

CHAPITRE IV : RECHERCHE FONDAMENTALE EN SOUTIEN À LA RECHERCHE APPLIQUÉE

La recherche fondamentale et la R&D concernent les avancées liées au parc actuel, aux réacteurs à neutrons rapides de Gen IV, au cycle du combustible et à l'évolution des installations associées. L'annexe VIII fait le bilan des activités du CEA, du CNRS, d'EDF et d'Orano depuis le rapport n°12 de juin 2018.

4.1 R&D EN SOUTIEN AU PARC ACTUEL

4.1.1 Les SMR

Le parc actuel de réacteurs et les installations du cycle vont évoluer conformément à la Loi TECV et à la PPE.

Un nouveau type de réacteur est également évoqué avec le développement d'un avant-projet de réacteur modulaire de faible puissance (SMR). Il posséderait une sûreté passive et pourrait être construit par l'assemblage de modules préfabriqués en usine. Dans un contexte de transition énergétique, ce type de réacteur viserait un marché international en offrant une source d'énergie électrique modulable, permanente (par opposition aux sources d'énergie intermittentes), pouvant répondre à des besoins locaux.

La Commission note que la France a du retard face à la concurrence internationale. Elle suivra avec intérêt le développement des recherches pour combler ce retard.

35

La Commission s'interroge sur les modalités de gestion juridiques et pratiques des déchets radioactifs produits par une flotte de SMR distribuée internationalement.

La Commission regrette que la PPE conduise à disperser des moyens au détriment des recherches sur la Gen IV telles que prévues par la Loi de 2006.

4.1.2 Les procédés de retraitement

Une R&D soutenue a permis de tester de nouveaux procédés permettant la dissolution des combustibles à teneur élevée en Pu. L'utilisation de mono-amides pour le retraitement des combustibles usés améliore très sensiblement la performance des procédés actuels.

4.1.3 Les verres nucléaires

Des études de R&D ont permis de compléter les informations sur la dégradation par l'eau de verres irradiés. Des expériences conduites sur des verres industriels prélevés en 1994 montrent l'absence d'effets sur la vitesse d'altération initiale (V_0) mais un effet sur la vitesse résiduelle qui reste très inférieure à V_0 même si elle peut augmenter d'un facteur 10 avec le cumul de dose alpha. Des expériences sont programmées pour comprendre ces écarts. Toutefois, cette augmentation n'a aucune conséquence sur l'analyse de sûreté fondée sur la vitesse initiale (Cf. Annexe VIII).

La Commission considère que ces nouveaux résultats sur les verres nucléaires confirment que cette matrice offre de bonnes garanties de confinement des radionucléides. Elle recommande de poursuivre les expériences sur le verre industriel pour comprendre la contribution des verres aux marges de sûreté.

4.2 ASTRID ET RNR DE GEN IV

Le programme Astrid, tel que défini en 2010, sera arrêté fin 2019. Il s'est développé dans le cadre de nombreuses collaborations européennes et internationales et a été soutenu pendant une dizaine d'années par des moyens humains et financiers conséquents.

Le CEA a présenté un premier bilan de ce programme à la Commission. Le bilan définitif est en cours de finalisation pour fin 2019. Les acquis du programme Astrid sont très innovants. La Commission présente en Annexe VIII un premier bilan des recherches qui portent sur les thèmes suivants :

- assemblage de combustible RNR ;
- matériaux pour les réacteurs de Gen IV ;
- recyclage du Pu et Séparation-Transmutation.

La Commission souligne que le programme Astrid a permis des avancées considérables dans tous les domaines scientifiques et technologiques dédiés à la Gen IV avec des retombées sur les filières de Gen II et III.

36

La Commission souhaite attirer l'attention sur les conséquences d'une mise en veille d'un programme de R&D sur les RNR. Précurseur il y a quelques dizaines d'années, notre pays voit aujourd'hui ses compétences mobilisées sur les RNR décroître consécutivement à la baisse de son engagement dans la recherche. Envisager le déploiement d'une flotte de RNR même à la fin du siècle requiert le maintien à niveau des compétences et donc un tissu de formations et une attractivité scientifique qui permettra aux futurs experts d'éclorre.

La Commission demande au CEA de lui présenter les actions qui lui permettraient d'assurer le maintien des compétences sur les RNR pendant une période dépassant une génération.

4.3 RECHERCHE FONDAMENTALE

4.3.1 CEA-DEN

Les développements des procédés de séparation et les expériences d'irradiation en vue de la transmutation ont été fortement soutenus au CEA par la recherche fondamentale.

La recherche fondamentale, tant au plan expérimental que théorique et numérique, (Annexe VIII) couvre :

- le comportement multi-échelles des matériaux métalliques irradiés ;
- l'évolution de la microstructure des pastilles de combustible ;
- le comportement du Pu et des autres actinides dans le cycle ;
- la sonochimie pour accélérer la dissolution d'oxyde de Pu ;
- la séparation et la modélisation des espèces en solution et aux interphases.

La Commission apprécie très favorablement les progrès réalisés. Elle s'interroge cependant sur l'avenir de la recherche fondamentale sur le cycle du combustible au sein de la DEN du CEA. La réduction des moyens risque de remettre en cause le leadership du CEA dans l'acquisition des connaissances ainsi que dans les collaborations nationales et internationales.

4.3.2 CNRS et Universités

Le CNRS (IN2P3 et INC) a créé début 2018 le Groupement de Recherche (GDR SCINEE, Sciences nucléaires pour l'énergie et l'environnement).

Le CNRS a décidé par ailleurs de relancer le programme NEEDS en 2020 avec pour objectifs l'étude des mécanismes / processus fondamentaux et l'acquisition de données de base d'intérêt pour l'énergie nucléaire en déclinant trois grandes thématiques :

- réacteurs et transition énergétique ;
- déchets, caractérisation et stockage ;
- ressources, environnement et territoires.

37

Ainsi, les thématiques de NEEDS et du GDR recouvrent bien l'amont et l'aval du cycle. NEEDS associe, avec le CEA, les acteurs industriels du nucléaire (EDF, Orano, Andra, ...) à la communauté académique (CNRS et Universités). Des liens forts sont établis avec les laboratoires nationaux et les grands instruments comme Soleil.

Ces études abordent le problème important de la présence ubiquitaire de radionucléides dans l'environnement et de leurs impacts potentiels sur les systèmes vivants. En dernière analyse, le comportement des radionucléides dans l'environnement ne peut être correctement prévu que si les formes physicochimiques dans lesquelles ils sont impliqués sont connues. C'est pourquoi la spéciation des radionucléides est au cœur des nombreuses études du GDR SCINEE.

4.3.3 Soleil

La ligne Mars (Multi-Analyses on Radioactive Samples) de Soleil (CEA DEN et DAM) est ouverte à la communauté scientifique pour la caractérisation par rayons X d'échantillons radioactifs.

C'est un outil remarquable. Le CEA et le CNRS ont présenté à la Commission plusieurs des premiers spectres de diffraction jamais obtenus sur un échantillon de 1 mm de longueur et de 50 microns d'épaisseur prélevé sur un crayon irradié dans un REP de Gravelines (5 ans d'irradiation, 23 ans de refroidissement). Ces études sont des premières : elles permettent d'obtenir des informations sur les liaisons entre les différents atomes au sein du combustible irradié.

4.4 CONCLUSION

La Commission apprécie très favorablement les avancées réalisées dans la compréhension du comportement des matériaux sous irradiation et des phénomènes impliqués dans le cycle du combustible.

La Commission souhaite que le CEA-DEN lui présente une hiérarchisation des objectifs et des programmes associés, qui montre clairement quelle sera la stratégie qu'il compte suivre au cours des prochaines années.

Pour relever les nombreux défis liés à la nouvelle stratégie électronucléaire, la Commission recommande de lancer une initiative nationale comprenant un volet de recherche fondamentale fort. Cette initiative destinée à entraîner l'ensemble de la communauté scientifique et technologique dans des actions de recherche et de formation d'envergure permettrait de mobiliser de jeunes talents. Elle contribuerait à transmettre et conforter l'expertise française.