvant. Ce système est particulièrement délicat et le problème original. Le système choisi a été caractérisé, mais les conséquences quant à la conduite d'un procédé sûr ne sont pas élaborées de façon complète. Le travail a fait l'objet d'une thèse (2008), de 3 publications : une publiée (2006), une acceptée (2007 ?), et la troisième soumise à des journaux avec communiqué de lecture et d'une communication lors du colloque international du génie de la réaction chimique (ISCRE).

Les **réactions de décomposition** de produits instables constituent un facteur important dans le déclenchement d'un emballement thermique d'une masse réactionnelle. Le but est ici d'étudier des méthodes sur des réactions classiques (AIBN, Peroxyde de di-cumyle), connues pour être particulièrement instables. L'équipe se concentre sur la détermination des cinétiques de décomposition de ces différents produits afin de pouvoir prévoir en particulier le temps disponible pour intervenir sur un procédé en cas de dérive. Deux techniques calorimétriques ont été mises en œuvre (DSC et C80). Le couplage calorimétrie / analyse chimique des produits (GCMS) apporte un intérêt supplémentaire à l'étude. Ce travail a fait l'objet d'une conférence dans un congrès international (ISCRE, Berlin, 2006) et d'un article (soumis-Journal of Loss Prevention).

L'étude des **réactions rapides**, en collaboration avec le CEA, est un sujet original et difficile de par les trois axes de travail abordés : la calorimétrie, la simulation à l'aide d'un banc d'essai et la modélisation des phénomènes observés. Ce travail a fait l'objet d'une thèse (2010) mais d'aucune publication à ce jour. Le dossier ne précise pas si cette collaboration sera reconduite.

Stabilité thermique des réacteurs

Cette thématique est exclusivement centrée sur l'étude des **points critiques dans un réacteur tubulaire et de son dysfonctionnement**. Les travaux de recherche ont porté sur la valeur et la position de la température maximale en fonction des paramètres d'entrée, le développement d'un estimateur permettant de caractériser le profil de température et de concentration le long de la ligne procédé et le développement d'un banc d'essai instrumenté pour la détection des incidents comportant deux zones réactionnelles, complété par une approche statistique du traitement des résultats. Ces études développent des outils qui permettent d'améliorer l'instrumentation et surtout la visualisation du comportement thermique et cinétique des réactions. Ce choix pertinent se fait tout de même au détriment d'études sur le réacteur discontinu, pour lequel certaines questions relatives à la stabilité thermique restent d'actualité. Ce travail a fait l'objet de trois articles, de deux conférences dans des congrès internationaux.

La qualité des publications, communications, thèses publiés est d'un bon niveau international, mais le nombre de publications n'est pas encore suffisant pour s'affirmer dans la compétition internationale sur le domaine comme une équipe de référence.

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

On ne note pas l'attribution de prix ou de distinctions aux membres de l'unité, ni d'invitations à des manifestations internationales.

On notera le recrutement de deux étudiants étrangers mais également la qualité des doctorants recrutés. L'équipe a bénéficié d'un soutien de ses deux tutelles par deux recrutements d'enseignants chercheurs en 2010, confirmant ainsi son positionnement stratégique pour les établissements.

L'équipe a bénéficié antérieurement d'un soutien important régional et industriel, ce qui est moins le cas aujourd'hui (effet de mode), ce qui n'ôte rien à la pertinence de ses travaux.

On notera une collaboration européenne avec l'Italie (Modena). L'activité de recherche développée est en lien avec la création du nouveau département MRIE (Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux), l'habilitation d'une nouvelle spécialité MRI (Maîtrise des Risques Industriels) au sein du réseau INSA ainsi que le séminaire BES&ST (Bases élémentaire en Sécurité et Santé au travail) qui participent à la valorisation des recherches et à la transmission du savoir.



- **Appréciation sur le projet :**

Le projet sur l'axe sécurité des procédés s'appuie sur les résultats et l'expérience accumulés au cours de la période précédente (2006-2010) tout en ouvrant de nouvelles perspectives. Il est structuré selon trois directions :

1. Réactions de synthèse : L'étude des réactions en milieu hétérogène produisant des hydrotopes sera poursuivie et approfondie incluant l'influence de nouveaux paramètres intéressants comme par exemple la rhéologie du milieu réactionnel. Il est également prévu qu'une nouvelle famille de réactions soit étudiée : les réactions d'hydrogénation catalytique fortement exothermiques et mises en œuvre sous pression. La mise en œuvre de cette réaction au laboratoire sera l'occasion d'utiliser le calorimètre de réaction sous pression RC1E. Si ce sujet présente un intérêt industriel certain, il reste peu original, les problèmes évoqués ayant en grande partie été résolus.

2. Réactions de décomposition : La décomposition des peroxydes continuera de faire l'objet d'une attention particulière mais avec de nouveaux questionnements qui paraissent pertinents : en particulier, quelle est l'influence de solvants (la règle pour les procédés industriels), d'impuretés ou autres matériaux sur la cinétique de décomposition. Le sujet sur la polymérisation de méthacrylate de méthyle n'est probablement pas le plus simple, mais permettra de mettre au point les techniques d'étude requises. Un cas d'étude extrêmement intéressant fait son apparition : les risques thermiques liés à la mise en œuvre de réactions de polymérisation radicalaire dans un réacteur discontinu. Cette problématique est largement rencontrée dans le domaine industriel et il reste toujours des points à éclaircir sur l'origine et le comportement d'un tel milieu en cas d'emballement. La polymérisation du méthacrylate de méthyle est un cas d'étude représentatif. Le LSPC programme également d'appliquer des savoir-faire acquis dans le domaine de la caractérisation de milieux réactionnels chimiques à des produits issus de la biomasse. Ce thème d'actualité pourra faire le lien avec des applications orientées vers la chimie verte.

3. Détection et localisation de dysfonctionnements : La voie proposée est originale, mais demanderait à être approfondie dans l'utilisation de cette technique pour la conception de réacteurs ou de modes opératoires industriels minimisant a priori les conséquences des dysfonctionnements. Le projet propose en dernier lieu de continuer l'effort de recherche investi sur l'étude de la stabilité des réacteurs et d'affiner la prédiction des dérives thermiques dans le cas de réacteurs tubulaires.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

L'axe de recherche n°1 se consacre à des travaux de recherche méthodologiques à fort enjeu industriel. Au cours de la période 2006-2010, l'équipe a démontré son aptitude à mener à bien 4 types de sujets ayant chacun conduit à la publication de résultats originaux. Cet axe est pertinent et toujours d'actualité.

Si les réactions étudiées sont connues et ne sont pas toujours d'intérêt industriel, elles offrent l'avantage de permettre la mise au point d'outils méthodologiques. L'organisation générale en réactions de synthèses et décompositions provient essentiellement de l'instrumentation. Il serait judicieux de combiner les différentes techniques sur un même sujet.

L'identification et la modélisation d'une réaction n'est que le premier pas : il manque la partie « industrialisation » des études faites. Les conséquences des résultats pour la conception de procédés sûrs n'ont pas toujours été élaborées. Un complément dans cette direction est fortement recommandé.

Il semble y avoir un léger déséquilibre de développement des relations industrielles et des thématiques par rapport à l'axe 2. Ceci devra être corrigé au cours de la prochaine période vus l'importance de la thématique et le positionnement du laboratoire (LSPC).

- Points forts et opportunités :

Le LSPC est doté de plusieurs calorimètres complémentaires et présente une très bonne aptitude à mettre en place des dispositifs expérimentaux répondant aux objectifs scientifiques visés.

Le LSPC démontre également ses compétences en matière de modélisation utilisant différentes méthodologies.



– Points à améliorer et risques :

Améliorer le travail en équipe, l'échange entre les deux axes et encourager les projets transversaux sans pour autant alourdir les projets par une multiplication trop importante des intervenants.

Dans le cadre de l'axe 1, le LSPC pourrait tenter de développer des collaborations externes comme celle entamée avec le CEA (autres laboratoires, industriels...).

– Recommandations :

En termes d'équipements, le laboratoire pourrait prévoir d'investir dans un calorimètre pseudo-adiabatique pour l'étude des réactions de décomposition. Il faudra veiller au recrutement de nouveaux doctorants de qualité en améliorant la quantité de publications et ainsi la notoriété de l'équipe.

Axe 2 – Intensification des procédés

- Responsable : M. L. ESTEL
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)	5	6
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)		
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	2	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	2	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Cet axe comporte deux thématiques qui relèvent de l'intensification des procédés mais plus généralement du « Green Process Engineering », c'est-à-dire la recherche de procédés plus efficaces et moins polluants. Dans ce contexte de développement durable et de sécurité des procédés, l'équipe étudie toute forme d'accélération de processus physiques ou chimiques en vue de la réduction d'échelle et les solutions permettant la réduction des émissions et rejets dans les procédés industriels. Le premier thème concerne l'utilisation des micro-ondes pour l'intensification des procédés. Il comporte des études expérimentales de base et des travaux de modélisation globale des procédés. Il s'agit d'utiliser l'énergie électromagnétique en la dissipant sous la forme d'une source volumique d'énergie thermique. Les autres thèmes sont plus classiques : ils concernent le passage d'une catalyse homogène à une catalyse hétérogène (thème 2), le captage et la valorisation du CO₂ (thème3) et les procédés membranaires (thème 4).

Ces travaux ont donné lieu à la soutenance de deux thèses sur la période, quatre thèses sont en cours. Une seule des deux thèses soutenues a donné lieu à de nombreuses publications dans des revues internationales à comité de lecture, soit 50% du total de l'équipe. Pour autant qu'on puisse séparer la production totale d'ACL de l'unité entre



les deux axes, sur les 31 ACL produits, 19 environ sont attribuables à l'axe 2. Il s'agit bien sûr d'une production qui doit être améliorée à l'avenir en terme de quantité, les revues dans lesquelles les articles sont parus étant par ailleurs de bonne qualité.

Les thèmes 1 et 3 bénéficient désormais de thèses CIFRE qui ont démarré fin 2009 : pour le thème 1 (Procédés sous micro-ondes - Chauffage par hystérésis diélectrique) avec l'IFP et pour le thème 3 (Captage et valorisation du dioxyde de carbone) avec Veolia environnement et SEDIBEX

Tous les EC (apparaissant en N1 dans le tableau) sont « publiants », mais pour beaucoup avec un nombre d'articles minimal (2 à 3) sur la période considérée.

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

L'activité concernant l'utilisation des micro-ondes a permis aux acteurs de cet axe d'organiser deux congrès et d'être invités à des manifestations internationales.

Les doctorants et docteurs formés sont recrutés (à une exception près) en France (masters universitaires ou diplômés d'écoles d'ingénieur). Il s'agit d'un recrutement classique mais de qualité.

L'activité de cet axe est financée par des contrats industriels, des soutiens d'établissements de type BQR. Un contrat européen de type COST a aussi été obtenu.

La thématique des micro-ondes est bien reconnue nationalement et internationalement, ce qui s'est traduit par plusieurs conférences dans des congrès internationaux, l'organisation du congrès « Microwave and ultrasounds towards process intensification » à l'INSA de Rouen en 2008, et la participation à l'organisation et au comité scientifique du congrès Micro-ondes pour l'Ingénierie et les Sciences Appliquées organisé à Salerno (Italie) du 21 au 23 Mai 2008.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet est présenté comme la poursuite des activités précédentes avec une diversification vers la valorisation de la biomasse. Les activités concernant la séparation membranaire sont abandonnées pour des raisons essentiellement organisationnelles (recentrage).

Thème 1. Micro-ondes Une collaboration est en cours avec l'IFP qui a permis le financement d'une thèse. Dans le domaine des réactions catalytiques hétérogènes, une collaboration avec l'équipe du Professeur Liliana B. Pierella de l'Université de Cordoba (Argentine) est en cours. Elle a permis d'obtenir le financement d'une bourse de thèse à partir de septembre 2010. Depuis octobre 2010, une thèse a démarré en codirection avec le Professeur Christophe Len du laboratoire TIMR de l'UTC Compiègne et financée par la Région Picardie. L'objectif est d'étudier la valorisation du glycérol par utilisation de la technologie micro-ondes.

Thème 2. Etude des procédés verts de synthèse Le rapprochement avec les équipes du laboratoire TIMR de Compiègne a conduit à la définition de travaux sur la fonctionnalisation des huiles végétales. Le projet « biolubricant » en collaboration avec Abo Akademi et financé par l'académie de Finlande a été accepté et s'étendra sur une période de trois ans à partir du 1er janvier 2011. Le but de ce projet est de proposer un procédé plus « vert » pour la synthèse de lubrifiants à partir d'huiles végétales en utilisant des catalyseurs hétérogènes et en intensifiant le procédé de cette synthèse. Pour renforcer la collaboration sur les procédés verts, un projet COST 2010 vient d'être lancé.

Thème 3. Captage et valorisation du dioxyde de carbone La stabilité des solvants est étudiée avec le soutien FEDER du projet « Effet des impuretés sur la dégradation des alcanolamines » qui permet le financement d'une thèse qui a débuté en février 2010.

Le thème 4 sur les procédés membranaires n'apparaît plus dans le projet. Il est vrai qu'une partie de cette thématique était assurée sur un autre site par les 2 EC associées de l'IUT de Caen, le pilote de nanofiltration étant en outre hébergé dans des locaux enseignement. La question de la réaffectation des EC impliquées dans ce thème fait partie du projet.



- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

La thématique 'Intensification' bénéficie d'une dynamique importante à travers plusieurs programmes de collaboration à la fois avec des partenaires industriels (financement de thèses par des bourses CIFRE) et des partenaires universitaires français ou étrangers (Argentine, Finlande, ...). Cette thématique est également bien positionnée dans le contexte régional.

Les thèmes développés sont cohérents mais ne doivent pas se multiplier pour rester en phase avec l'effectif de l'équipe.

L'équipe devrait donc trouver les moyens nécessaires pour assurer sa pérennité et permettre aux EC de mener une activité de recherche correcte. En effet, le bilan fait ressortir une activité de diffusion scientifique en retrait qui devrait pouvoir être corrigée du fait de la dynamique qui s'installe.

Les recherches menées sont intéressantes dans le contexte du développement durable.

- Points forts et opportunités :

Il y a une démarche de recherche de base concernant l'utilisation des micro-ondes qu'il convient de poursuivre. Plus généralement, il convient de souligner l'effort entrepris du point de vue expérimental.

- Points à améliorer et risques :

Le niveau de production scientifique est assez modeste en termes de quantité. Le risque principal concerne l'industrialisation des micro-ondes pour l'intensification des procédés, mais c'est le rôle des laboratoires universitaires d'assumer de tels risques. Les autres activités apparaissent plus comme la réponse à des sollicitations extérieures, ce qui est le lot commun de tous les laboratoires à la recherche de financements. Il serait cependant intéressant de dégager d'autres thèmes de recherche de base. Le rapprochement des 2 axes (sécurité et intensification) peut constituer une piste fructueuse.

- Recommandations:

Il est recommandé de poursuivre la démarche concernant les micro-ondes et plus généralement les recherches concernant les procédés « verts ». Il conviendrait cependant de dégager de l'activité un ou deux autres thèmes de recherche de base pour irriguer l'activité orientée vers le génie des procédés durables. Enfin, un effort sur la production scientifique est nécessaire. Gardons toutefois à l'esprit le fait que tous les personnels sont des enseignants-chercheurs impliqués dans des filières de formation professionnelles (ingénieurs, IUT) très chronophages.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques - LSPC	B	B	A	A	B
<i>Sécurité des procédés</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Intensification des procédés</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>Non noté</i>	<i>A</i>	<i>A</i>

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

Sciences et Technologies

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

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

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

Saint Etienne du Rouvray, le 5 avril 2011

Avenue de l'université - BP 8
76801 Saint-Étienne-du-Rouvray
Tél. : +33 [0]2 32 95 97 00
Fax : +33 [0]2 32 95 98 60
insa@insa-rouen.fr
www.insa-rouen.fr

Direction

☎ 02 32 95 97 06

Direction@insa-rouen.fr

Jean-Louis BILLOËT

Directeur de l'INSA de Rouen

à

Michel SARDIN

Président du Comité d'Experts
du LSPC

Objet :

Réponse au rapport d'évaluation S2UR120001204

Laboratoire de Sécurité des Procédés Chimiques (LSPC) - 0760165S

Monsieur le Président,

Le directeur et les membres du laboratoire de sécurité des procédés chimiques tiennent tout d'abord à remercier le Comité de visite pour la qualité de son évaluation et pour la pertinence de ses remarques et suggestions.

L'analyse du rapport d'évaluation nous sera précieuse pour assurer le développement souhaité de notre laboratoire dans les années à venir.

Les recommandations émises par le Comité seront intégrées dans notre projet de laboratoire et leur mise en application est déjà bien engagée, notamment pour l'augmentation du nombre de doctorants, les projets collaboratifs avec d'autres laboratoires ainsi que la constitution du conseil scientifique.



Jean-Louis BILLOËT

Directeur de l'INSA Rouen