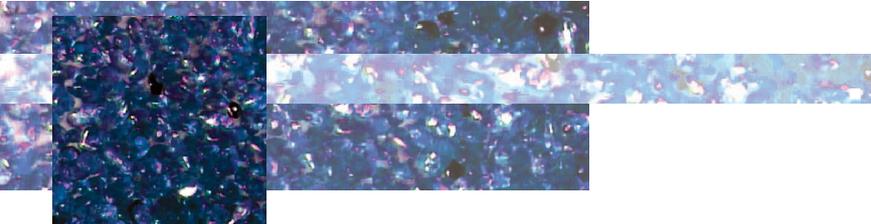


Introduction

1. Historique de la mobilisation de la communauté académique sur la loi Bataille	6
2. Organisation des recherches	6
3. Le CNRS et les Universités dans le dispositif de la loi de 1991	8



1. Historique de la mobilisation de la communauté académique sur la loi Bataille

Des raisons historiques ont longtemps tenu le CNRS et les Universités à l'écart des recherches sur l'énergie nucléaire, principalement conduites par le CEA. La création en 1956 de l'INSTN a marqué la séparation entre l'enseignement de la physique nucléaire et des particules (à l'Université), et celui de la technologie des réacteurs et des applications de la radioactivité (à l'INSTN). Le développement, dans les années 60 et 70, du Commissariat à l'énergie atomique, avec une recherche fondamentale en propre associée à ses thématiques, a contribué à tracer une frontière nette entre la recherche fondamentale du CNRS et des universités et la recherche appliquée au domaine de l'énergie nucléaire.

La recherche académique s'est longtemps cantonnée à la radiochimie, héritière en France d'une tradition prestigieuse et qui porte essentiellement sur la chimie fondamentale ou appliquée des radionucléides. Toutefois, l'effectif de cette communauté a continuellement décliné jusqu'aux années 90, d'autant plus qu'une partie de ses chercheurs se réorientait vers la physique nucléaire, via des études fondamentales sur la fission en particulier. En physique des matériaux également, une discipline qui concerne pourtant toute la technologie nucléaire, il n'existait guère de contacts entre la recherche académique et les constructeurs de centrales. Enfin, si les problèmes généraux de l'énergétique étaient abordés dans de nombreuses écoles d'ingénieurs, ainsi qu'au département des Sciences physiques pour l'ingénieur (SPI) du CNRS, la production d'électricité fondée sur la fission était ignorée à l'Université. Il est juste d'ajouter qu'à cette époque, le milieu académique opposait une grande méfiance face à la vague de construction de centrales nucléaires, méfiance que la construction d'un prototype de surgénérateur industriel ne désarmait pas.

Le CNRS (et plus généralement la communauté académique) a trouvé dans l'adoption en 1991 de la Loi Bataille un encouragement à élargir vers l'énergie nucléaire le champ de ses recherches. Bien que la mise en place de recherches se situant dans le droit fil de la loi ait été assez lente, l'IN2P3 a soutenu dès 1993 la création d'un programme appelé Pracen (Programme de recherches sur l'aval du cycle électronucléaire) et impliqué dans des mesures de données nucléaires de base, et le département des Sciences chimiques (SC) a encouragé, en 1995, celle du groupement de recherche

(GdR) Practis (Physicochimie des actinides et autres radioéléments en solutions et aux interfaces).

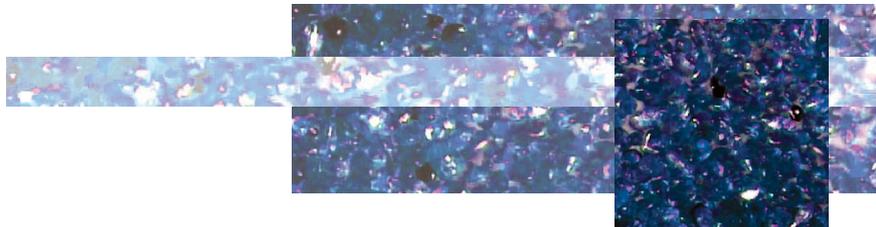
L'impulsion est ensuite venue de la CNE (Commission nationale d'évaluation) en 1994 et du Cosrac (Comité de suivi des recherches sur l'aval du cycle) créé au ministère de la Recherche en 1996. La mise en place de programmes interdisciplinaires, dont celle de Pace (Programme sur l'aval du cycle électronucléaire) en 1997, programmes dont la direction générale du CNRS souhaitait qu'ils traversent les frontières des structures et des disciplines, a marqué le véritable début des travaux. Il importe de noter qu'ainsi, les départements de sciences « dures » du CNRS s'aventuraient sur une question de société, incontournable, mais sensible et très médiatisée.

Les différents départements du CNRS ont rapidement identifié les questions scientifiques de leur ressort. Deux GdR ont été créés. L'un d'eux, **Gedeon** (Gestion des déchets par des options nouvelles), orienté vers la transmutation des déchets radioactifs, affichait nettement l'intérêt de l'IN2P3 pour les systèmes hybrides, ces réacteurs assistés par accélérateurs (ADS) proposés par C. Bowman et C. Rubbia pour détruire les éléments les plus radiotoxiques des déchets nucléaires. L'autre, **Forpro** (Formations géologiques profondes), centré sur le stockage souterrain de ces déchets, allait inciter les chercheurs des géosciences à collaborer avec l'Andra à la préparation de l'expérimentation dans le futur laboratoire souterrain. Après Practis, le CEA a encouragé le département des Sciences chimiques à créer un GdR de chimie du solide, appelé Nomade (Nouveaux matériaux pour déchets). Enfin, l'Andra a beaucoup œuvré pour qu'un GdR de mathématiques appliquées, Momas (Modélisation mathématique et simulation) vienne soutenir les travaux de ses équipes à partir de 2000.

2. Organisation des recherches

Pour le CNRS, un groupement de recherche (GdR) est une structure originale, chargée d'encourager la coopération de ses équipes de chercheurs avec des industries et des organismes de R&D, sur des objectifs fixés à l'avance. Son rôle consiste à coordonner, rapprocher et animer les travaux des équipes qu'il rassemble.

Dans le cadre du programme PACE, chaque année, un appel à propositions d'opérations de recherche est lancé : après examen de ces propositions par le Conseil



scientifique du GdR et au vu de ses recommandations, le Conseil de groupement choisit les thèmes de recherche qu'il souhaite encourager et décide des attributions financières. L'intérêt des travaux menés est évalué via les publications auxquelles ils ont conduit et pendant un atelier-bilan annuel, au cours duquel chaque équipe présente ses résultats. L'animation scientifique passe par des ateliers thématiques, regroupant la communauté sur des sujets d'actualité retenus par le Conseil de groupement, et par des réunions ciblées, à public plus restreint.

Cinq GdR ont donc été créés, ou renforcés, pour développer les recherches portant sur la gestion des déchets radioactifs de moyenne et haute activité à vie longue (MHA-VL). Un effort particulier a été fait pour établir des collaborations avec les acteurs du nucléaire : organismes de R&D (Andra, BRGM, CEA) ou industriels (Cogema, EDF, Framatome-ANP). Les Conseils de groupement ont particulièrement encouragé les sujets sur lesquels pouvaient se retrouver les communautés de plusieurs GdR, et qui ont donné lieu à l'organisation d'ateliers communs.

Les objectifs de l'axe 1 de la loi, piloté par le CEA, étaient de développer des recherches sur la gestion des déchets nucléaires de haute activité à vie longue, et notamment sur la séparation, la transmutation, et le conditionnement des éléments séparés (solution alternative à la transmutation).

Pour étudier la transmutation, le CNRS a mis en place en 1997 le groupement de recherche **Gedeon**, qui associait le CEA et EDF aux travaux des équipes de ses départements IN2P3 et SC et des Universités, et auquel Framatome a participé de 1998 à 2001. En 2003, ce GdR a élargi sa mission vers les réacteurs du futur et est devenu **Gedepeon** (Gestion des déchets et production d'énergie par des options nouvelles), et Framatome est revenu à son Conseil de groupement.

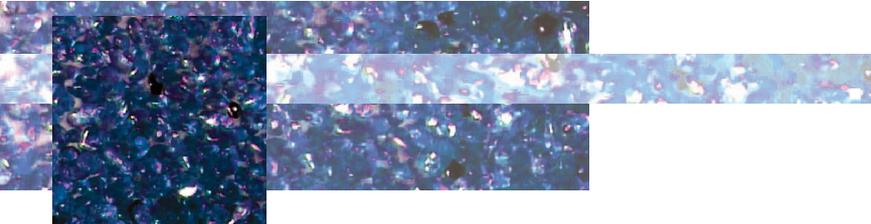
Dans Gedeon, la transmutation était initialement envisagée dans des systèmes hybrides et les recherches réalisées par les équipes du CNRS, en liaison avec les universités et le CEA, se sont focalisées sur ce concept. Toutefois, l'intérêt manifesté, dès la mise en place du GdR, pour des systèmes susceptibles de produire beaucoup moins de déchets (en volume comme en radio-toxicité), s'est accru et a conduit, en 2003, à élargir les

thèmes soutenus aux systèmes de production d'énergie nucléaire du futur. Actuellement, les activités liées aux nouvelles filières de réacteurs du futur ont une importance comparable à celles consacrées à la transmutation. Le CNRS s'intéresse particulièrement aux réacteurs à sels fondus et à la filière thorium-uranium 233.

Le GdR **Paris** (Physico-chimie des actinides et des radioéléments aux interfaces et en solution) a succédé en 2003 à **Practis** (de 1995 à 2002). Il regroupe les équipes de l'Andra, du CEA, du CNRS (SC et SPI) et d'EDF autour de la physico-chimie des radioéléments en solution, la chimie des transferts depuis la théorie jusqu'au développement de procédés industriels, la pyrochimie, la spéciation et la migration des radioéléments aux interfaces avec les minéraux naturels et enfin le comportement chimique des colis. Le GDR Paris a permis que se (re)nouent des liens entre la radiochimie et la physicochimie.

Dans le cadre de l'axe 1, ce GDR a particulièrement étudié la cinétique de la séparation, sur laquelle les besoins de connaissances fondamentales en physico-chimie étaient considérables, ainsi que le retraitement dans les réacteurs à sels fondus. Sur l'axe 2, il a centré une partie de son activité sur la physico-chimie aux interfaces, sur la question essentielle de la modélisation des échanges d'espèces chimiques entre solutions et surfaces minérales. Les réactions élémentaires aux interfaces minérales, aux interfaces d'un système composite, tenant compte de la variété des espèces minérales du milieu naturel (on pense aux argiles) et des espèces en solution dans les eaux profondes, et les données thermodynamiques essentielles pour le stockage ont été étudiées en priorité.

Dans le cadre de l'axe 1, le GdR **Nomade**, associant le CEA, le CNRS et les Universités, Cogema et EDF, a été constitué début 1999, avec pour objectif majeur de développer de nouvelles matrices de conditionnement capables d'assurer, sur de très longues durées en situation de stockage définitif, le confinement de radioéléments à vie longue isolés par l'opération de séparation poussée. Ceci correspond à une solution alternative, pour le cas où la transmutation ne serait pas mise en œuvre. Coordonnées par les laboratoires du CEA et du CNRS, les activités du GdR ont concerné des actions spécifiques de synthèse des matériaux, tant pour le conditionnement (matrices pour actinides mineurs et



produits de fission) que pour la transmutation (cibles). Des actions transversales ont fourni des outils d'évaluation des propriétés et potentialités de ces matrices et cibles (caractérisation, données thermodynamiques, comportement sous irradiation externe, radiolyse, lixiviation, gels d'interface, modélisation, comportement de l'hélium, etc.).

Pilotés par l'Andra, les travaux de recherche liés à l'axe 2 de la loi ont visé à démontrer la faisabilité et la sûreté d'un stockage de déchets MHA VL en formation géologique profonde.

Dans ce contexte, le GdR **Forpro** a été créé en 1998, en partenariat entre l'Andra et le CNRS, puis renouvelé en 2000 et 2004. Il fédère 25 équipes des Sciences de la terre, des Sciences chimiques et des Sciences physiques pour l'ingénieur, venant du CNRS, des Universités et des Grandes Ecoles, sur des actions de recherche fondamentale. Dans le cadre des programmes mis en place par l'Andra, les chercheurs en géosciences ont fait preuve de la disponibilité et la réactivité nécessaires pour acquérir des données selon un planning très contraint par l'avancement des travaux (sondages, fonçage des puits, creusement des galeries). La recherche de géologies pouvant convenir à un stockage, l'évaluation scientifique de leurs potentialités, puis le choix du site de Meuse/Haute-Marne et la préparation du programme expérimental dans le laboratoire souterrain ont constitué les « temps forts » de ces recherches. Le comportement à long terme des matériaux dans lesquels est creusé le laboratoire, ainsi que les questions de circulation d'eau et de migration des éléments dans ces matériaux ont été étudiés.

Le GdR **Momas** regroupe des équipes de recherche du CNRS, des Universités et d'Instituts de recherche dans le domaine des mathématiques appliquées. Il développe des méthodes efficaces et robustes, qu'il propose à ses partenaires du GdR (Andra, BRGM, CEA, EDF) pour améliorer les outils de simulation numérique utilisés, en particulier dans les analyses de faisabilité et les évaluations de sûreté d'un éventuel stockage de déchets nucléaires.

Il est important de remarquer qu'outre le suivi assuré par leur Conseil scientifique et le Conseil de groupement de chacun d'eux, l'engagement des GdR et leurs résultats ont été évalués par plusieurs structures

extérieures indépendantes. Certains de leurs travaux ont été exposés devant la CNE. Le Cosrac a fait participer le Programme Pace à la rédaction de son document annuel « Stratégies et Programme des recherches » ; la DGEMP du ministère délégué à l'Industrie a bien voulu le consulter et l'OPECST l'entendre.

3. Le CNRS et les Universités dans le dispositif de la loi de 1991

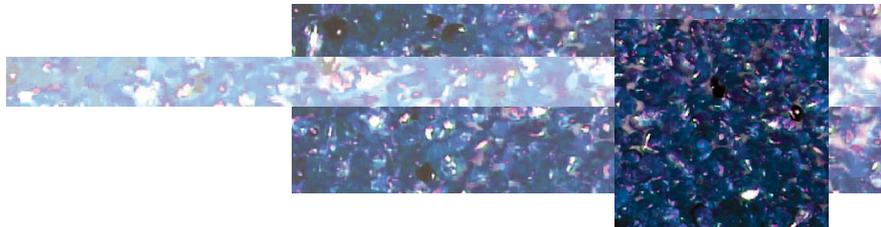
La création du Programme Pace a fourni au CNRS l'opportunité d'apporter sa contribution aux connaissances nécessaires à la gestion des déchets radioactifs, sur laquelle il arrive à tout citoyen de se prononcer, sans posséder toujours tous les outils nécessaires à une évaluation correcte du problème ni une connaissance un peu approfondie de ses implications techniques.

Cette situation nouvelle a éveillé chez les chercheurs un appétit de connaissances, en même temps que s'affirmait parmi eux le souci de fournir des informations scientifiques permettant de porter un jugement sur la seule gestion des déchets. Aussi les chercheurs du CNRS et des Universités se sont-ils beaucoup investis :

- dans l'étude et l'évaluation de sites potentiels de stockage, aux côtés de l'Andra (cf. Actes des journées scientifiques CNRS/Andra, 1997),

- dans l'étude des systèmes hybrides, qui ouvre un champ d'investigations particulièrement vaste mais à leur portée, centré sur la recherche d'un procédé d'élimination efficace et rapide des déchets les plus radio-toxiques.

La collaboration avec les grands acteurs français du nucléaire, sur l'analyse des modes de gestion du combustible et de production des déchets dans les différentes filières, et la recherche de moyens d'en réduire la quantité ou la radiotoxicité, ont eu pour mérite de rapprocher les équipes du CNRS de la communauté des systèmes nucléaires (CEA, mais aussi EDF, Framatome, Cogema...). La mise en place au CNRS du programme « Énergie » a permis des rencontres importantes entre les équipes des deux programmes et la confrontation des potentialités de l'énergie nucléaire à celles d'autres énergies se voulant, elles aussi, « durables ». Ainsi les chercheurs de Pace se sont initiés aux systèmes nucléaires du futur, pour prendre part à leur évaluation tout en s'imposant de respecter les deux objectifs suivants : réduction de la production d'éléments radiotoxiques et recherche de nouvelles techniques de transmutation. Par



exemple, les systèmes à sels fondus sont intéressants à plus d'un titre : pour le transport de la chaleur, pour les perspectives ouvertes en chimie, pour une production plus « propre » d'énergie et pour la transmutation.

L'exposé qui suit devrait permettre de juger du travail produit par les chercheurs des équipes engagées dans le programme Pace et des résultats qu'ils ont

acquis. Chacun d'eux a apprécié ce domaine scientifique auquel il a contribué et tous souhaitent participer à la poursuite des recherches sur la gestion des déchets nucléaires après le rendez-vous de 2006 prévu par la loi de 1991.

