



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

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Synthèse Organique

DCSO

sous tutelle des

établissements et organismes :

École Polytechnique

Centre National de la Recherche Scientifique



Novembre 2013



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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3
novembre 2006¹,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section
des unités de recherche

Au nom du comité d'experts,

- M. Paul KNOCHEL président du comité

¹ Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Laboratoire de Synthèse Organique

Acronyme de l'unité : DCSO

Label demandé : UMR

N° actuel : 7652

Nom du directeur
(2013-2014) : M. Samir ZARD

Nom du porteur de projet
(2015-2019) : M. Fabien GAGOSZ

Membres du comité d'experts

Président : M. Paul KNOCHEL, Université de Munich, Allemagne

Experts : M^{me} Muriel HISSLER, Université de Rennes 1

M. Pierre LE GENDRE, Université de Dijon (représentant du CNU)

M. Frédéric LEROUX, Université de Strasbourg (représentant du CoNRS)

Délégué(s) scientifique(s) représentant(s) de l'AERES :

Mr. Philippe KALCK

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

M^{me} Elisabeth CREPON (ENSTA)

M. Pierre LEGRAIN (Directeur de l'École Doctorale 447 de l'École Polytechnique)

Mr. Patrick LE QUERE (École Polytechnique)

Mr. Jacques MADDALUNO (CNRS) et Mr. Bruno BUJOLI (CNRS)



1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

Le «Laboratoire de Synthèse Organique» de l'École Polytechnique (DCSO) issu de l'URA 1308 a été labellisé UMR 7652 («Laboratoire de Chimie et Physico-Chimie Organique et Biologique») sous la direction du Professeur Jean-Yves LALLEMAND, puis séparé de la thématique «Biologie Structurale», suite au départ de ce dernier à l'ICSN. La direction de l'École Polytechnique, souhaitant renforcer le pôle synthèse organique, a ensuite confié cette thématique qui est une composante importante dans l'enseignement de la Chimie, au Professeur Samir ZARD. Depuis Septembre 2000, il dirige le «Laboratoire de Synthèse Organique» qui est sous la co-tutelle du CNRS et de l'École Polytechnique. Le laboratoire est actuellement constitué de quatre équipes indépendantes dans lesquelles se répartissent 5 chercheurs permanents, 18 doctorants, 7 post-doctorants et 3 stagiaires. Trois équipes sont localisées à l'École Polytechnique, la quatrième à l'ENSTA. Trois personnes sont en charge du support à la recherche.

L'activité de recherche du DCSO est principalement centrée sur la découverte et le développement de méthodes de synthèse innovantes dans le domaine de la catalyse, la chimie organométallique, la chimie hétérocyclique, la synthèse totale de produits naturels ou encore la polymérisation.

Équipe de direction

Directeur: M. Samir ZARD (en fin de mandat)

4 petites équipes constituent cette UMR :

Équipe Chimie Hétérocyclique (à l'ENSTA, responsable M. Laurent EL KAIM (ICA DGA)) ;

Équipe Catalyse Electrophile (Au, Ag, Cu) (à l'École Polytechnique, responsable M. Fabien GAGOSZ (DR CNRS)) ;

Équipe Chimie Radicalaire (à l'École Polytechnique, responsables M^{me} Béatrice SIRE (CR CNRS) et M. Samir ZARD (DR CNRS)) ;

Équipe Chimie Organométallique du Titane (à l'École Polytechnique, responsable M. Yvan SIX (CR CNRS)).

Support à la recherche : Service Analyse (IR), Secrétariat gestion (EP), Techn. ENSTA, Secrétariat Edition Tetrahedron Letters

Nomenclature AERES

ST4



Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	4
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	8	8

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	18	
Thèses soutenues	28	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	29	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5



2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité

Le laboratoire de Synthèse Organique (DCSO) est une petite unité de recherche très performante, qui par sa dynamique scientifique et son modèle d'organisation très original de la recherche, donne à chacun de ses membres une grande indépendance scientifique. De plus, la qualité scientifique exceptionnelle de ses membres a permis de hisser cette unité au plus haut niveau à l'échelle nationale ainsi qu'à lui conférer un rayonnement international, la plaçant dans le top 5% mondial de son domaine. Le soutien constant des organismes de tutelle (Ecole Polytechnique et ENSTA) a considérablement facilité ce modèle de recherche. Les contributions scientifiques de l'unité sont à la fois fondamentales, à la pointe de la recherche en méthodologie de synthèse organique et appliquées comme en témoigne le dépôt de brevets ayant conduit à la fois à la commercialisation de catalyseurs, ainsi qu'à des applications industrielles en chimie des polymères. L'évolution de l'unité a été planifiée avec soin et la prévision de l'intégration de deux nouvelles équipes, l'une sur le site de l'École Polytechnique (synthèse organique ou bio-organique), l'autre sur le site de l'ENSTA (chimie supramoléculaire), devrait encore augmenter son aura scientifique. L'ambiance de travail est excellente dans l'unité, confirmée par l'existence de projets inter-équipes et par une attractivité des meilleurs collaborateurs à l'échelle nationale et internationale.

Points forts et possibilités liées au contexte

- Démarche visant à encourager l'indépendance de jeunes scientifiques prometteurs.
- Excellence en chimie organique de synthèse (top 5% mondial).
- Nombre de publications importantes dans des journaux à fort facteur d'impact.
- Reconnaissance internationale importante (Conférences invitées, prix, ...).
- Dynamisme remarquable dans tous les groupes.
- Créativité exceptionnelle en recherche.
- Ambiance scientifique stimulante.

Points faibles et risques liés au contexte

- Contrats industriels limités à une personne.
- Faible activité de valorisation.

Recommandations

Le comité d'experts recommande de prendre toutes les mesures nécessaires pour préserver les singularités de l'unité (modèle d'indépendance scientifique), de faciliter la valorisation des découvertes de l'unité (soutien accru de l'ENSTA et de l'École Polytechnique) ainsi que l'établissement d'une meilleure communication avec l'équipe de Génie des Procédés (ENSTA) et enfin d'augmenter la taille de l'unité par l'addition de deux équipes de recherche supplémentaires (en chimie organique, bio-organique ou en chimie supramoléculaire).



3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le dossier affiche 149 publications de l'unité sur la période, soit 5,96 pub/ETP/an, chiffres excellents pour un laboratoire de chimie de synthèse.

La recherche menée ces cinq dernières années dans l'équipe Chimie Radicalaire a concerné le développement de nouvelles méthodes de synthèse utilisant la chimie radicalaire ou ionique (chimie des dérivés soufrés, nitrés, fluorés ou des acétyléniques) et une partie de l'activité a été consacrée à la synthèse totale de produits naturels et à la polymérisation contrôlée.

En effet, l'équipe a montré que les xanthates permettent la capture, de façon intermoléculaire, de radicaux intermédiaires avec des oléfines non activées. Ainsi la recherche, menée ces cinq dernières années, est une extension de ce concept permettant d'accéder à des adduits qui seraient très difficiles à obtenir par des méthodes classiques. Par exemple, les chercheurs ont développé une grande variété de dérivés trialkoxysilanes hautement fonctionnalisés, de cycles à 6-, 7- et 8-chaînon, d'azépinones et ont mis au point des synthèses rapides de systèmes polycycliques complexes, des réactions d'aminoalkylation ou d'arylaminoalkylation d'alcènes non activés, des réactions d'allylation et de vinylation radicalaire. L'équipe a également utilisé la compatibilité de cette chimie avec certains substrats pour développer des synthèses de produits naturels tels que des alcaloïdes. La productivité scientifique du groupe est excellente tant sur le plan quantitatif (58 ACL pour 29 hommes-an, soit une moyenne de 5,8 par homme-an) que qualitative (2 *Angew. Chem.*, 2 *J. Am. Chem. Soc.*, 23 *Org. Lett.* ...). Sur la durée du contrat, le groupe a valorisé ses résultats à travers une politique de valorisation proactive (3 brevets, 3 contrats industriels). En effet, les travaux réalisés sur la chimie des xanthates et autres dérivés de type thiocarbonylthio sont à l'origine du procédé RAFT/MADIX. Plusieurs dizaines de tonnes d'un polymère di-bloc servant pour le traitement de l'eau sont annuellement produites par Solvay-Rhodia selon le procédé MADIX. Les activités de recherche ont également été valorisées à travers la création de la startup XANCHEM (créée en 2009). L'équipe bénéficie d'une forte visibilité nationale et internationale, bien illustrée par la nature et le nombre important de conférences et de séminaires invités (18 conférences plénières et 117 séminaires invités). De plus, la qualité scientifique des travaux réalisés dans le groupe a été saluée par la communauté scientifique par l'attribution de nombreux prix au responsable de l'équipe.

Le groupe de recherche Catalyse Electrophile (Au, Ag, Cu) est jeune et dynamique. Les activités de l'équipe sont d'un excellent niveau classées en quatre axes principaux (la formation de liaisons carbone-hétéroatome, la formation de liaisons carbone-carbone, le transfert d'hydrure et la fonctionnalisation C-H ainsi que quelques travaux dans la catalyse au cuivre et la cyclisation oxydante), eux-mêmes constitués de plusieurs projets (16 au total). Ce grand nombre de projets paraît risqué pour un si petit groupe. Par contre, la qualité et la quantité de la production scientifique ne semblent pas en souffrir au regard du nombre de publications à fort IF dans chaque thématique. La production scientifique de ce groupe est d'une excellente qualité : 26 publications avec un IF moyen de 6,5 et une productivité imposante de 5,2 articles par ETPT et par an. 14 articles ont déjà été cités au moins 14 fois par la communauté scientifique. L'équipe a contribué à 3 chapitres d'ouvrages. Le nombre de conférences sur invitations (50) est également remarquable et significatif de la reconnaissance des recherches de cette équipe. 6 thèses ont été soutenues et 2 sont en cours, 5 post-doctorants ont effectué leurs recherches dans ce groupe.

Les travaux du groupe Chimie Hétérocyclique concernent la chimie des isonitriles et des réactions multicomposantes. L'équipe a décrit en 2005 une variante de la réaction de Ugi, appelée couplage Ugi-Smiles. Cette équipe a consacré une partie importante de son activité de recherche à cette réaction au cours des 5 dernières années. Les résultats obtenus dans ce domaine sont nombreux et originaux. Les travaux mettant en jeu des couplages catalysés par les métaux de transition à partir des produits de Ugi-Smiles démontrent la portée synthétique de cette réaction et en font un outil majeur dans la construction de systèmes hétérocycliques complexes. Forte de son expertise en chimie des isonitriles, l'équipe a également développé plusieurs études sur les réactions de Ugi, de Nef et sur de nouvelles voies d'accès aux isonitriles. L'ensemble de ces travaux a donné lieu à 51 publications dans des journaux à hauts facteurs d'impact et deux chapitres d'ouvrage. Les résultats de ces études ont été présentés lors de 12 conférences plénières dans des congrès nationaux et internationaux et également lors de 30 séminaires invités. Ces données bibliométriques témoignent d'une production scientifique conséquente de qualité et d'une bonne visibilité au niveau national et international.



Les travaux du groupe Chimie Organométallique du Titane portent sur le développement de nouvelles réactions en chimie organique à l'aide de complexes de basse valence du titane. L'équipe s'est notamment intéressée à des réactions de Kulinkovich-de Meijere, réactions qui consistent à réaliser une cyclopropanation intramoléculaire à partir d'amides portant une oléfine. Ils ont montré que l'emploi d'une fonction thioamide à la place d'une fonction amide conduit à des réactions d'alkylation réductrice. L'équipe a également récemment décrit des réactions de couplage alcyne-carbonate assistées par des complexes du titane de basse valence. Un deuxième volet de la recherche menée dans l'équipe concerne la chimie des aminocyclopropanes bicycliques obtenus via les réactions de Kulinkovich-de Meijere précédemment mentionnées. Des réactions d'oxydation et d'électrocyclisation ont été plus particulièrement étudiées. L'ensemble de ces travaux a donné lieu à 9 publications dans des journaux à comité de lecture. Ces travaux ont été présentés dans le cadre de 14 séminaires invités et de deux communications orales en France et à l'étranger. La production scientifique apparaît ici tout à fait honorable si l'on considère que l'équipe est très jeune (création en 2010) et qu'elle ne comprend qu'un seul chercheur statutaire.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

On relève une très bonne reconnaissance des membres de l'unité avec 39 conférences invitées dont certaines dans de grand congrès internationaux, 15 prix et distinctions décernés aux permanents ainsi que 5 prix de thèse.

De plus, l'unité présente une très bonne capacité à attirer des bons étudiants et chercheurs (environ 50% du personnel sont de nationalité étrangère avec des provenances très variées).

Plus en détail, les travaux scientifiques de l'équipe Chimie radicalaire ont été reconnus par les mondes académiques et industriel. En effet, le responsable d'équipe a été honoré par différentes sociétés savantes (Société Chimique de France, Royal Chemical Society, German Chemical Society, Sociedad Argentina de investigacion en Quimica Organica), entreprises et universités (Imperial College, Harvard University, Scripps Institut, University of British Colombia). De plus, le nombre très élevé de conférences plénières et invitées témoigne de l'importante reconnaissance nationale et internationale. Ce dernier point est renforcé par les collaborations établies avec différents groupes de haut niveau scientifique.

Le responsable de l'équipe Catalyse Electrophile (Au, Ag, Cu) a été récompensé par le prix ACROS de la Société Chimique de France, ce qui témoigne de sa reconnaissance au plan national. Il contribue au rayonnement excellent de l'équipe avec 9 invitations dans des congrès (dont 6 plénières) et 41 séminaires qui démontrent la qualité des recherches effectuées. L'équipe développe des collaborations nationales et internationales (Ecole Polytechnique, UPMC, Danemark, Canada, Chine) avec des groupes de haut niveau qui ont débouché sur 3 publications communes.

Les travaux de l'équipe Chimie Hétérocyclique sur la chimie (réactivité) des isonitriles et les réactions multi-composantes sont reconnus au niveau international comme en témoigne le récent article de A. Shafiee dans Tetrahedron « One of the most important and efficient modifications of IMCRs was investigated by in which traditional carboxylic acids were replaced by electron-deficient phenols as suitable surrogates in the Ugi reaction ». On peut également souligner que ce groupe a mis en place des collaborations très fructueuses en France et au niveau international (Laboratoire de chimie théorique de l'ENS Lyon, UNAM, Université de Guanajuato au Mexique, Université d'Amsterdam aux Pays-Bas). Enfin, le nombre de conférences plénières et invitées dans des congrès nationaux et internationaux sur la période considérée démontre également le rayonnement de cette équipe.

Depuis son installation, le groupe Chimie Organométallique du Titane s'avère très dynamique dans la mise en place de collaborations notamment au travers du projet ANR ACTIMAC qu'il coordonne avec pour partenaires l'École Normale Supérieure de Paris et l'Institut de Chimie des Substances Naturelles de Gif-sur-Yvette et également avec trois universités polonaises et une université Malaisienne.

Dans le cadre de ses activités scientifiques, le laboratoire a établi de nombreuses collaborations nationales et internationales et il conviendrait de les renforcer et de leur donner un cadre officiel (programme Hubert Curien, PICS, LIA...).

L'attractivité de l'unité pour attirer des chercheurs est excellente.



Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

En ce qui concerne la valorisation des recherches, et les relations socio-économiques ou culturelles, un total de 5 brevets a été déposé.

Concernant la qualité et la pérennité des relations contractuelles, 5 contrats ont été réalisés (Rhodia, Oril, deux avec Servier et L'Oréal). Par contre, l'aspect de propriété intellectuelle (brevet) et de valorisation pourra être augmenté à l'avenir.

La capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou à susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité est excellente avec 5 financements ANR, 1 financement européen Marie Curie FP7, et 2 financements de thèse de l'état chinois.

L'éditeur associé de Tetrahedron Letters se trouve au sein du laboratoire qui a été sélectionné comme Bureau d'Édition Régional de ce Journal pour une grande partie de l'Europe (France, Allemagne, Suisse, Belgique, Autriche, Italie, Espagne, et Portugal). Dans ce cadre, son directeur a été Chairman of the Organising Committee of the 10th Tetrahedron Symposium (2009, Paris, 1117 participants de 60 pays différents).

4 Symposia associant l'école Polytechnique et une entreprise ont été organisés.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Des conseils de laboratoire et des assemblées générales sont organisés régulièrement afin de gérer la vie de l'unité. Le Directeur dirige l'ensemble de l'unité ainsi que son groupe de recherche. Une assemblée générale regroupant l'ensemble du personnel est organisée en fin d'année civile, au moment où le flux de nouveaux entrants est le plus important, afin de leur présenter le laboratoire et son mode de fonctionnement.

Les doctorants et post-doctorants de l'unité de recherche ne sont pas regroupés en fonction de l'équipe à laquelle ils appartiennent mais mélangés dans les différentes pièces qui composent le laboratoire afin de favoriser non seulement les échanges scientifiques mais également culturels du fait de la multiplicité des nationalités. Ce brassage est très apprécié par les étudiants. Des séminaires sont organisés entre les différentes équipes. Notamment, les étudiants participent à des séminaires de résolution de problèmes de synthèse organique ou de présentation bibliographique. De plus, les membres de l'unité peuvent assister aux nombreuses conférences organisées par l'UMR ou l'école Polytechnique.

En résumé : 70 séminaires ont été organisés, 2 professeurs étrangers ont été invités. 6 Manifestations scientifiques ont été organisées, parmi lesquelles Tetrahedron Symposium avec 1117 participants de 60 pays.

Les instruments de mesure et les stocks de produits chimiques sont mis en commun entre les équipes et ils sont au service de la recherche et de l'enseignement. De plus, des réunions hygiène et sécurité sont organisées pour informer les étudiants (stagiaires, doctorants et post-doctorants) sur le mode de fonctionnement du laboratoire et des principes de sécurité.

Le management efficace de l'unité a su gérer :

- un départ en retraite, deux changements d'affectations et une mise à disposition de l'Université de Glasgow.
- l'arrivée et l'intégration du groupe Titan.
- la relocalisation de l'ENSTA sur le campus de l'École Polytechnique.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'unité est fortement impliquée dans la formation, qu'elle soit initiale avec notamment la direction du Master de Chimie Moléculaire de l'École Polytechnique, des cours magistraux, des travaux dirigés ou travaux pratiques dispensés à l'École Polytechnique, à l'ENSTA et à l'université d'Orsay, ou qu'elle soit continue ou doctorale (ED 447 de l'École Polytechnique) avec 29 thèses soutenues et 19 en cours.

L'attractivité de l'unité pour attirer des chercheurs est excellente.



Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Cette partie a été très peu détaillée par l'unité. Le projet se place dans la continuité des recherches entreprises dans le dernier contrat en diversifiant les réactions afin de répondre à des problèmes de synthèse et en étudiant de manière plus détaillée les mécanismes des réactions. De plus, l'unité utilisera ses découvertes en synthèse pour améliorer les synthèses de produits naturels. Ce projet devrait continuer à produire des résultats d'excellent niveau aussi bien du point de vue fondamental qu'appliqué.

Conclusion

En conclusion, l'unité bénéficie d'une excellente reconnaissance et d'un positionnement fort et compétitif au niveau national comme au niveau international. Elle est très productive et dynamique dans la divulgation et la valorisation des résultats. On ne peut que recommander à cette unité de continuer dans cette voie pour maintenir sa position de leader international, en préservant une activité fondamentale importante, ce qui lui permettra par ailleurs de nourrir des recherches futures plus appliquées.



4 • Déroulement de la visite

Date de la visite

Début : 13 novembre 2013 à 8h30
Fin : 13 novembre 2013 à 17h30

Lieu de la visite

Institution : École Polytechnique, Palaiseau
Adresse : Route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex

Locaux spécifiques visités : École Polytechnique - DCSO
ENSTA

Déroulement ou programme de visite

8h30 - 9h00 : Arrivée - Visite DCSO - Café

Présentations scientifiques (Salle Lavoisier)

9h00 - 9h40 : Présentation générale par M. Samir ZARD
9h40 - 10h20 : Equipe Béatrice Sire - M. Samir ZARD
10h20 - 10h50 : Equipe M. Yvan Six
10h50 - 11h05 : Pause Café
11h05 - 11h35 : Equipe M. Laurent EL KAÏM
11h35 - 12h15 : Equipe M. Fabien GAGOSZ (plus le projet UMR)
12h15 - 12h35 : Discussions avec M. Pierre LEGRAIN, Directeur de l'École Doctorale No 447 de l'École Polytechnique

12h35 - 13h45 : Déjeuner au Club
13h45 - 14h15 : ITA - étudiants
14h15 - 15h00 : Visite ENSTA et discussions avec M^{me} Elisabeth CREPON
15h00 - 16h00 : Réunion avec les tutelles
16h00 - 16h15 : Pause café
16h15 - 17h30 : Délibérations du Comité



5 • Observations générales des tutelles



Patrick Le Quéré
Directeur adjoint de l'Enseignement et de la Recherche

Madame Nathalie Dospital
Déléguée Administrative
Section des unités
AERES
20 rue Vivienne
75002 PARIS

Objet : Evaluation AERES du DCSO
Référence : DAER /LL/14 – n° 54
PJ : Réponse au rapport d'évaluation du DCSO - S2PUR150007899 -

Palaiseau, le 24 février 2014.

Chère Madame,

Le DCSO (UMR 7652) n'a pas de remarque à formuler sur le rapport AERES.

En vous souhaitant bonne réception de la présente, je vous prie de croire, Chère Madame, à l'assurance de mes meilleures salutations.

Patrick Le Quéré
*Directeur adjoint de l'Enseignement et de la
Recherche*