



**HAL**  
open science

## DRCP - Département radio-chimie et procédés

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. DRCP - Département radio-chimie et procédés. 2014, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA. hceres-02032874

**HAL Id: hceres-02032874**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032874>**

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

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Département RadioChimie et Procédés

DRCP

sous tutelle des

établissements et organismes :

Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies

Alternatives - CEA



Décembre 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 2006<sup>1</sup>,*

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

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Jean-Claude CHARPENTIER,  
président du comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinéa 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 : Département RadioChimie et Procédés

Acronyme de l'unité : DRCP-CEA Marcoule

Label demandé :

N° actuel :

Nom du directeur  
(2013-2014) : M. Christophe POINSSOT

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Christophe POINSSOT

## Membres du comité d'experts

Président : M. Jean-Claude CHARPENTIER, ENSIC Nancy, Université de Lorraine

M. Gérard COTE, ENSCP Paris

M. Claude DEGUELDRE, Paul Scherrer Institut, Villingen, Suisse

M. Philippe GARRIGUES, ISM Bordeaux

Experts : M. Didier HAAS, Retraité CEE, Belgique

M. Bruno JORDI, AMPHOS 21, Barcelone, Espagne

M. Jean-Paul MOULIN, Expert Hydrométallurgie, France

M. Pierre TOULHOAT, INERIS, France

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Christophe GOURDON

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

M. Bernard BONIN, CEA

M. Gilles BORDIER, CEA

M. Marc DELPECH, CEA



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Département de Radiochimie et des Procédés (DRCP) du Centre CEA-Marcoule est l'unité de la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN) chargée des études de R&D concernant la chimie des radionucléides et le développement des procédés chimiques correspondants. Héritier des équipes de radiochimistes qui ont marqué l'histoire du CEA depuis sa création en 1946 sur le fort de Châtillon, le DRCP a été créé en janvier 2001 à partir des équipes de R&D chargées du soutien aux usines de La Hague et des études de séparation et de transmutation des actinides mineurs dans le cadre de la loi sur la gestion des déchets de 1991.

Le périmètre et les missions de R&D du DRCP, remaniées en 2006, couvrent les opérations du cycle du combustible nucléaire. Outre ces activités de R&D, le DRCP est chargé de l'exploitation en toute sûreté/sécurité et au service des programmes de R&D de l'INB ATALANTE. Il est ainsi chargé de mettre à disposition de l'ensemble des équipes de recherche qui y sont abritées (DRCP, DTEC et DTCD) des infrastructures adaptées aux besoins des programmes qui s'y déroulent.

### Équipe de direction

L'équipe de direction est chargée de définir les orientations stratégiques du département et d'en assurer le pilotage administratif et budgétaire. Elle est composée :

- d'un chef de département et son adjoint ;
- d'un directeur de recherche ;
- de 6 chefs de projets ;
- d'un assistant au chef de département pour les tâches RH (Ressources Humaines) et Q3SE (Qualité, Santé, Sécurité, Environnement) ;
- d'un chargé de mission pour la coordination interne des activités ;
- de deux secrétaires, dont secrétariat de la CETAMA.

### Nomenclature AERES :

ST5 (Sciences pour l'Ingénieur, SPI)



Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	115	115
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	112	112
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	43	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>270</b>	<b>227</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	27	
Thèses soutenues	33	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	12	
Nombre d'HDR soutenues	4	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	8



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Le Département de RadioChimie et Procédés (DRCP) a pour mission principale la recherche et le développement de procédés pour la purification et le recyclage des actinides, à la fois dans le cadre du cycle du combustible nucléaire actuel (i.e. soutien aux usines exploitées par AREVA) et pour les scénarii envisagés pour le futur (cycle de génération IV incluant le multi-recyclage de U et Pu) ainsi que les différentes hypothèses de gestion des actinides mineurs. A ce titre, le département assure l'exploitation de l'INB ATALANTE qui comprend 11 chaînes blindées et 17 laboratoires. Le département comprend 3 services opérationnels, d'environ 75 agents chacun, et une commission chargée d'aider au développement et à la qualité dans les laboratoires d'analyse dans le domaine du nucléaire, la Commission d'ETAbblissement des Méthodes d'Analyse (CETAMA).

Les activités du département sont structurées à partir de 6 thèmes. Trois thèmes 'Procédés': Procédés de dissolution du combustible usé et piégeage des rejets gazeux [DIS], Chimie séparative et procédés de séparation [SEP], Procédés de conversion des actinides [CVN] et 3 thèmes 'Transverses': Chimie des actinides et produits de fission [ACT], Chimie analytique et métrologie [ANL] et Exploitation d'ATALANTE [EXP]. Les aspects transversaux de modélisation et simulation numérique sont également très présents.

La lecture des documents écrits extrêmement bien circonstanciés, le professionnalisme et l'insigne qualité des exposés ainsi que la très grande préparation et qualité des visites en laboratoire pendant la visite du comité d'experts laissent une impression globale extrêmement favorable du DRCP, fleuron français pour une industrie du cycle du combustible nucléaire.

En effet si l'on examine la production et la qualité scientifiques et technologiques, le rayonnement et l'attractivité académiques, l'implication dans la formation par la recherche et l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel, les appréciations ne peuvent être qu'éminemment positives. Par ailleurs, si on examine l'organisation et la vie du département, l'appréciation ne supporte aucune comparaison universitaire tant elle est flatteuse. Enfin, quant à la stratégie et le projet à 5 ans, le projet visionnaire qui est remarquablement bien présenté et circonstancié par le Chef de Département, avec notamment une extraordinaire analyse SWOT, se situe dans un environnement politique complexe et mouvant qui nécessite de grandes prises de risques. C'est le cas et l'appréciation pour ce projet cohérent et lucide est extrêmement favorable pour l'avenir du département DRCP qui a capitalisé et rassemble des compétences en personnels et des outils et équipements uniques au monde.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- Exploitation d'une plateforme R&D unique en Europe, voire au monde, permettant de travailler sur les actinides à toutes les échelles : ATALANTE. Cette plateforme conserve une capacité d'accueil qu'il conviendra d'exploiter au mieux dans les années qui viennent avec l'accueil d'équipes extérieures pour mener des recherches plus en amont. Cela concerne notamment l'invite faite aux équipes de l'ICSM à utiliser plus largement les deux emplacements aménagés à leur intention.

- Visibilité internationale de la CETAMA qui a joué un rôle majeur dans le développement de la chimie analytique pour la communauté nucléaire française et qui est aujourd'hui le « pivot mondial » pour le développement de la chimie analytique dans le domaine du nucléaire.

- Accès au retour d'expériences du fonctionnement des ateliers industriels pour alimenter une recherche innovante.

- Capacité à couvrir un large champ de valeurs, depuis la recherche scientifique de base jusqu'aux essais de procédés à une échelle pilote.

- Diversité et complémentarité des compétences rassemblées dans le département avec à la fois une diversité des métiers (scientifiques, ingénieurs-chercheurs, techniciens, exploitants) et une diversité thématique (physico-chimie, radiochimie, sciences analytiques, chimie du solide, chimie organique, génie chimique et génie des procédés).

- Compétences à toutes les échelles depuis la molécule jusqu'au procédé.

- Production scientifique multiforme avec des rapports techniques de très grande qualité et des publications de très haut niveau, voire top mondial dans le domaine des actinides.



- Très grande attractivité académique (80% des publications sont effectués en collaboration avec un organisme extérieur) et très grand rayonnement du DRCP qui est impliqué dans de nombreux réseaux et projets scientifiques européens où il joue le rôle de leader.

- Très grande interaction avec l'environnement social (conférences, visite d'installations), économique (partenariat avec AREVA, 40% du budget) et culturel (publications dans des revues spécialisées et monographies dans le domaine du nucléaire), ancrage régional exemplaire.

- Satisfaction totale des personnels concernant l'organisation de la vie du département.

- Multiples implications du DRCP dans la formation par la recherche: encadrement de thèses, participation aux ED, enseignement à l'INSTN et dans les Ecoles d'ingénieur et forte implication et responsabilité dans les réseaux de formation internationaux.

- Pertinence scientifique aux niveaux national et international des collaborations avec les meilleures équipes universitaires.

- Stratégie et projet à 5 ans cohérent et très ambitieux.

### Points faibles et risques liés au contexte

- Financement majoritairement sur fonds publics (60% du budget de fonctionnement).

- Partenariats industriels qui restent spécifiques et limités pour l'essentiel à AREVA.

- Visibilité scientifique des experts limitée par les contraintes induites par la confidentialité industrielle.

- Coûts et complexité des travaux expérimentaux sur les actinides.

- Diminution attendue des effectifs conduisant à mettre en situation difficile certaines compétences scientifiques (pyrochimie) et à diminuer l'embauche de thésards.

- Pour les thèmes [DIS], [SEP] et [ANL], diffusion des résultats remarquables des recherches menées trop orientée vers des revues spécialisées dans le domaine du nucléaire plutôt que dans des revues internationales de rang A.

- Nombre de HDR insuffisant pour l'ensemble du DRCP (HDRs majoritairement rattachés à l'ED 459 de l'Université Montpellier2 -5 HDR sur 8).

- Risques liés à un projet ambitieux dans un environnement politique complexe et mouvant et dans un cadre financier public prévisionnel de décroissance budgétaire, avec de plus une obligation de mobiliser de plus en plus de ces crédits pour la sécurité des installations (60% du budget du département sert déjà à financer le fonctionnement d'ATALANTE). Cette diminution budgétaire sur fonds publics risque d'impacter et de fragiliser la recherche scientifique de base non associée à un développement procédé spécifique, les activités R&D spécifiquement dédiées aux cycles nucléaires de 4ème génération et les recherches sur le recyclage des actinides mineurs pour les cycles nucléaires du futur.

### Recommandations

De fait, dans un environnement politique complexe et changeant et, de plus, dans un cadre financier prévisionnel de décroissance budgétaire, force est de constater que la stratégie du DRCP comporte une grande prise de risques pour un projet cohérent. Mais avec la qualité et la compétence de ses équipes de recherche et avec sa force de frappe constituée avec la plateforme ATALANTE, le département DRCP véritable fleuron français pour la R&D dans l'industrie du cycle du combustible nucléaire possède tous les ingrédients pour le mener à bien.

Les recommandations ne peuvent que conforter la stratégie proposée et son projet, à savoir un renforcement partenarial volontariste marqué académique (intégration de personnels extérieurs, i.e. chercheurs et de post docs, et recherche amont concernant les domaines des actinides et de la chimie analytique) et un renforcement partenarial volontariste marqué industriel pour valoriser le savoir-faire du CEA en chimie séparative hors du domaine du nucléaire et notamment dans le domaine du recyclage des matériaux stratégiques (terres rares, platinoïdes...) ou dans le domaine des industries minières (projet ambitieux de l'IEH, Institut Européen d'Hydrométallurgie, dont le périmètre dépasse le cadre du strict DRCP).





A noter que pour le projet IEH, il aurait été intéressant de présenter un dossier circonstancié affichant une étude de marchés (benchmarking), une feuille de route (roadmap) et la force de frappe (task force) mobilisée par le DRCP et le CEA pour mener à bien ce projet et son potentiel d'innovation qui peut intéresser :

- à la fois un réseau de laboratoires de recherche (et notamment renforcer encore plus sur le site de Marcoule les collaborations entre l'ICSM et le DRCP dans les domaines de la chimie séparative et des procédés de séparation) ;

- et le secteur industriel concernant non seulement les grandes entreprises mais également bon nombre de PME (ou faciliter leur création).



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique du DRCP est multiple. Elle est d'une part constituée de documents techniques (rapports et notes) internes au CEA dont certains sont en diffusion restreinte (DR) pour des considérations de confidentialité. Elle est d'autre part constituée par l'ensemble des communications classiques de la communauté scientifique : publications majoritairement dans des revues avec comité de lecture, de haut, voire de très haut niveau, actes des communications dans les congrès majoritairement internationaux, livres, mémoires de thèse et brevets.

Sur la période 2008-2013, on recense environ 1200 documents dont 25% sont en DR, 36% en documents techniques CEA, 21% en publications dans des revues et 23% de communications orales dans des congrès. Il faut ajouter 28 brevets. En ce qui concerne les documents techniques, les exemplaires laissés à l'appréciation des membres du comité ont montré que leurs contenus soutenaient pour la plupart une bonne comparaison avec les publications dans les journaux scientifiques de haut rang. Ces rapports techniques portent, le plus souvent de façon originale, sur des avancées ou des ruptures caractérisant le domaine du nucléaire.

Chaque thème présente un type de communications correspondant à la nature de ses objectifs et à son profil d'activité : publications scientifiques pour [ACT], documents techniques pour [DIS], [SEP], [ANL] et seul [CVN] utilise les deux types de façon équilibrée.

Le nombre de publications scientifiques pour chaque thème est relativement constant depuis 2008 avec la répartition suivante : 49% [ACT], 21% [SEP], 14% [CVN], 10% [ANL] et 5% [DIS]. Leur impact en termes scientifiques est très bon. Ainsi une consultation Web of Science montre que le DRCP produit en moyenne annuelle 40 publications qui sont largement citées (1097 fois sans auto-citation). Le nombre moyen de citations par publication est de 5,77 et le facteur h moyen du DRCP est de 16 sur la période associée. Il faut signaler qu'un tiers est publié dans des revues spécifiques au nucléaire.

On note par exemple que les ingénieurs-chercheurs du thème [ACT] se placent au top mondial en ce qui concerne leurs publications dans des revues de référence dans le domaine des actinides. On suggère par contre pour certains thèmes comme [DIS], [SEP] et [ANL] de veiller à encore mieux traduire en termes de publications scientifiques de haut niveau les résultats remarquables des recherches menées, et ce, pas uniquement dans des revues spécialisées dans le domaine du nucléaire.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'analyse de la production scientifique du DRCP montre que plus de 80% des publications sont effectuées en collaboration avec un organisme extérieur. Elles sont pour l'essentiel centrées autour du thème portant sur les actinides et les produits de fission et concernent les laboratoires nationaux, instituts et universités des grandes nations du nucléaire (USA, Russie, Allemagne, UK et Centre de recherche de l'Union Européenne (JRC)). Il existe de plus des collaborations avec l'Allemagne et UK dans le domaine des opérations chimiques du traitement du recyclage. Au niveau français les nombreuses collaborations conduisent à des publications portant dans les domaines de la chimie et de la conversion des actinides, de la modélisation des procédés, de la synthèse d'extractants et plus récemment dans le domaine de la microfluidique et de l'optique à des fins analytiques.

Le DRCP est impliqué dans de nombreux réseaux et projets scientifiques européens : projets collaboratifs ACSEPT puis SACSESS dans le domaine de la séparation des actinides (où il joue le rôle de leader) et ASGARD pour les procédés de fabrication et de dissolution de combustibles et la retraitabilité de combustibles avancés, projets ACTINET-I3 puis TALISMAN qui concernent un réseau de partages d'infrastructures de laboratoires chauds et lignes de lumière (où ATALANTE reste une des installations majeures pour la réalisation de projets scientifiques mettant en jeu des actinides transuraniens) et le projet HEXANE qui est un réseau facilitant les échanges de scientifiques entre l'Europe et les nations non européennes. Le DRCP collabore au projet EUR-ACT-NMR et CINCH pour l'éducation et la formation en chimie nucléaire.



Au plan national, parmi les collaborations avec de nombreux laboratoires universitaires, il est intéressant de signaler que le DRCP a participé au dépôt de 15 projets ANR dont 10 ont été retenus, 50% pour [ACT], 40% pour [SEP] et 10% [CVN]. On mentionnera aussi l'implantation récente de l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule, ICSM (unité mixte CEA, CNRS, Université Montpellier 2, ENSCM) sur le site de Marcoule qui a conduit à de premières collaborations dans les domaines de la caractérisation des phases organiques d'extraction, de la physico-chimie des solutions, de la dissolution des matériaux réfractaires et de la sonochimie.

Les chercheurs et les post-doctorants étrangers recrutés sont d'un très haut niveau. Par ailleurs, le DRCP étant un laboratoire d'accueil dans plusieurs réseaux européens, il accueille de nombreux chercheurs européens, russes ou américains, généralement pour préparer une thèse, ce qui constitue une base pour les collaborations internationales.

La reconnaissance de l'expertise et de la compétence des membres du DRCP est patente. Ainsi en 2013, 12 ingénieurs-chercheurs sont membres permanents ou invités de comités scientifiques d'organismes de recherche internationaux ou nationaux et 7 sont membres de groupes d'experts, en particulier pour l'AIEA. Mentionnons également 26 conférences invitées dans des congrès internationaux. Le DRCP est représenté dans 10 Comités scientifiques de pilotage de grandes conférences internationales telles Plutonium Future, Migration, Actinides Conference, ATALANTE Conference...et il co-organise annuellement 3 congrès majoritairement au niveau international. De plus, il organise de nombreuses manifestations aussi bien pour la diffusion de la culture scientifique que pour l'animation scientifique dans les réseaux académiques intégrant des opérateurs industriels du nucléaire (AREVA, EDF, ANDRA comme PACEN/NEEDS) et ceux de la CETAMA.

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

L'impact industriel est notoire et éminent. Sans les activités menées au DRCP, le développement de la filière recyclage du combustible nucléaire n'existerait pas et ses activités pour certaines d'entre elles préparent une rupture technologique pour l'avenir, notamment en compactant les étapes de conversion (via les recherches menées sur la co-conversion) et en simplifiant (voire en supprimant) certaines étapes de séparation.

Une part importante des activités sont menées « en coopération » avec le partenaire industriel AREVA (branche Retraitement) dans le cadre d'un contrat global de partenariat CEA-AREVA géré et animé par la DISN-DEN. Dans ce cadre, les programmes du DRCP comportent deux volets. Le premier en tant que bailleur de procédé, d'assistance et de soutien à l'exploitant des usines AREVA de la Hague afin de rendre l'outil industriel encore plus robuste, plus flexible et plus durable dans l'esprit 'développement durable'. Le deuxième volet, plus prospectif, est de développer les procédés de traitement des combustibles et de recyclage des matières nucléaires pour le futur, par exemple le multi-recyclage du plutonium avec comme objectif de proposer des cycles nucléaires consommant plus efficacement la ressource naturelle uranium dans les réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération. Ce partenariat se traduit en termes budgétaires par une contribution de l'ordre de 40% d'AREVA.

Il faut mentionner à un niveau budgétaire de quelques % à la fois le contrat tripartite CEA-AREVA-EdF pour le soutien apporté par le DRCP dans le domaine des combustibles et le financement du Fond Dédié Civil pour la gestion aval des déchets et effluents.

Par ailleurs, dans un souci de valorisation du savoir-faire et des compétences acquises, le DRCP est en train d'élargir son champ d'action industriel vers de nouveaux domaines demandeurs de procédés de séparation efficaces et robustes : c'est le cas en amont du cycle où de nouveaux programmes de recherche portent sur l'amélioration des procédés de purification de l'uranium. C'est également le cas hors du domaine du nucléaire pour des programmes visant à développer de nouveaux procédés de séparation permettant la récupération et le recyclage des matériaux comme les terres rares.

La valorisation industrielle des connaissances se concrétise notamment sous forme de dépôts de brevets conformément à la politique brevets mise en place au CEA Marcoule. Ces brevets portent sur les réactifs chimiques (ligands, extractants, agents spécifiques), sur la mise en œuvre de procédés à partir de ces molécules ou réactifs et sur des développements technologiques. Depuis 2008, 28 brevets ont été déposés : 57% [SEP], 19% [CVN], 11% [ANL], 11% [ACT] et 4% [DIS]. Par ailleurs le soutien aux instances de normalisation et d'accréditation est essentiellement porté par la CETAMA dont c'est l'un des rôles. Trois ingénieurs-chercheurs sont membres des commissions AFNOR, un de l'ISO et un d'accréditation du COFRAC.

En ce qui concerne le soutien aux pouvoirs publics via le réseau d'experts du CEA, il faut signaler que le DRCP assure la coordination de la cellule d'expertise sur la « crise nucléaire pour le domaine usine et cycle du combustible » et sur « le domaine de la non-prolifération ». De même sur le site de Marcoule, le DRCP contribue à un réseau d'expertise local pour le risque de criticité, pour les risques chimiques et pour la radioprotection.



En ce qui concerne la participation à la diffusion de la culture scientifique vers le grand public, les actions menées par le DRCP sont très nombreuses. Il organise chaque année l'accueil de conférences et des visites à la fois pour les élèves de l'enseignement supérieur et de l'enseignement secondaire avec l'organisation d'ateliers pratiques, et il organise pour les élèves-ingénieurs de l'ENSCM et de l'ENSCP une visite des installations de recherche d'ATALANTE. L'investissement des équipes du département pour la visite de G1 et d'ATALANTE est important avec un millier de visiteurs annuellement. Enfin le DRCP participe également à la diffusion des connaissances scientifiques dans le domaine du nucléaire avec des publications dans des revues spécialisées, avec les monographies du CEA et dans différentes archives ouvertes comme les « clefs CEA ».

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

Les missions du DRCP recouvrent la maîtrise des principales étapes d'une usine de traitement/recyclage de combustibles usés. Pour ce faire la répartition des profils d'activité des personnels se répartit selon le soutien à la recherche (fonctions d'exploitation d'ATALANTE et fonctions d'encadrement), la formation par la recherche (encadrement des thésards, stagiaires et post-docs et activités d'enseignement), la recherche académique non cofinancée par un industriel (études de base, compréhension de mécanismes fondamentaux, capitalisation de données...) et l'interaction avec l'environnement (activités de R&D et de valorisation, notamment celles menées en partenariat avec les industriels). Cette répartition des activités des personnels est cohérente, clairement définie et est bien évidemment très différente selon les thèmes. Ainsi pour le thème [EXP], c'est l'activité soutien à la recherche qui est prépondérante avec 32% et qui mobilise 30% des effectifs du département. A l'inverse le thème [ACT] présente une très forte contribution en recherche académique (56%). Quant au thème [ANL], il présente une très forte contribution de la R&D menée avec l'environnement (80%) qui reflète le soutien analytique très important apporté par les équipes d'ATALANTE à l'ensemble des programmes de R&D, notamment ceux en haute activité qui sont menés principalement pour AREVA ou bien pour les pouvoirs publics.

L'adéquation de la structuration du département à la logique des activités scientifiques et de R&D est patente. L'organisation hiérarchique du département comprend un échelon Direction (Chef de département, 1 directeur de recherche, 6 chefs de projets, 1 assistant pour les tâches RH et Q3SE, 1 chargé de mission pour assumer la coordination interne des activités et 2 secrétaires), une commission CETAMA et 3 services opérationnels : le Service d'Exploitation de l'installation ATALANTE (SEAT), le Service de Modélisation et de Chimie des Procédés (SMCS) et le Service d'Etudes du Recyclage des combustibles et d'Analyses (SERA).

La gouvernance du département comporte la formalisation des engagements pris annuellement entre le directeur du CEA-Marcoule et le chef du DRCP qui définissent au travers d'un contrat d'objectifs (COB) les programmes, leurs jalons et moyens associés et les grands objectifs fonctionnels. La gouvernance assure le suivi des engagements avec trois niveaux de réunions de reporting, les deux premiers niveaux sont externes avec les directions d'objectifs du CEA/DEN en charges des programmes ou avec le directeur du Centre de Marcoule, le troisième niveau est interne vis-à-vis des services du département.

Enfin la gouvernance a mis en place des échanges d'informations et de prises de décision qui s'articulent autour de deux grandes catégories de réunions : (1) des réunions d'informations pour se tenir au courant des derniers résultats scientifiques obtenus dans le cadre des programmes de R&D (fréquence bimensuelle) ou bien l'organisation de séminaires scientifiques autour d'un thème transversal au département avec des exposés invités ou réalisés par des chercheurs du département (fréquence trimestrielle) et (2) des réunions décisionnelles avec le Chef de département qui sont soit hebdomadaires pour traiter et suivre les sujets d'ordre fonctionnels (budget, Ressources Humaines, Qualité, visites...), soit mensuelles pour suivre l'avancement des programmes en termes de livrables et d'instruire et arbitrer d'éventuelles difficultés ou soit des réunions mensuelles avec le Comité de Coordination d'ATALANTE (CCA) qui comprend notamment des membres des départements DTEC et DTCD pour arbitrer les demandes des expérimentateurs et les soutiens des exploitants et suivre l'avancement des travaux et des actions relevant du schéma directeur exutoire, soit des réunions semestrielles avec le comité de pilotage « Qualité » pour coordonner la mise en œuvre des processus qualité DEN et MAR au sein du DRCP.

En ce qui concerne la clarté de l'affichage de la politique scientifique et des programmes de recherche, il est intéressant de souligner que le chef de département réunit une fois par an la ligne hiérarchique jusqu'aux chefs de laboratoires et de groupes pour discuter des différentes problématiques impactant le département et qu'il réunit également une fois par an l'ensemble du personnel en Assemblée Générale afin de communiquer sur un bilan prospectif des activités et sur l'organisation du département. De plus, pour favoriser une synergie entre les différentes expertises et pour faire émerger des idées, des thèmes ou programmes innovants, le département a mis en place un Club des Experts du DRCP coordonné par le directeur de recherche du département.



Enfin, pour le Département et les trois Services opérationnels, un conseil d'unité réunit 3 fois par an le chef d'unité et des représentants des salariés.

Le budget de fonctionnement du département est réparti en frais de personnels statutaires (17 M€) et personnels non-permanents (0,9 M€) (thésards, post-docs, stagiaires, apprentis...) et en dépenses externes (environ 15 M€) engagées par les équipes pour les investissements et le fonctionnement des laboratoires. Il apparaît qu'approximativement 60% du budget de fonctionnement du département sert à financer le fonctionnement d'ATALANTE et que 40% sert à financer les programmes de R&D et de recherche académique. Pour les moyens expérimentaux, les équipes du DRCP sont principalement implantées dans ATALANTE avec 13 laboratoires en « zone active », 2 laboratoires en « zone inactive », 8 chaînes blindées. Pour les expérimentations « inactives » ou limitées aux milieux uranifères, elles disposent d'implantations complémentaires dans l'installation G1, qui comprend notamment 4 laboratoires permettant de manipuler de l'uranium et surtout une plateforme bimodale « MARCEL » et « PROUST » permettant de mettre en œuvre toutes les étapes des schémas de procédés de séparation dans des mélangeurs-décanteurs de petite taille et des irradiations gamma de fluides circulant au sein d'un irradiateur gamma pour simuler les phénomènes de radiolyse. Les équipes du DRCP disposent également d'implantations au bâtiment 181 avec 2 salles de calculs pour les simulations de procédés et pour les calculs de chimie théorique. Il est tout à fait évident qu'il existe une totale adéquation entre les locaux et installations et les activités scientifiques et de R&D du département d'une part et les besoins des personnels d'autre part. Notons de plus que les normes d'Assurance-Qualité et d'Hygiène et Sécurité font l'objet d'une surveillance et d'un suivi tout particulier.

Les entretiens du comité avec des représentants des personnels dont les élus au Conseil d'Unité du Département qui se réunit 2 fois par an se sont déroulés dans une atmosphère très cordiale. La satisfaction est générale quant à la résolution éventuelle des problèmes quotidiens qui remontent rapidement aux Chefs de Services. Les formations sont très adaptées notamment pour la sécurité, la radioprotection, la formation sur logiciels, la formation INSTN et la formation en langues pour les techniciens.

Pour l'avancement dans la carrière, il a été mentionné les réelles incitations faites aux ingénieurs-chercheurs docteurs de passer une HDR. D'une façon générale le comité d'experts a perçu la très bonne ambiance qui règne au DRCP qui comporte 115 ingénieurs-chercheurs et 112 personnels techniques, avec une organisation très matricielle qui mériterait peut-être parfois un zeste de souplesse et de flexibilité.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Pour assurer ses missions de développement de procédés industriels, il est essentiel pour le DRCP de pouvoir s'appuyer sur une recherche scientifique de base. Ainsi l'objectif clairement affiché par le département est d'une part d'enrichir ses connaissances dans les domaines de la chimie des actinides et du génie des procédés chimiques et d'autre part de faire évoluer ses approches scientifiques en s'appuyant sur de nouveaux concepts et sur la recherche de nouveaux systèmes chimiques. Cela suppose de soutenir une démarche proactive d'innovation et de créativité scientifique qui nécessite de s'intégrer dans des réseaux de collaboration et de partenariat avec les équipes universitaires de haut niveau. C'est pourquoi le département mène une politique volontariste qui repose d'une part sur des partenariats actifs au travers de collaborations bilatérales au niveau national (du Pôle Balard des équipes de chimistes de la Région Languedoc-Roussillon, du Pôle parisien des Ecoles d'Ingénieurs de Chimie et des Ecoles d'Ingénieurs de Génie Chimique,...) et international (collaborations spécifiques avec des partenaires anglais, polonais, japonais, israéliens, américains,...) et d'autre part sur les participations et animations de réseaux académiques nationaux ou internationaux, GNR PARIS/NEEDS, réseaux européens ACTNET-TALISMAN, ACSEPT, ASGARD,... Cette politique volontariste repose aussi sur la promotion de la formation par la recherche qui s'effectue par l'accueil et l'encadrement de jeunes thésards dans les équipes de R&D du DRCP et sur la participation de certains ingénieurs-chercheurs du département à l'enseignement supérieur dans les Ecoles d'Ingénieurs ou dans les Universités proposant des formations en adéquation avec les besoins du département (notamment ENSCM, Chimie ParisTech, Université Montpellier 2).

Ainsi le DRCP accueille un nombre important de collaborateurs en formation (>20% de son effectif chercheurs).



Le nombre de thésards a augmenté de 2008 à 2011 pour rester constant autour de 25 ETPT (Equivalent Temps Plein Travaillé). Pour les encadrer il faut mentionner que 44% des 115 ingénieurs-chercheurs du département sont docteurs, 33% sont Experts CEA et 7% sont HDR. Les thésards sont encadrés principalement dans les thèmes [ACT], [SEP] et [CVN]. Il faut mentionner que le DRCP contribue depuis de nombreuses années à l'organisation d'une semaine dédiée aux thésards et post-docs (Journée scientifique de Marcoule) avec conférences invitées et présentation des nouveaux entrants. De plus, le département organise depuis 2013 une journée dédiée spécifiquement aux thésards et post-docs qui leur permet de mettre en perspective l'ensemble de leurs travaux de recherche. Les HDR sont majoritairement rattachés à l'ED 459 de l'Université Montpellier2 (5 HDR sur 8). Il faut signaler que ce nombre de HDR est insuffisant pour l'ensemble du DRCP mais le département a établi un plan prévisionnel de passage d'HDR pour les ingénieurs-chercheurs du département et a notamment inscrit cet objectif ambitieux dans les objectifs personnels des salariés concernés lors des entretiens annuels d'activité.

En ce qui concerne l'enseignement, les chercheurs-ingénieurs du département interviennent naturellement dans les formations concernant la chimie du nucléaire (cycle du combustible en particulier) via l'INSTN (2 Professeurs et 2 MdC INSTN), l'ENSCI Limoges et ISTP-ENSMSE de Saint Etienne et dans le futur le DRCP est susceptible d'intervenir dans une formation envisagée dès 2014 à l'Université de Nantes (Master 3M « Molécules-Matériaux-Médicaments »). Au niveau international, le DRCP intervient dans les formations spécifiques comme le Master 2 de Nuclear Energy (INSTN/ParisTech/ECP/SUPELEC/Université de Paris 11) ainsi que le Master 3 de l'International School in Nuclear Engineering (INSTN). Le département est également impliqué dans le projet CINCH sur la mise en commun et la gestion de l'enseignement au niveau européen et il doit intervenir à partir de 2014 dans l'enseignement de la chimie des actinides dans le cadre de l'Institut Franco-Chinois pour l'Energie Nucléaire (IFCEN) à Canton. Globalement l'enseignement aux niveaux Licence Pro, INSTN, Ecoles d'Ingénieurs, Master et International représente un volume annuel d'environ 400 heures.

Les entretiens du comité avec les étudiants se sont déroulés dans une atmosphère très cordiale. Ils ont montré la grande qualité et l'efficacité de l'accompagnement des thésards et la satisfaction et le bien-être des thésards tout comme l'excellente ambiance qui règne au sein du département. Il faut dire que le CEA pourrait se substituer totalement à la formation doctorale des ED y compris pour les enseignements en cours de doctorat, les embauches et le suivi post-doc des docteurs. On pourrait suggérer quand même une petite amélioration à ce niveau pour les contacts entre les doctorants et leur ED de rattachement universitaire au moins pour la partie administrative des dossiers.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie et le projet à 5 ans ainsi que les perspectives à plus long terme ont été présentés de manière brillante et lucide. Une analyse SWOT magistrale permet entre autres choses d'insister sur les nombreuses opportunités et sur certaines menaces inquiétantes. Les opportunités pour le département sont les enjeux industriels majeurs dans l'aval du cycle électronucléaire dans la prochaine décennie, son savoir-faire, ses compétences et ses installations uniques au monde et valorisables dans d'autres domaines (métaux stratégiques notamment), son réseau de collaborations actives dans le domaine de la recherche scientifique de base et son fort ancrage dans les projets européens, sans oublier de mentionner son réseau de collaborations internationales actives. Les menaces portent sur le contexte économique fragile, sur les incertitudes concernant l'évolution de la stratégie française en matière d'électronucléaire, sur l'évolution réglementaire permanente pour les INB, sur la difficulté à assurer sur le long-terme le financement de la recherche de base, sur les difficultés à assurer la continuité des compétences dans un contexte budgétaire décroissant et sur la situation économique limitant les marges de manœuvre du partenaire principal AREVA.

L'analyse SWOT globale, ainsi que l'analyse SWOT plus détaillée sur la base de 20 indicateurs regroupant 4 grandes thématiques et une analyse complémentaire TRL des thèmes non transverses, placent le DRCP en position médiane sur la chaîne de valeur R&D, ce qui lui impose de s'associer à des partenaires académiques pour enrichir sa recherche amont et se ressourcer, et à des équipes plus orientées « technologie » pour porter les procédés à un niveau de maturité suffisant pour les rendre opérationnels à l'échelle industrielle. Cette étroite imbrication est certes un plus, mais elle requiert de cultiver des partenariats et des réseaux de collaborations. Pour mener à bien ces missions, le DRCP possède un outil expérimental exceptionnel, pratiquement unique au monde, ATALANTE dont il assure l'exploitation très coûteuse.

Ainsi avec des perspectives financières contraintes et dans un contexte réglementaire qui se durcit, et donc avec un impact fort sur le coût de fonctionnement d'ATALANTE, les perspectives programmes du DRCP portent à la fois sur le cœur de métier (aval du cycle électronucléaire), sur l'élargissement du programme nucléaire hors recyclage, sur l'élargissement des activités au-delà du seul nucléaire et sur les enjeux d'ATALANTE.



Pour le cœur de métier dont l'enjeu est de renforcer l'aspect développement durable du nucléaire de demain, il faut porter de nombreux projets sur le recyclage et le multi-recyclage qui apportent une contribution majeure à la soutenabilité (augmenter l'efficacité d'utilisation des ressources Uranium, mono-recyclage et multi-recyclage U/Pu et multi-recyclage U/Pu+Am et U/Pu+Cm) et sur le renforcement de la simulation procédés et systèmes qui comporte notamment une modélisation multi-échelle d'espace des procédés d'extraction L/L. A cela doit s'ajouter une démarche d'éco-conception avec l'intégration de l'impact environnemental dans le choix des produits chimiques et dans la conception des différentes étapes des procédés et ce, à l'aide du développement et l'utilisation d'outils ACV. En effet le recyclage n'a de sens que si son impact environnemental reste limité.

Pour l'élargissement du programme nucléaire hors recyclage, les activités du DRCP vont porter notamment sur le développement de procédés innovants de récupération et de purification des minerais d'uranium, sur la production de matières purifiées pour des sources neutroniques, sur l'assainissement et le démantèlement avec la valorisation des procédés de séparation et le développement de méthodes analytiques, sur la caractérisation et le développement de procédés de traitement des MCCI (Molten Corium - Concrete Interaction) de Fukushima.

Par ailleurs pour l'élargissement du programme au-delà du seul secteur nucléaire, le DRCP s'est engagé dans une démarche pour élargir le champ d'application thématique de ses compétences en chimie séparative et pour mettre les compétences développées pour la chimie nucléaire au service de la chimie des matériaux stratégiques (terres rares, platinoïdes...), avec notamment un développement à l'échelle du laboratoire de procédés de séparation des terres rares pour le compte d'industriels de l'industrie minière ou du recyclage. Mais au-delà des programmes ponctuels en cours, une réflexion plus stratégique est menée sur l'opportunité de créer sur le centre de Marcoule un Institut Européen d'Hydrométallurgie (IEH) qui aura la mission de soutenir, via un réseau de laboratoires de recherches en minéralurgie et métallurgie, l'industrie européenne minière et du recyclage avec le développement de procédés adaptés, leur qualification et leur validation à l'échelle prototype. Ainsi ce projet très ambitieux permettra de valoriser les compétences du DRCP et des autres départements de recherche de Marcoule dans le domaine des sciences séparatives. Il devrait comporter une première étape avec la construction d'une plateforme technologique bas-débit (1 L/h) et une deuxième étape avec la construction d'une plateforme pré-industrielle haut-débit (50 L/h à 100L/h).

Enfin sur les enjeux d'ATALANTE, les perspectives programmes du DRCP sont clairement affichées malgré un contexte financier difficile consécutif à une diminution significative des financements publics : il s'agit de préserver la disponibilité maximale de cette plateforme expérimentale pour la R&D avec le maintien des meilleures conditions de sûreté/sécurité, d'adapter la plateforme à l'évolution des programmes et aux besoins des expérimentateurs, d'adapter l'installation aux évolutions réglementaires et il s'agit aussi de mener des projets permettant de pérenniser ATALANTE avec notamment la préparation de la réévaluation décennale de sûreté 2017 et la modification des exutoires effluents/déchets.

En conclusion, la stratégie future de positionnement du DRCP va porter sur l'élargissement des clients potentiels à la fois dans le domaine du cycle électronucléaire et dans les domaines hors nucléaires (industries minières et du recyclage, projets ANR) et dans le renforcement de certains partenariats clés académiques français, européens et mondiaux qui toutefois sont déjà nombreux et bien ciblés.

La crédibilité de cette stratégie est patente. En réponse notamment à des analyses SWOT et TRL circonstanciées et parfaitement lucides, la stratégie repose sur la maîtrise d'un projet cohérent quant aux aspects efficacité de l'articulation recherche scientifique de base et recherche technologique, sur la richesse et l'ouverture des partenariats académiques et extra-académiques, et la capacité d'adaptation et de réorientation stratégique en réponse aux évolutions de l'environnement politique. De fait dans un environnement politique complexe et mouvant et de plus dans un cadre financier prévisionnel de décroissance budgétaire, force est de constater que cette stratégie comporte une grande prise de risques pour un projet cohérent. Mais avec la qualité et la compétence de ses équipes de recherche et avec sa force de frappe constituée avec la plateforme ATALANTE, le département DRCP véritable fleuron français pour la R&D pour l'industrie du cycle du combustible nucléaire possède tous les ingrédients pour mener à bien ce projet et ce, avec notamment un renforcement partenarial volontariste marqué à la fois au niveau académique (intégration de chercheurs et de post docs et recherche amont concernant les domaines des actinides et de la chimie analytique) et au niveau industriel pour valoriser le savoir-faire du CEA en chimie séparative hors du domaine du nucléaire et notamment dans le domaine du recyclage des matériaux stratégiques (terres rares, platinoïdes...) ou dans le domaine des industries minières (projet IEH).



## 4 • Analyse thème par thème

**Thème 1 :** Chimie des Actinides et des produits de fission [ACT]

**Nom du responsable :** M. Philippe Moisy

**Effectifs** 24 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	9	9
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	3	3
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	8	
<b>TOTAL</b>	24	12

### • Appréciations détaillées

Le DRCP a décidé de présenter pour le bilan 2008-13 les travaux de recherche sur la chimie des actinides et produits de fission dans le thème [ACT]. Les études du thème ACT concernent les propriétés et la réactivité des actinides et produits de fission à l'état solide, en solution aqueuse et en milieu hydro-organique pour donner support aux procédés.

Selon le DRCP, le thème [ACT] est découpé en 6 sous-thèmes : chimie du solide, radiolyse des solutions, chimie théorique, spéciation, spectroscopie et toxicologie. L'objectif est du point de vue scientifique l'amélioration des connaissances et du point de vue technique l'application dans des procédés de séparation et des autres applications à long terme.

La méthodologie est basée sur un couplage des méthodes expérimentales et de la modélisation théorique. La démarche est basée sur les synergies avec d'autres laboratoires à l'intérieur et à l'extérieur du CEA.

Les méthodes expérimentales utilisent de multiples techniques spectroscopiques atomiques et moléculaires. Le parc instrumental au sein de la plateforme ATALANTE est extraordinaire et dispose de presque toutes les techniques qui sont nucléarisées.

La modélisation théorique est basée sur des approches quantiques, DFT ou de dynamique moléculaire.





Il y a plusieurs points d'interaction avec d'autres thématiques du DRCP, notamment DIS, SEP et CVN. Les problèmes étudiés sont menés en étroite relation avec les autres activités de développement de procédés.

La production scientifique est quantitative et qualitativement importante. Avec 107 publications indexées dans des revues à forts facteurs d'impact et 22 thèses soutenues depuis 2008, elle est le fait d'un groupe de recherche situé au tout premier niveau mondial.

La possibilité de travailler avec des actinides au-delà de l'uranium et avec des produits de fission est presque unique au monde et ce, avec des laboratoires très bien équipés pour mener ces recherches.

L'insertion régionale est patente et en croissance avec notamment une participation active à la formation par la recherche avec l'université de Montpellier 2 .

L'obtention de financements publics est à souligner avec 7 projets ANR.

### Conclusion :

#### ▪ *Avis global sur le thème:*

Le thème [ACT] est globalement bien développé au sein du département DRCP au point de vue des travaux internes et des notables collaborations externes et il constitue la base de plusieurs des travaux plus technologiques développés au CEA.

Ses perspectives sont clairement affichées avec les principaux objectifs scientifiques et en relation avec le monde scientifique et économique.

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- La possibilité de travailler avec des actinides au delà de l'uranium et avec des produits de fission est presque unique au monde et ce, avec des laboratoires très bien équipés pour mener ces recherches.

- Les moyens analytiques dont dispose les chercheurs et ingénieurs du thème [ACT] sont aussi très performants.

- Les collaborations scientifiques externes avec des universités et centres de recherche en France sont très intéressantes. La collaboration avec d'autres laboratoires européens et américains est aussi à souligner.

- Il faut aussi souligner que les moyens humains et les équipements d'ATALANTE sont très stratégiques pour développer les activités du thème.

#### ▪ *Points faibles à améliorer et risques liés au contexte:*

- Il y a un risque de non-visibilité du thème [ACT] dans la feuille de route stratégique du département qui ne semble pas assez mettre en exergue le rôle fondamental de ce thème pour la viabilité et le soutien des autres thèmes.

#### ▪ *Recommandations:*

- Il faudrait mieux préciser si la répartition des 6 sous-thèmes du thème [ACT] répond à des critères d'efficacité ou à des critères de développement historique du laboratoire.

- Il conviendrait d'intégrer encore mieux et de développer la participation du thème [ACT] dans les enjeux associés à la feuille de route stratégique du Département DRCP.



**Thème 2 :** Procédés de dissolution et piégeage de rejets gazeux [DIS]  
**Nom du responsable :** M. Andréa SALVATORES  
**Effectifs** 36 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	14	14
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	14	14
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants	4	
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	4	
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>28</b>

## • Appréciations détaillées

Au sein du thème [DIS], le travail mis en œuvre dans le cadre du premier sous-thème 'procédés de dissolution' est des plus importants pour ce qui concerne les phases du cycle du combustible nucléaire. En effet la dissolution du combustible usagé ou non se doit d'être absolument totale avant d'aborder la phase de séparation. Cette dissolution quantitative est d'autant plus requise que toutes micro- ou nano- particules non dissoutes en amont entraineraient des difficultés notoires dans les phases avalées de séparation. Quant au second sous-thème 'piégeage des rejets gazeux' il concerne directement la problématique environnementale avec la cible de « zéro rejet ».

Les travaux de recherches menées dans la thématique [DIS] sont intimement liés à l'activité industrielle nationale et requièrent par nature le dépôt de brevets. Cette production étant a priori antagoniste avec la publication dans la littérature scientifique, force est de noter la relative faible visibilité internationale dans ce domaine, ce qui peut être compris. Toutefois les brevets produits sont accessibles.

Le rayonnement technologique est en conséquence excellent. En effet, les activités déployées par les groupes et équipes attachés au thème [DIS] ont actuellement un impact excellent sur le plan industriel aux niveaux national, européen, voire mondial, de par l'exploitation de cette technologie.



L'impact économique du premier sous-thème est important et essentiel pour le recyclage ; il en est de même pour le sous-thème piégeage sur le plan social.

La 'dissolution' étant incontournable, et devant être quantitative, force est de lui attribuer une note d'impact exceptionnelle. Le 'piégeage' étant par nature jamais totalement quantitatif a priori, pouvant se baser sur le concept ALARA, une très bonne rétention sera nécessaire, impliquant pour la recherche un degré d'impact de même nature.

L'organisation et la vie de l'entité sont excellentes ; elles se veulent constructives dans la production en interne ainsi qu'en collaboration avec d'autres groupes du département.

L'implication dans la formation par la recherche est certes très bonne. Mais elle devrait être encore plus marquée dans les mois à venir dans le cadre d'une coopération internationale plus significative.

La stratégie du projet est bien formulée avec une diversification planifiée, passant du combustible classique au combustible mixte, et suggérant l'expérience à des combustibles plus complexes voire d'autres phases telles que céramiques (récupération du corium) et minerais (oxydes, phosphates, silicates ...). Cette diversification ouvre l'horizon du projet sur une période d'au moins cinq ans.

## Conclusion

### ▪ *Avis global sur le thème :*

Le projet lié au thème [DIS] est et sera en conséquence porteur de divers fruits de qualité. Il est donc important que lui soit attribuées les ressources nécessaires. Celles-ci pourront être complétées par l'apport de ressources complémentaires émanant de l'industrie ou de sources secondaires. Il est crucial de maintenir au moins le niveau de support constant en personnels et en moyens afin de permettre au groupe de pouvoir réaliser le travail suggéré par le chef du département.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- Le fruit issu de la recherche engendrée par le thème 2 nourrit par son application industrielle une des étapes les plus importantes du cycle du combustible nucléaire.

- Le dioxyde de plutonium étant plus difficile à lixivier, le défi sera de réaliser la dissolution quantitative des combustibles d'oxydes mixtes usagés.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte:*

- Le comité n'a pas décelé à proprement parler de réels points faibles.

- Mais, les risques liés au contexte national, notamment de restrictions budgétaires, sont cependant notoires car les activités principales du thème [DIS] sont liées à la présence de laboratoires chauds. Il est en conséquence impératif de maintenir cet outil exceptionnel qu'est ATALANTE.

### ▪ *Recommandations:*

- Les projets issus du thème [DIS] ont une importance capitale sur le plan industriel national, européen voire mondial. Il est donc essentiel de maintenir voire de consolider l'activité des groupes et équipes impliqués dans ce thème.

- Par ailleurs, sur le plan académique, on notera que le thème [DIS] ne comporte qu'un petit nombre croissant de doctorants et qu'un stimulus académique pourrait être suggéré avec la venue de post-doctorants attachés au projet.

- Ainsi, le développement d'études parallèles permettrait la production de publications scientifiques et par suite une meilleure ouverture en ce qui concerne les coopérations internationales.

- Le laboratoire chaud (ATALANTE) où se réalisent les activités de recherche du thème [DIS] est un outil d'exception ; il est en conséquence nécessaire de valoriser cette unité du patrimoine du CEA.



**Thème 3 :** Chimie séparative et procédés de séparation [SEP]

**Nom du responsable :** M. Jean-Philippe DANCAUSSE

**Effectif** 67 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	30	30
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	30	30
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	5	
<b>TOTAL</b>	<b>67</b>	<b>60</b>

### • Appréciations détaillées

La thématique [SEP], Chimie séparative et procédés de séparation, couvre deux volets, un volet amont correspondant aux Niveaux de Maturité Technologique (TRL) de 0 à 4 (recherche générique amont - recherche technologique de base - recherche de faisabilité scientifique) et un volet plus aval associé aux TRL 4 à 9, et principalement 4 à 8 (recherche de faisabilité scientifique - développements technologiques - démonstration technologique).

Les installations d'ATALANTE sans réel équivalent à ce jour dans le monde permettent de travailler avec de la matière hautement radioactive à plusieurs échelles et notamment à celle de la démonstration de procédés. En ce sens, ATALANTE et le DRCP sont incontournables dans le développement de procédés dédiés au nucléaire et tout particulièrement dans le développement des procédés concernant le traitement des combustibles nucléaires usés. Dans ce contexte, l'ancrage du thème [SEP] dans les TRL 4 à 9 est parfaitement logique, voire indispensable. La connaissance des procédés et le retour d'expérience aussi bien industriel (usine AREVA de la Hague) que des études de développements technologiques permettent par ailleurs d'identifier des verrous scientifiques à lever et génèrent des questionnements qui ont vocation à initier des recherches fondamentales. Dans l'aval du cycle nucléaire, les développements de la séparation au cours de ces dernières années ont porté sur la mise au point de procédés pour la co-extraction de l'uranium et du plutonium des combustibles UOX et MOX usés, en vue de leur recyclage, et sur la séparation sélective des actinides mineurs à des fins de transmutation éventuelle. Les avancées concernent de nouvelles molécules extractantes ou des associations de molécules extractantes testées sur des solutions réelles de combustible usé dans l'installation ATALANTE (procédés SANEX, EXAm, GANEX). Les systèmes d'extraction sélectionnés satisfont aux exigences d'une mise en œuvre industrielle (notamment : résistance à la radiolyse, solubilité, sélectivité).



L'ouverture sur l'amont du cycle nucléaire (utilisation de monoamides pour le traitement des minerais conventionnels, récupération de l'uranium contenu dans l'acide phosphorique, etc) se situe parfaitement dans le champ de compétences du DRCP et relève bien du thème [SEP]. Là encore des acquis majeurs ont été obtenus. Ainsi le développement récent d'une famille d'extractants bifonctionnels de type amido-phosphonates pour la récupération de l'uranium contenu dans l'acide phosphorique obtenu par voie humide est un exemple de contribution en rupture qui ouvre une voie hors du domaine historique du DRCP centré jusqu'à il y a peu sur l'aval du cycle électronucléaire. Dans ce cas précis, le DRCP a conçu des molécules qui ont une affinité inégalée pour l'uranium(VI) et surtout qui présentent une sélectivité remarquable, notamment vis-à-vis du fer(III), avec des facteurs de séparation FSU/Fe pouvant atteindre 3000, à comparer à la valeur 150 obtenue avec le système de référence D2EHPA/TOPO. Cet exemple illustre magistralement la capacité du DRCP à innover.

Enfin, la réflexion sur une ouverture plus large sur l'hydrométallurgie primaire ou associée au recyclage des métaux stratégiques (par exemple terres rares) se positionne dans le prolongement de la démarche déjà mise en place pour l'amont du cycle. La réflexion est pertinente car le DRCP à travers ses compétences acquises dans le domaine nucléaire pourrait être un acteur essentiel dans ce secteur d'activité voué à une forte expansion, une telle ouverture se situant parfaitement dans le champ de l'ambition n°2 (Le recyclage des matières : métaux rares) sélectionnée tout récemment parmi six autres par la Commission Innovation. Néanmoins, il conviendra de mettre en place une structure ad hoc qui soit complémentaire de l'installation ATALANTE. La création d'un Institut Européen d'Hydrométallurgie en partenariat avec des industriels constitue un objectif ambitieux.

En terme d'effectifs, la proportion des moyens humains relevant des TRL 0 à 3 est importante (> 50%) et traduit la volonté du DRCP de s'impliquer dans tous les maillons de la chaîne d'innovation de la molécule aux procédés et pas seulement dans les phases de développements technologiques.

La production scientifique en termes de brevets, notes et rapports techniques CEA, publications dans des revues à comité de lecture, conférences dans des congrès est impressionnante et révélatrice de la qualité et du dynamisme du travail réalisé dans le thème [SEP]. Enfin, l'implication de plusieurs chercheurs dans l'animation de réseaux et la formation initiale au sein de différents établissements est à souligner.

## Conclusion

### ▪ *Avis global sur le thème:*

Très clairement, l'activité déployée dans le cadre du thème [SEP] et la production scientifique qui en résulte sont très importantes, avec des acquis souvent en rupture technologique et pouvant avoir des retombées applicatives majeures. Ainsi les résultats obtenus par le DRCP avec le thème [SEP] ainsi que les développements technologiques qui en découlent ont une portée essentielle pour évaluer les options du nucléaire du futur, l'importance de cette contribution étant régulièrement soulignée par la Commission Nationale d'Évaluation (CNE2).

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- L'activité du DRCP se caractérise par des avancées déterminantes, aussi bien à l'amont qu'à l'aval du cycle nucléaire, attestées par des études fondamentales publiées dans des journaux réputés ou présentées dans des congrès internationaux, mais aussi par des essais pilotes convaincants et des dépôts de brevets.

- Les besoins de recherche fondamentale et de R&D liés au nucléaire du futur comme ils sont appréhendés dans le thème [SEP] devraient être porteurs (usine du futur, nouveaux combustibles et cycles associés), malgré les incertitudes politiques propres au nucléaire.

- La capacité d'avoir une démarche intégrée de la molécule aux procédés constitue un atout majeur qui permet au DRCP d'avoir une position d'expertise unique dans le panorama français et de leader au niveau international, ce qui se traduit notamment par sa capacité à fédérer des programmes européens ambitieux (TALISMAN, ACSEPT, etc.), ainsi que de nombreuses collaborations internationales.

- L'expertise du DRCP dans le domaine des procédés de séparation est de toute évidence un gage de succès pour essaimer dans les activités de recyclage des métaux rares à un moment où notre pays en fait l'une de ses priorités.

- Enfin, une contribution notoire à la formation initiale (L3 - M2) et à la formation par la recherche est à souligner.



▪ *Points faibles et risques liés au contexte:*

- Les incertitudes de nature politique qui pèsent sur le nucléaire du futur et sur le financement des recherches qui y sont associées constituent un risque réel à moyen terme.

- Par ailleurs, le DRCP entretient un partenariat industriel très/trop ciblé (AREVA) et il y a un manque de visibilité sur d'autres ouvertures, malgré des tentatives de rapprochements avec de grands industriels du secteur minier.

- Il convient aussi de prendre en compte le risque lié à une dilution d'identité pouvant résulter d'une montée en régime dans des activités de recyclage des métaux rares qui ne sont pas le cœur de métier d'ATALANTE.

- Il est à noter que la plus grande partie de l'activité du DRCP portant sur le thème 'Chimie séparative et procédés de séparation' concerne l'hydrométallurgie, tandis que la pyrométallurgie (sels fondus) semble plutôt faire l'objet d'une veille scientifique, avec un risque préoccupant de pertes de compétences.

- L'articulation avec l'ICSM porteur notamment de l'ERC Advanced Grant « Rare Earth Element reCYCLing with Low harmful Emissions » (2012 - 60 mois) mériterait d'être renforcée.

- Enfin, la tendance prévisible de diminution du nombre de thèses de doctorat est préoccupante.

▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande de :

- Eviter une dilution de l'identité 'nucléaire', ce qui n'empêche pas d'essaimer dans des domaines connexes (hydrométallurgie et recyclage hors nucléaire), mais à travers des structures et une organisation ad hoc.

- Elargir le champ des partenariats industriels.

- Renforcer le partenariat avec l'ICSM en développant un esprit de culture commune axée sur l'innovation

- Développer les lab-on-chips, en « nucléarisant » des techniques comme la microfluidique pour mener des études fondamentales, et pas uniquement de l'analyse (par exemple étude des cinétiques d'extraction liquide-liquide avec des molécules nouvelles) et pour réduire les coûts d'étude dans une période qui sera de plus en plus contrainte financièrement.

- Veiller à encore mieux traduire en termes de publications scientifiques de haut niveau les résultats des recherches menées. En effet en l'état [SEP] contribue à 56% des brevets, à 45,6% des communications orales dans des congrès internationaux, mais seulement à 21% des articles dans des revues à comité de lecture du DRCP.



**Thème 4 :** Procédés de conversion des actinides [CVN]

**Nom du responsable :** M. Stéphane GRANDJEAN

**Effectifs** 34 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	10	10
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	14	14
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	8	
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>24</b>

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les activités du thème [CVN] s'organisent en fonction de deux contraintes fortes : la première est liée à la nécessité de travailler sur de la matière radioactive, avec deux conséquences majeures, d'une part le temps nécessaire pour obtenir un résultat est beaucoup plus élevé qu'avec un produit non radioactif, d'autre part le coût d'une expérience est lui aussi très supérieur. La seconde contrainte est liée au fait que les recherches menées au DRCP sont majoritairement des recherches appliquées, faites essentiellement pour un industriel, AREVA, même si l'étude de la transmutation des actinides mineurs est faite dans le cadre de la loi sur les matières et déchets nucléaires, et dispose d'un financement public. Conséquence de l'implication d'un industriel, la publication des résultats n'est pas faite dans les conditions habituelles de la recherche universitaire : la part des articles publiés dans des revues à comité de lecture, et même dans des congrès y est plus faible que les brevets et les notes techniques, même si ces dernières impliquent appareil critique et système de relecture multiple.

Le bilan de l'activité 2008-2013 rapporte parmi les "principaux faits marquants scientifiques sur la période" les études de co-conversion uranium-plutonium. C'est effectivement une avancée majeure dans les techniques de conversion, d'un niveau comparable à ce qu'avait été la mise au point de la précipitation continue de l'oxalate de plutonium, qui fut en son temps la condition de l'industrialisation de cette technique.



Il convient de préciser quel est l'apport industriel de la coprécipitation de l'uranium et du plutonium. Cette technique, appliquée à des solutions industrielles, permet de recycler le plutonium des combustibles usés dans du combustible neuf destiné à des réacteurs civils, sans jamais le séparer de l'uranium, ce qui prévient le détournement de ce plutonium à des fins militaires. La disponibilité d'une telle option permet à AREVA de proposer à l'exportation des techniques de retraitement de combustibles usés civils vers des puissances nucléaires réelles ou potentielles. Le seul inconvénient est l'accroissement du flux de matière à traiter qui peut amener, soit à multiplier les lignes de précipitations (problème économique) soit à accroître la capacité de ces lignes (problème technique). Celles-ci sont actuellement contraintes par des limites géométriques, garantes de la sûreté vis-à-vis de la criticité et par les propriétés rhéologiques des pulpes d'oxalate de plutonium. L'extension de la capacité des lignes est un sujet traité par un autre département sur le site de Marcoule, le DTEC.

La mise au point de cette précipitation a demandé des études sur la stabilité des différents oxalates et oxalates mixtes d'uranium et de plutonium aux degrés d'oxydation IV et III respectivement, pour aboutir à un procédé : la coprécipitation d'oxalate d'uranium tétravalent avec celui de plutonium trivalent. Le choix de précipiter l'uranium et le plutonium aux degrés d'oxydation IV et III respectivement en fait un procédé robuste, paramètre primordial au plan industriel. Les développements ont été poursuivis par la calcination, dont il a été vérifié qu'elle conservait l'homogénéité du mélange, jusqu'à la fabrication de pastilles. Celles-ci ont été ensuite intégrées à un crayon combustible et irradiées dans le réacteur Phénix. Elles ont été examinées par le Département d'Etudes des Combustibles à Cadarache.

Il est intéressant de constater que la maîtrise des techniques de coconversion ainsi acquise par le DRCP s'est révélée utile pour la conversion des actinides mineurs. En effet, l'américium est un émetteur significatif de rayons alpha et gamma et, quand il est concentré, les effets indésirables, notamment les effets thermiques, présentent des contraintes importantes. La précipitation sous forme d'oxalate mixte d'uranium et d'américium est un élément de solution à ce problème. On peut ainsi accéder par calcination directe de ces oxalates mixtes à un oxyde mixte qui est gérable du point de vue thermique. Remarque : la thermique n'est pas le seul domaine où l'intense radioactivité des composés manipulés fait problème. Cette radioactivité intense a des effets sur les matériaux mis en œuvre, et c'est aux équipes responsables de la conversion qu'a été confiée l'étude des problèmes que pose la radiolyse, comme une compétence indispensable à l'accomplissement de leurs missions.

Enfin, au moins pour certaines étapes, la modélisation informatique du procédé a été réalisée ; à cet égard, le précipitateur vortex a été modélisé et cette modélisation rend compte en particulier de la granulométrie des grains d'oxalate d'uranium, de néodyme, etc.

Ce n'est toutefois pas la seule voie de conversion des sels d'uranium et d'américium que le DRCP a essayée. En effet, les poudres d'oxydes d'uranium et d'américium obtenues par précipitation d'oxalate mixte ont une granulométrie qui comprend des poudres fines présentant les inconvénients suivants : montée de l'activité gamma des enceintes où ces poudres sont manipulées et risque de contamination des personnes en cas de rupture de confinement. Une granulométrie resserrée vers les valeurs élevées affranchirait les opérateurs de ces risques. Deux technologies ont été évaluées pour atteindre ces objectifs : le procédé dit « sol-gel » et la fixation sur résines carboxyliques.

Le procédé sol-gel est un procédé dont les grandes lignes sont connues. Il présente la particularité de produire des sphérules non-contaminantes, ce qui est l'objectif recherché, mais également des effluents qui ne peuvent pas être, dans l'état actuel des connaissances, traités par concentration puis recyclage dans le flux principal. Dans la voie par précipitation oxalique, la haute concentration d'acide nitrique présente au bouilleur et le temps de séjour élevé permettent de détruire les oxalates. Les équipes du DRCP ont évalué le procédé sol-gel et ont renoncé à le développer. Les chances d'aboutir à une gestion des effluents d'une efficacité environnementale équivalente à ce qui est pratiqué pour la voie oxalate apparaissent probablement trop incertaines compte tenu des enjeux.

La fixation sur résines carboxylique a été introduite plus récemment. Ce procédé consiste à charger à refus des grains de résine carboxylique au moyen de solutions aqueuses concentrées. L'étape suivante du procédé consiste à calciner les résines chargées. Le résultat le plus satisfaisant est que les sphérules d'oxyde sont obtenues en conservant les propriétés utiles (ordre de grandeur, absence de fines) des grains de résine. L'équipe a présenté l'état de ses travaux sur ce sujet, pour la réalisation de mélanges d'oxyde d'uranium et d'américium : autant charger de façon homogène une résine d'uranium (ou d'un autre métal seul) est simple, autant préparer des résines chargées de façon équilibrée en uranium et américium constitue un défi. La résine chargée est ensuite calcinée : une succession de cycles de calcination oxydante suivis, si besoin est, de réduction ménagée, permettent de maîtriser la composition des mélanges dont l'homogénéité reste satisfaisante. Ce procédé suit un développement qui apparaît favorable et constitue une alternative crédible au procédé de précipitation oxalique pour la réalisation de cibles riches en américium.





## Conclusion

### ▪ *Avis global sur le thème:*

Ce qui précède démontre que les équipes du DRCP ont des compétences uniques à l'échelle mondiale : certaines équipes, typiquement celles de l'ITU Karlsruhe, Allemagne, ont des compétences et des connaissances de même niveau sur les matériaux exotiques qui sont synthétisés par les équipes du DRCP. Mais les équipes américaines et russes, comme celle de l'ITU n'ont, semble-il, jamais organisé leurs connaissances dans la perspective de les utiliser pour concevoir un procédé industriel : c'est ce dernier point, le projet de mise en œuvre industrielle qui souligne le caractère exceptionnel des compétences présentes au sein du DRCP. Il s'agit d'une tradition ininterrompue des équipes du CEA qui ont précédé le DRCP sur la conversion : mise au point de la conversion continue dans un réacteur vortex, puis concentration des eaux-mères oxaliques et recyclage des eaux-mères oxaliques dans le procédé (années 1970 et 1980), filtration continue à haute capacité (années 1980 et 1990), puis coprécipitation dans les années 2000.

La production scientifique sur le thème [CVN] témoigne de l'intérêt que suscitent ses travaux : en 5 ans, 5 brevets et 39 notes techniques pour les publications classiques d'une unité qui travaille pour des applications à ajouter aux 30 publications et 59 présentations orales ainsi que 12 thèses soutenues. Cela témoigne du rayonnement national et international du DRCP sur ce thème.

Les perspectives sont clairement affichées avec les principaux objectifs scientifiques : approche multi-échelle des phénomènes en extraction L/L, contribution à l'essai intégral de recyclage de l'américium et de simplification du cycle dans le procédé PUREX, et ce avec le monde scientifique et économique hexagonal.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- Les équipes du thème [CVN] disposent avec ATALANTE d'un outil sans équivalent au monde d'une part, et sont fortes d'une expérience de plus de 40 ans de leadership industriel et scientifique sur le sujet d'autre part.

- La modélisation et la simulation numérique montent en puissance et elles commencent à être exploitées, y compris pour des applications (dimensionnement d'équipements, prévision des performances).

- Les objectifs stratégiques comprennent le multi-recyclage du plutonium, celui des actinides mineurs et la conception et la réalisation de combustibles qui ne seraient pas constitués d'oxydes de métaux fissiles et fertiles. Ces activités peuvent donc survivre à l'éventuelle diminution de la demande pour un des objectifs.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte:*

- L'analyse TRL du thème [CVN] montre la forte dissymétrie de la grille TRL vers les niveaux amont.

- Les activités de conception et de validation de la technologie au laboratoire sont bien représentées mais ce n'est pas le cas pour les validations en environnement réel de la technologie. S'il est normal - et prudent - qu'une unité de R & D dont l'activité est centrée sur l'innovation vérifiée à l'échelle du laboratoire ses procédés avant de faire des tentatives coûteuses à l'échelle industrielle, il n'en reste pas moins que le DRCP ne maîtrise pas les instruments d'essai à plus grande échelle, ceux-ci sont du domaine d'activité du DTEC : le commentaire qui est fait sur ce point par le DRCP le souligne lui-même. Il existe alors un réel risque de divergence dans les développements procédés et technologiques entre le DRCP et le DTEC, et l'organisation transverse par projet entre départements devrait veiller à en garantir la cohérence.

### ▪ *Recommandations:*

Le comité d'experts recommande de :

- Maintenir l'équilibre remarquable réalisé entre développement de procédé et connaissance fondamentale bien reflété dans l'équilibre de la production scientifique, entre brevets, notes techniques, publications dans des revues à comité de lecture et présentations orales dans des congrès.



- Pour contrer les risques de divergences d'orientation des recherches internes au site du CEA-Marcoule, mettre sur pied des rencontres périodiques entre les chercheurs du DRCP et ceux du DTEC, rencontres qui comprendraient des exposés faits par les deux parties, ainsi que la discussion des résultats présentés. La durée de telles réunions pourrait être d'un jour ou deux et leur périodicité est à choisir entre six mois et un an (des réunions plus fréquentes obèrent le temps de travail effectif mais si la périodicité dépasse un an, le risque de dommages en cas de divergences devient important). La présence de représentants de l'équipe de direction à ces réunions aurait clairement une valeur ajoutée. Enfin, il serait utile de réfléchir à l'intérêt qu'il y aurait également d'inviter à ces réunions ou à leurs conclusions, un représentant de l'ingénierie d'AREVA.



**Thème 5 :** Chimie Analytique et Métrologie [ANL]

**Nom du responsable :** M. Alexandre RUAS

**Effectifs** 38 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	15	15
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	17	17
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	2	
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>32</b>

### • Appréciations détaillées

La chimie analytique au sein du DRCP est représentée par trois activités. Tout d'abord, et c'est l'activité majeure, il s'agit du soutien opérationnel pour l'analyse en haute activité au sein d'ATALANTE, qui constitue la majeure partie du laboratoire LAMM. Les compétences nécessaires sont spécifiques et pointues, compte tenu des conditions opératoires (haute activité, chaînes bindées, et des éléments visés comme actinides et autres composés radioactifs). Les exigences de qualité (justesse et précision) sont de plus très pointues compte tenu de la nécessité de faire des bilans matière exhaustifs pour les procédés, et des obligations réglementaires. Des méthodes spectroscopiques et nucléaires (Gamma, X, UV-Visible), mais aussi des méthodes électrochimiques sont principalement utilisées. Ces compétences sont sans équivalent aux niveaux national et européen, et sont mobilisées en soutien méthodologique et technique à l'usine AREVA de la Hague.

La deuxième activité est celle de la CETAMA, Commission d'Établissement des Méthodes d'Analyse. Cette commission existe depuis plus de cinquante ans, et a joué un rôle majeur dans le développement de la chimie analytique pour la communauté nucléaire française. Il s'agit d'un réseau qui s'étend à l'ensemble des acteurs nucléaires, qui comprend d'une part une quinzaine de groupes de travail, dont les missions sont d'élaborer des méthodes d'analyses de référence et de les valider et d'autre part les laboratoires qui les mettent en œuvre par des circuits d'intercomparaison. Ces circuits sont alimentés en échantillons de référence, qui sont pour une bonne part, élaborés au LAMM, et reliés aux réseaux métrologiques internationaux (IRMM, BNEN, AIEA, etc.), pouvant concerner des matériaux de teneur certifiée (en concentration en actinides) ou de composition isotopique certifiée. C'est un maillon essentiel pour la qualification des analyses dans le domaine nucléaire, qui doit perdurer aussi longtemps que les activités nucléaires perdureront. La visibilité internationale de la CETAMA est très bonne, et c'est un exemple qui a inspiré la mise en place d'un certain nombre de réseaux similaires, notamment dans de grands groupes industriels.



Depuis quelques années, la CETAMA a été également missionnée pour élaborer la prospective en analyse pour le nucléaire, dont il a résulté des appels d'offre pour des post-docs sur des thématiques innovantes.

Enfin, la troisième activité est dédiée à des développements de méthodes et de dispositifs innovants pour l'analyse en haute activité, soit autour de la quantification dans des solutions concentrées, soit de manière plus prospective par le développement de systèmes miniaturisés pour l'analyse en ligne, avec l'ambition de réduire drastiquement les effluents analytiques, et de rétroagir en temps réel sur le procédé (PAT). C'est un axe important, mais qui ne peut être exploré au DRCP qu'avec des moyens et effectifs modestes, et donc qui se fait en collaboration avec d'autres équipes CEA (Départements de Physico-Chimie à Saclay notamment) et des équipes académiques (ISA Lyon, ISAB Paris...). Il est difficile, surtout dans la période actuelle de restrictions budgétaires, de mettre en place des projets de recherche technologique exploratoire, mais les analystes doivent continuer à se mobiliser pour imposer leur présence précocement dans les projets de R&D.

Pour compléter cet examen de la chimie analytique au sein du DRCP, il faut préciser que les autres thèmes comprennent également des activités qui relèvent de la chimie analytique. Ainsi, au sein du thème [ACT], de nombreuses méthodes analytiques innovantes et souvent spécifiques permettent d'avoir accès par exemple à la spéciation des actinides, comme la spectrométrie de masse à source électrospray, ou encore la RMN opérées au sein du laboratoire LILA. Ces méthodes, nucléarisées, sont une spécificité très importante de l'installation ATALANTE, et rendent vraiment unique l'outil ATALANTE comme plateforme de niveau international en matière de chimie des actinides.

### Conclusion :

#### ▪ *Avis global sur le thème:*

L'activité du thème [ANL] est une activité essentiellement opérationnelle mais très spécifique, et pour laquelle il n'y a pas au niveau national ou européen de compétences équivalentes, tant pour le soutien aux procédés, que pour le volet qualité, méthodes et métrologie. Malgré des moyens contraints, il est essentiel de promouvoir des développements scientifiques et technologiques, motivés par les réductions substantielles de coûts et d'impact, mais aussi par une maîtrise accrue des procédés. Il convient également de mentionner le caractère exceptionnel du parc analytique nucléarisé, performant et unique permettant d'obtenir des informations essentielles en matière de spéciation.

En résumé, le thème [ANL] est un thème très important, qui est une clé de voûte des procédés nucléaires, dont le maintien est impératif, tant pour accompagner les technologies actuelles, que pour minimiser les impacts et améliorer la maîtrise des futurs procédés en actif. Le volet métrologie, sous contrôle de la CETAMA, est également indispensable.

#### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- C'est une activité indispensable d'un point de vue opérationnel, qui repose sur une très haute qualification des spécialistes.

- Le thème [ANL] avec ses personnels et équipements occupe une position de leader mondial.

- Sont regroupés au sein d'ATALANTE des moyens uniques d'analyse et de caractérisation nucléarisés, qui peuvent et doivent être valorisés dans le cadre de collaborations internationales.

#### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte:*

- Compte tenu du caractère très opérationnel de ces activités, et des moyens très faibles consacrés au développement, la visibilité et le rayonnement sont faibles (peu de publications).

- L'attractivité pour des scientifiques de bon niveau, capables de s'impliquer dans le développement analytique n'est pas certaine sur le long terme, à moins de favoriser des synergies avec les autres thèmes qui nécessitent des moyens et méthodes analytiques très performants.



▪ *Recommandations:*

Il est important de maintenir des compétences en développement analytique qui permettent d'entretenir des ambitions et la volonté de progresser sans laquelle une activité opérationnelle aussi spécifique et complexe risque de péricliter à long terme. Cela doit être impérativement réalisé en s'appuyant sur la CETAMA qui doit rester le « pivot mondial ». Et cela doit motiver les nécessités de développer les méthodes analytiques nucléaires du futur, à faibles coûts et faibles impacts, et convaincre les partenaires industriels de mettre les développements analytiques au cœur des futurs procédés.

Dans cet esprit, il est recommandé aux personnels du thème [ANL] de montrer encore plus d'ambition sur les développements analytiques en explicitant les défis et verrous pour renforcer le potentiel français d'innovation et d'améliorer leur culture de publications avec une ouverture vers des journaux scientifiques non spécialisés dans le domaine du nucléaire.

De même, avec les connaissances et avec les technologies développées sur les capteurs et microcapteurs, il devrait être ambitionné la conquête des marchés de la sécurité pour répondre à des standards de normes imposées dans d'autres secteurs industriels, i.e. pétrochimie, pharmacie.....

Enfin, même si les marchés concernés par ces éventuels développements analytiques en milieu nucléaire sont restreints et spécifiques, il serait opportun de compléter les études prospectives menées par la CETAMA par des études technico-économiques illustrant les économies (à court et moyen termes) qui pourraient être générées par la généralisation de méthodes de micro-analyse en ligne. Ces technologies seront de plus essentielles dans le traitement des combustibles pour la génération IV, et doivent apparaître plus clairement dans les prospectives évoquées par le DRCP.



**Thème 6 :** Exploitation des laboratoires « chauds » [EXP]

**Nom du responsable :** M. Yves CHICOUENE

**Effectifs** 68 ETP

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	26	26
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)	42	42
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants		
<b>TOTAL</b>	68	68

### • Appréciations détaillées

Le thème [EXP] concerne l'exploitation de l'INB ATALANTE qui, avec ses 11 chaînes blindées permettant de mettre en œuvre des matériaux irradiants et 17 laboratoires équipés de boîtes à gants adaptés aux expérimentations sur les actinides, est un des plus grands laboratoires de chimie nucléaire en activité en Europe et dans lequel la plupart des R&D mentionnées dans les 5 thèmes précédents sont réalisées.

ATALANTE, grâce à son Service d'Exploitation (SEAT), prend en charge le respect des contraintes réglementaires encadrant les activités des personnels et les fonctions d'accueil de la R&D du département, et veille à la sûreté de l'installation sous contrôle de l'ASN. Ainsi le SEAT comprend environ 70 salariés dont la vocation est de maintenir l'installation opérationnelle et en sûreté, au profit des expérimentateurs. Il a de plus une obligation de réactivité pour s'adapter aux évolutions requises par les programmes de R&D. Il est donc structuré de façon cohérente avec 3 groupes : groupe de gestion de la sûreté-sécurité-matière-qualité (GSMQ), groupe de gestion de la maintenance et des réalisations (GESA) et groupe de gestion et évacuation des déchets et effluents produits dans ATALANTE (GEDM).



La possibilité d'utiliser à la fois la compétence en sûreté nécessaire à l'exploitation d'ATALANTE et les possibilités de mise en œuvre de moyens expérimentaux en actif ont favorisé l'implantation du pôle de compétence « risques chimiques » et « radiolyse » au DRCP par la direction fonctionnelle sur la protection et la sûreté nucléaire du CEA (DPSN). Le rôle de ce pôle consiste à apporter aux exploitants du CEA des réponses sur ces deux thématiques en utilisant l'expérience du DRCP, ses capacités de veille bibliographique, sa capitalisation documentaire et ses capacités de relais vers les équipes de R&D du département menant des essais. Ce choix s'est au cours des dernières années avéré très pertinent sur plusieurs sujets i.e., les études sur la radiolyse de polymères et sur la radiolyse de l'eau sorbée sur des poudres d'actinide menées dans ATALANTE ont été utilisées pour la construction d'un modèle opérationnel de radiolyse de colis de déchets.

Enfin il faut souligner le fait qu'ATALANTE est une installation évolutive totalement disponible pour la R&D (>95% de disponibilité du temps) et qui répond aux meilleurs standards de sûreté et sécurité.

## Conclusion

### ▪ *Avis global sur le thème:*

L'avis est extrêmement positif, tant au niveau du service rendu à l'exploitation scientifique (maintenance et modifications) et au traitement des déchets, qu'en ce qui concerne l'obligation de respecter les critères et réglementations de sûreté. Il faut aussi respecter et souligner le travail « dans l'ombre des scientifiques » des effectifs de ce département.

Les effectifs étant relativement restreints (26 ingénieurs et 42 techniciens) en regard des nombreuses tâches annuelles requises (dossiers de sûreté, maintenance et demandes de modifications, suivi des autorisations de travail, de visites, etc), la gestion d'ATALANTE requiert une grande efficacité.

Il est évident que même en cas de diminution budgétaire du département, ce poste ne pourra pas être réduit sans risques pour une bonne exploitation.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte:*

- Moyens techniques et organisationnels très bien adaptés aux demandes (vu en particulier l'importance de la sûreté).

- Installations liées au cycle, uniques au monde (à ce niveau de compétence) ; cette installation a un rayonnement international et un fort impact sur les relations du CEA dans la région, en France et dans le monde.

- Excellente organisation interne, avec 3 sections aux responsabilités bien définies : gestion de la sûreté/sécurité, gestion de la maintenance et des réalisations, gestion des déchets et effluents.

- Importance du GESA pour les expérimentateurs : prise en charge globale des modifications scientifiques ; la durée moyenne d'instruction de dossiers de modifications de 48 jours, ce qui est excellent (même si on tient compte du fait que les retards liés uniquement aux autorités de sûreté ne sont pas comptés).

- Il faut aussi signaler la disponibilité élevée des laboratoires (95%).

- Grande importance du laboratoire pour le rendement scientifique et pour le support à l'enseignement académique du DRCP.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte:*

- Evolution permanente de la réglementation des installations nucléaires : risques de coûts non prévisibles (à assumer évidemment).

- Incertitudes au niveau des plannings d'exécution (retards dus aux incertitudes mentionnées).

- Programme de jouvence à maintenir, fort demandeur de temps et de budgets.

- Risque de conflit de priorités pour les demandes de modifications et pour les travaux neufs (arbitrage au niveau du Département).



- Certains laboratoires d'ATALANTE sont utilisés par d'autres départements du Centre CEA-Marcoule liés au cycle du combustible. Donc risque de conflits, comme mentionné précédemment.

▪ *Recommandations*

Il est recommandé de :

- Maintenir la compétence ATALANTE et assurer les besoins de formation du personnel nouveau.
- Préserver les moyens d'exploitation très importants, même dans un contexte de réduction budgétaire, par exemple en cherchant à rentabiliser l'installation par une utilisation maximale des laboratoires.





## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 2 Décembre à 13h30

Fin : 4 Décembre à 14h00

Lieu de la visite : Marcoule

Institution : CEA

Adresse : Bagnols/ Cèze

### Locaux spécifiques visités :

Plateforme ATALANTE et ses nombreux laboratoires (Chimie des actinides : LN1 ; Dissolution : L6 ; Chimie séparative : L16, CBP ; Conversion des actinides : L15 ; Chimie analytique : CBA, L20 ; Exploitation : TCR, Salle de commande, C7-C8), installation G1 qui comprend notamment 4 laboratoires permettant de manipuler de l'uranium et plateforme bimodale « MARCEL » et « PROUST » (avec démonstration et modélisation de procédés, code PAREX), bâtiment 181 avec 2 salles de calculs pour les simulations de procédés et pour les calculs de chimie théorique.

Excellente visite, avec des explications sur tableaux ou vidéos, suivies de périodes de questions/réponses. La visite d'ATALANTE était très longue, mais vu la densité d'information et le bon déroulement, a passé très agréablement.

### Déroulement ou programme de visite

Pour l'ensemble des 2 journées passées sur le site du CEA-Marcoule avec le DRCP, dans une ambiance conviviale à l'image de celle qui règne dans ce département, il faut signaler l'excellente et remarquable organisation et la totale disponibilité des membres. La qualité des documents très circonstanciés envoyés avant la visite et distribués pendant la visite ne souffre d'aucune critique et ne peut être que tarie d'éloges. Les ingénieurs-chercheurs qui ont présenté leurs activités sont non seulement de bons scientifiques, mais ils sont de bons pédagogues et pour la plupart de remarquables professionnels de la communication.

### Points particuliers à mentionner

M. P. GARRIGUES, expert, n'a pas pu participer à la visite pour raison de santé.

Imprévu de visite: Panne de courant vers la fin de la visite (Chimie des actinides). Cet incident n'a pas modifié le programme, ce qui montre bien le professionnalisme des intervenants.



## 6 • Observations générales des tutelles



CEA/DEN/DIR  
DO 61 13/03/14



14MIMAC000066

diffusé le: 13/03/14

Monsieur Pierre GLAUDES  
Directeur de la section des unités de recherche  
AERES  
20 rue Vivienne  
75002 Paris

Saclay, le 11 mars 2014

*Objet : Rapport d'évaluation AERES du DRCP*

Monsieur,

Nous avons bien reçu le rapport d'évaluation AERES du Département Radiochimie et Procédés (DRCP). Vous trouverez ci-joint ce rapport, avec quelques corrections factuelles ou suggestions mineures de modification de forme.

En complément, je tiens à vous apporter quelques précisions sur le projet d'Institut Européen d'Hydrométallurgie (IEH) en réponse aux interrogations que vous soulevez. Il s'agit effectivement d'un projet de valorisation vers les domaines de la mine et du recyclage des compétences développées par le CEA Marcoule en chimie séparative. A ce titre, ce projet concerne non seulement le DRCP comme vous le mentionnez, mais également les autres équipes du centre. Il fait ainsi l'objet d'une organisation transverse en projet à l'image de l'ensemble des activités de la Direction de l'Energie Nucléaire, avec une équipe projet dédiée et une planification associée. Cette organisation générale permet ainsi à la DEN de mobiliser largement ses compétences pour couvrir l'ensemble du spectre de la R&D, de la recherche amont aux développements technologiques, garantissant la pertinence et la robustesse des procédés industriels développés. La mise en place de ce projet a également été précédée d'une étude préfigurative menée en 2012-2013 qui outre l'évaluation des aspects financiers, a réalisé une étude de marketing pour identifier les besoins industriels et le positionnement des différents acteurs de R&D. Ce projet est actuellement en phase de montée en puissance en interaction étroite avec les industriels concernés et les pouvoirs publics régionaux et nationaux.

Plus généralement, je tiens à saluer la qualité de l'exercice d'évaluation qui a été menée sous votre égide, et à remercier par votre intermédiaire les membres du comité d'évaluation. Cette évaluation a été l'occasion de mener un exercice fructueux de bilan et de prospective qui a été largement apprécié des équipes de recherche du DRCP, et dont les conclusions nous seront précieuses pour construire le futur.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

  
Christophe BEHAR