

Avis du Conseil Scientifique de l'IRSN
sur

la compétence et les outils de l'IRSN pour
l'expertise du stockage des déchets en couche
géologique profonde

Novembre 2006

CONSEIL SCIENTIFIQUE - IRSN/CS/02 du 9 Novembre 2006

Conseil Scientifique de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

Novembre 2006

**Évaluation de la compétence et des outils de l'IRSN pour
l'expertise du stockage des déchets en couche géologique
profonde**

Table des matières

I	RESUME - ABSTRACT	3
I.1	EXECUTIVE SUMMARY AND MAIN MESSAGES	3
I.2	RESUME OPERATIONNEL ET PRINCIPAUX MESSAGES	6
II	LA MISSION DE LA COMMISSION.....	9
II.1	DEFINITION DE LA MISSION	9
II.2	LE CADRE DE LA MISSION	9
II.3	METHODE	10
II.4	CALENDRIER	10
III	OBSERVATIONS FAITES PAR LE CONSEIL SCIENTIFIQUE	11
III.1	PRESENCE DE L'IRSN EN TANT QU'EXPERT DANS LES ETAPES ESSENTIELLES DES PROCESSUS VISANT A LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS	13
III.1.1	<i>Les textes de référence</i>	13
III.1.2	<i>Le groupe permanent « déchets »</i>	13
III.1.3	<i>L'avis de l'IRSN sur le dossier Argile 2005 (Rapport DSU N° 106)</i>	14
III.1.4	<i>Contribution de l'IRSN à la problématique de l'étanchéité géologique</i>	15
III.1.5	<i>Perspectives</i>	16
III.2	PRESENCE DE L'IRSN DANS LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LES POINTS CLES DE LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS	18
III.2.1	<i>Les choix stratégiques sur les thèmes de recherche</i>	18
III.2.2	<i>Collaborations et présence dans les instances internationales</i>	21
III.2.3	<i>Expert et chercheur</i>	22
III.3	ENSEIGNEMENT, FORMATIONS ET MODE DE TRANSMISSION DES CONNAISSANCES	23
III.3.1	<i>Travaux de thèse</i>	23
III.3.2	<i>Formations internes et externes</i>	24
III.3.3	<i>Publications</i>	24
III.3.4	<i>Gestion des connaissances</i>	25
III.4	POSITIONNEMENT DE L'IRSN PAR RAPPORT AU DEBAT PUBLIC	26
IV	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	27
V	ANNEXE	28
V.1	DOCUMENTS FOURNIS	28

I Résumé - Abstract

I.1 Executive summary and main messages

Within the framework of a continuous assessment process of successive themes, the Scientific Council has decided to focus on the IRSN expertise with respect to the management of radioactive wastes in a deep geological repository. The questions addressed by the Scientific Council whilst undertaking his mission are as follows. Is IRSN sufficiently introduced within the framework of research and development on deep repositories for radioactive wastes, both at national and international level? Are the Institute's competences invested in both, research and development activities, made visible as much as desirable? Does it contribute to technical and scientific advances up to a significant enough level? How does it direct its R&D programmes? How is the acquired knowledge used in expert assessment? Is there a sufficient transfer of its knowledge, its competences and its expert assessment? Is the Institute present within public debating?

We provide here the reader with the main conclusions.

Considering the documents given by IRSN and notably the "Clay 2005" file, and consequently to various meetings with the researchers and hierarchy, the pertinence and quality of IRSN expertise within this domain appear today out of contest. What about a perennial feed in new competences dedicated to the management of radioactive wastes, as an important societal questioning ? If the nuclear sector has been capable when starting to attract the best by virtue of some fascination, there is a risk today, during a stabilisation phase where first operational steps are taken towards the ultimate management of wastes, to face a lack of interest that would lead to difficulties of recruitment of competent persons.

Research that stimulates relationships with Universities, the "grandes écoles", research centres and international relationships has an important role to play there. The programming of its research activities and especially the follow-up of its opening effort towards university are for IRSN important tools among others to remain in close contact with persons capable of transmitting its expertise and its culture.

The Scientific Council considers that the 2005 pre-programming elements that have been submitted to its consideration form a correct way of guiding the research programmes, keeping in mind that their feasibility depends upon the availability of manpower and appropriate financial sources, leading in turn to operate some choice within the potential options.

With respect to proper tools at IRSN designed to study the transfers within geological layers. The Scientific Council does not recommend the solution that would consist for IRSN to hold its own gallery within the site of Bure. However, the Scientific Council warmly recommends IRSN to be present on the site of Bure within the framework of collaborating with other teams, and to undertake, as much as necessary, its own research such as to answer site specific questions or other questions driven by the transposition of results obtained on other sites.

The Tournemire laboratory looks as a site where precise questions with respect to argillaceous layers can be treated at a minimum cost inasmuch as these are pertinent with this type of rock and for the particular physical conditions of a repository. The Commission and the Scientific Council have examined how representative is Tournemire with respect to Bure. They both identify a high degree of convergence. The major aspects for which Tournemire is very useful and can bring essential clarifications are the excavation damaged zone, the identification of the fractures pattern and its

role, and the sealing efficacy. Given the results already obtained, it seems that the percolating properties of the fracture network induced by excavation is a paramount question, and that research in this domain should be stimulated taking due advantage of what is known from research developed within related disciplines (hydrology, oil engineering,...). The question of the link between the structure of the fracture pattern and the constraint status (initial and generated by the excavation) seems extremely difficult and the success of the work followed-up in this direction appears more hazardous. The Scientific Council considers that such difficulties should not blind the fact that proceeding along this path will allow, as a minimum, to develop the obligatory expertise necessary to assess real situations for future implantations and the behaviour of existing structures. Advances in this field would be extremely useful well beyond the repository issue, there is therefore no reason to reject such a programme type.

Furthermore, the Scientific Council agrees on the principle proposed by IRSN that collaborations would be looked for around this site with its principal national and international partners, particularly bearing in mind the complex and often basic nature of the problems.

With respect to the independence of judgment on modelling questions. The Scientific Council wishes to indicate that the independence of judgment first relies on the expertise of people capable of assessing uncertainties of the results generated by the modelling tools, and not only on the use of such tools. The Scientific Council therefore notes the existence of an autonomous activity of IRSN on modelling transfers that contributes to the quality of its judgment and the growth of its expertise. It therefore recommends to follow-up this work, not only to master by means of modelling all possible situations, but also to maintain its expertise at the highest possible level.

Allowing easy access of external teams to this software and the creation of a club of users provide elements to construct collaborations that would be prone of maintaining reflections on the repository problematic alive.

With respect to collaborations within the European Research Framework Programme. Such collaborations are essential and the Scientific Council considers that they need to be pursued. It recommends IRSN to follow-up along this path as often as possible with a leader role, as indicated by a goal mentioned by the Institute itself.

With respect to encouraging researchers-experts. The Scientific Council recommends IRSN to follow-on its clear investment within a policy of supporting such researchers who do not aim at holding hierarchical responsibilities.

With respect to teaching, academic courses, publications and knowledge management. The IRSN specificity within the domain of deep repository is fully constructed along the notion of safety demonstration. The Scientific Council insists on the Institute's importance within this domain, and that of the academic research development on the scientific and methodological foundations of very long term safety. The Scientific Council approves and supports the organisation set up at the highest Institute's level for PhD students screening and follow-up. It further expresses the wish that the system would remain simple whilst preserving a high degree of requirement.

The Scientific Council has taken good notice of the list of publications within scientific journals dedicated to the various disciplines embedded within universe sciences. It expresses the wish that a committee would assess the quality and pertinence of these publications in view of confirming or modifying the major orientations selected within

the new context of the 2006 law. It puts forward its satisfaction to observe IRSN putting in force a better follow-up of its publications, and recommends to pay especial attention to the choice of journals such as to secure the best average impact factor. The Scientific Council notes that IRSN has undertaken positive actions with the goal of maintaining a living corpus of knowledge designed to justify the final dispositions chosen for a deep repository.

With respect to contributing to the public debate. The Scientific Council agrees with the IRSN proposals expressed in its 2005 pre-programming report. It is surprised, however, not to see any mention in its 2005 conclusions of the elements announced in the introduction of the report: *“The importance of the questions treated has been debated from the safety perspective, but also within a purely scientific questioning and its feed back within media on the civil society”*. The recent public debate on wastes, including deep repository, provides a prolific source of information on the public interrogations that are not always the same as from experts. The Scientific Council recommends IRSN to proceed to a thorough examination of the matter of this public debate in order to identify the complementary research themes allowing, in due time (milestones will be planned within legislation), to provide the best answers to certain questions.

The Scientific Council considers that the dialogue with the civil society requires a high degree of attention, adequate competences, exact positioning, and a great listening capacity that IRSN needs to express. However, the Scientific Council considers that understanding properly this role should not lead to the systematic and direct dissemination of materials to all (apart from the internet site, which plays a particular role, unique today for those who look for precise information on IRSN positions). The Institute can, and must also, incorporate competences from other professionals that are involved in the knowledge transfer appropriate to various targets (teachers, press, public executives,...) by providing them with the clear, and often quasi-exclusive information, that it owns and which can be further verified. This position is indeed that of IRSN, and it is noted that it is guided with rigor and transparency. The Scientific Council therefore wishes by means of this report comfort the Institute within this orientation. With respect to waste management, the Scientific Council recommends IRSN to follow-up the development of the Institute's capacity to be present, listening and well positioned within the public debate, as well as all other actors, with a transparency concern proving its neutrality in the face of a decision that it is contributing to, but that it does not hold.

I.2 Résumé opérationnel et principaux messages

Dans le cadre d'un processus continu d'évaluation par thèmes successifs, le Conseil scientifique a choisi de porter son attention sur les compétences de l'IRSN en matière de gestion de déchets radioactifs sous forme de stockage en couche géologique profonde. Voici les questions que le Conseil Scientifique s'est posées en entreprenant cette mission. L'IRSN est-il suffisamment présent dans les lieux où s'effectuent les recherches et les développements pour le stockage profond des déchets radioactifs sur le plan français comme sur le plan mondial ? Y manifeste-t-il aussi pleinement que souhaitable ses compétences dans son activité d'expertise comme dans son activité de recherche ? Contribue-t-il à un niveau suffisamment significatif aux avancées techniques et scientifiques ? Comment oriente-t-il ses programmes de R&D ? Comment utilise-t-il les connaissances acquises dans le cadre de l'expertise ? Transmet-il suffisamment les connaissances acquises, ses compétences et son expertise ? Est-il présent dans le débat public ?

Nous donnons ici les principales conclusions.

Au vu de la documentation fournie par l'IRSN et notamment le dossier « Argile 2005 », et suite aux différentes rencontres avec les responsables et les chercheurs, la pertinence et la qualité de l'expertise de l'IRSN dans ce domaine apparaissent aujourd'hui incontestables. Qu'en est-il d'une alimentation pérenne en compétences nouvelles et dédiées à cette importante question de société qu'est la gestion des déchets radioactifs ? Si le nucléaire a pu exercer, lors de son développement initial, une fascination propre à attirer des élites, on court le risque aujourd'hui dans une phase de stabilisation comportant les premiers pas opérationnels de gestion définitive des déchets ultimes, qu'un certain désintérêt se traduise par une difficulté de recrutement de personnes compétentes.

La recherche qui stimule les relations avec les universités, les grandes écoles, les centres de recherche et les relations internationales y a un rôle essentiel à jouer. La programmation de ses activités de recherche et notamment la poursuite de l'ouverture de ses activités au monde scientifique et universitaire sont un des moyens importants pour l'IRSN de garder le contact avec des personnalités capables d'assurer la transmission de ses compétences et de sa culture d'entreprise.

Le Conseil Scientifique considère que les éléments de pré-programmation de 2005 qui lui ont été soumis constituent une manière correcte d'orienter les programmes de recherche, tout en étant conscient du fait que leur faisabilité dépend de l'engagement de moyens humains et financiers et donc de choix à effectuer parmi les différentes options retenues.

En matière d'outils propres à l'IRSN pour l'étude des transferts dans les couches géologiques. Le Conseil Scientifique ne recommande pas une solution qui consisterait à disposer sur le site de Bure d'une galerie propre à l'IRSN. Toutefois, le Conseil Scientifique incite vivement l'IRSN à être présent sur ce site dans l'esprit d'une collaboration avec d'autres équipes et à y déployer, en tant que de besoin, des recherches propres, pour éclairer les questions spécifiques au site ainsi que les questions posées par la transposition des résultats acquis sur d'autres sites.

Le laboratoire de Tournemire apparaît comme un site où des questions précises peuvent être traitées à moindre coût sur les massifs argileux, pour autant qu'elles restent pertinentes pour ce type générique de roche et pour les conditions physiques particulières d'un stockage profond. La commission et le Conseil scientifique ont examiné la question de la représentativité de Tournemire par rapport à Bure. Ils constatent que les convergences sont fortes. Les

aspects majeurs pour lesquels Tournemire est très utile et peut apporter un éclairage essentiel sont l'endommagement lié au creusement, l'identification de la fracturation et son rôle, ainsi que l'efficacité des scellements. Compte tenu des résultats déjà obtenus, il semble que la question des propriétés percolantes du réseau de fissures induit par l'endommagement soit primordiale et les recherches dans ce domaine devraient être accélérées, en s'appuyant sur l'acquis de la recherche dans des domaines connexes (hydrologie, génie pétrolier,...). La question du lien entre structure de fissuration et état de contrainte (initial et généré par le creusement) paraît extrêmement ardue et la réussite des travaux envisagés dans ce domaine est certainement plus hasardeuse. Le Conseil Scientifique considère que les difficultés évoquées ne doivent pas occulter le fait que s'engager dans cette voie permettra, au minimum, de développer des compétences indispensables dans l'appréciation de situations concrètes pour de futures implantations, et dans l'évaluation du comportement des structures existantes. Des avancées dans ce domaine seraient très utiles bien au-delà de la problématique stockage, il n'y a donc pas lieu de rejeter ce type de programme. Au vu de ces données, le Conseil Scientifique estime que l'exploitation du site de Tournemire mérite d'être poursuivie.

En outre, le Conseil Scientifique soutient le principe proposé par l'IRSN que des collaborations autour de ce site soient recherchées avec ses principaux partenaires nationaux et étrangers, en particulier en tenant compte du caractère complexe et souvent très amont des problèmes posés.

En matière d'indépendance de jugement sur les questions de modélisation. Le Conseil Scientifique fait remarquer que l'indépendance de jugement repose avant tout sur la compétence des personnes capables d'évaluer les incertitudes des résultats produits par les outils de modélisation, et non sur la seule présence de tels outils. Le Conseil Scientifique constate donc l'existence d'une activité autonome de l'IRSN dans le domaine de la modélisation des transferts, contribuant à la qualité de son jugement et au développement de ses compétences et recommande la poursuite de ce travail, non pas tant pour dominer par le modèle toutes les situations possibles, mais pour maintenir ses compétences à leur niveau le plus élevé possible.

La mise à disposition de ce logiciel à des équipes extérieures et la création d'un club d'utilisateurs sont aussi un élément de constitution de collaborations propres à maintenir vivante les réflexions sur la problématique du stockage.

En matière de collaborations dans le cadre des programmes communs de recherche européens. Ces collaborations sont essentielles et le Conseil Scientifique considère qu'elles doivent être poursuivies. Il encourage l'IRSN à s'y engager chaque fois que c'est souhaitable avec un rôle de leader.

En matière d'encouragement des chercheurs-experts. Le Conseil Scientifique recommande à l'IRSN de poursuivre son affichage clair dans une politique de soutien de ces chercheurs qui n'ont pas pour vocation à prendre des responsabilités hiérarchiques.

En matière d'enseignement, formations, publications et gestion des connaissances. La spécificité de l'IRSN dans le domaine du stockage profond est entièrement construite autour de la notion de démonstration de sûreté. Le Conseil Scientifique insiste sur son importance dans ce domaine et celui du développement de la recherche académique sur les fondements scientifiques et méthodologiques de la sûreté à très long terme. Le Conseil Scientifique approuve et

soutient l'organisation de l'accueil et de l'accompagnement des doctorants définie au plus haut niveau de l'organisation de l'Institut. Elle exprime son souhait que le système demeure simple, tout en préservant un haut niveau d'exigence.

Le Conseil Scientifique a pris connaissance des publications effectuées dans les revues portant sur les différentes disciplines des sciences de l'univers. Il souhaite qu'un comité évalue la qualité et la pertinence de ces publications en vue de confirmer ou de modifier les grandes orientations retenues dans le contexte nouveau de la loi de 2006. Il exprime sa satisfaction que l'IRSN mette en place un meilleur suivi des publications et l'exhorte à une grande vigilance pour que le choix des revues favorise un meilleur impact moyen des publications. Le Conseil Scientifique constate que l'IRSN a engagé des actions positives afin de maintenir vivant le corpus de connaissances visant notamment à justifier les dispositions retenues pour un stockage profond.

En matière de contribution au débat public. Le Conseil Scientifique s'associe aux propositions exprimées par l'IRSN dans son rapport de pré-programmation 2005. Il est toutefois étonné de ne pas voir apparaître dans les conclusions 2005, des éléments annoncés dans l'introduction du rapport, à savoir : « *L'importance des questions à traiter a été débattue sous l'angle de la sûreté, mais aussi sous celui des interrogations d'ordre purement scientifique, et de leur répercussion médiatique vers la société civile* ». Le récent débat public sur les déchets, incluant le stockage profond, fournit une abondante source d'informations sur les interrogations du public, qui ne sont pas toujours identiques aux interrogations des experts. Le Conseil Scientifique suggère à l'IRSN de procéder à une revue du dossier de ce débat public afin d'identifier les thèmes de recherche complémentaires nécessaires, permettant le moment venu (jalons qui seront prévus dans la loi) de disposer des meilleures réponses à certaines interrogations.

Le Conseil Scientifique considère que la question du dialogue avec la société civile nécessite une grande attention, des compétences, un positionnement sans faille et une grande capacité d'écoute que l'IRSN se doit d'exercer. Toutefois, le Conseil Scientifique considère que la compréhension de ce rôle ne devrait pas se traduire systématiquement par la diffusion en direct de matériel destiné à tout public (hors site Internet qui joue un rôle particulier, aujourd'hui irremplaçable pour ceux qui cherchent une information précise sur les positions propres à l'IRSN). L'Institut peut et doit s'appuyer aussi sur les compétences de ceux dont c'est le métier de transmettre des connaissances adaptées à des milieux divers (enseignants, presse, pouvoirs publics, ...) en mettant à leur disposition les informations claires et vérifiables dont il dispose quasi-exclusivement.

Cette position est bien celle de l'IRSN et il l'exerce avec un souci de rigueur et de transparence. Le Conseil Scientifique souhaite donc par cette intervention le conforter dans son orientation. En ce qui concerne la gestion des déchets, le Conseil Scientifique recommande donc que l'Institut poursuive le développement de son aptitude à être présent, à l'écoute et à sa place dans le débat public comme chacun des autres acteurs, avec un souci de transparence prouvant sa neutralité en regard d'une décision à laquelle il contribue mais qui ne lui appartient pas.

II La mission de la Commission

II.1 Définition de la mission

Le Conseil Scientifique a décidé de procéder à des évaluations spécifiques approfondies de certains domaines d'expertise de l'IRSN lorsqu'ils présentent une importance particulière. C'est bien le cas de la question de la gestion des déchets radioactifs, avec une justification supplémentaire en raison du calendrier, à savoir le terme des 15 années de recherches, défini dans la loi de 1991, en préparation d'une nouvelle loi. Cette dernière loi a été votée en juin 2006.

Le Conseil a décidé de se concentrer sur la question du stockage en couche géologique profonde pour laquelle l'IRSN, appui technique de la DGSNR¹, est impliqué dans l'évaluation des dossiers que l'ANDRA devait remettre à l'échéance de la loi.

Le Conseil a constitué une Commission composée de quatre de ses membres, MM. Aurengo, Holm, Leconte et Quintard. La présidence de cette commission a été confiée à M. Leconte. Le 22 septembre 2005, cette commission s'est réunie une première fois avec les membres qualifiés de l'IRSN pour définir le cadre, la méthode et le calendrier de son intervention et entendre les premiers éléments d'information que l'IRSN se proposait de mettre à la disposition de la commission.

M. Holm, non disponible, n'a pas pu participer à la réunion et a proposé son remplacement dans la Commission par M. Carl-Magnus Larsson, son adjoint en charge du Département de gestion des déchets et de protection de l'environnement. Cette proposition de remplacement est acceptée conformément au règlement intérieur. Que M. Larsson soit ici remercié pour son apport dans le travail de la commission.

II.2 Le cadre de la mission

La Commission a décidé de se concentrer sur l'évaluation des recherches menées par l'IRSN en support à l'expertise. Cela signifie que cette Commission n'examinera pas les autres recherches contingentes de l'IRSN, en particulier dans le domaine de l'impact des radiations sur la santé ou sur l'environnement, de la définition des normes issues des recommandations de la CIPR.

A l'intérieur de ce cadre, la Commission a été informée de la façon dont l'IRSN a participé (et participe) à l'élaboration de la doctrine de sûreté d'un stockage dans toutes ses phases d'évolution, depuis la conception jusqu'aux limites de prévisibilité, en passant par les phases de réalisation, de stockage et de fermeture.

L'IRSN a informé la Commission qu'à la demande de la DGSNR, une série de points clés, importants pour la sûreté, avait été identifiée par l'Institut. Ces points clés ont été validés par le Groupe permanent « déchets » et repris par la DGSNR. La liste de ces points clés a été communiquée à la Commission. Elle est essentielle pour comprendre la logique du déploiement actuel des programmes de recherche de l'IRSN. Enfin, pour en saisir la nécessité et la

¹ Cette préoccupation est aussi, bien évidemment, celle de la Délégation Générale pour la Sûreté Nucléaire et la Radioprotection (DGSNR). Cette évaluation vient donc en complément des interrogations et des demandes de la DGSNR.

complétude, elle a demandé à l'IRSN d'explicitier comment ces recherches ont été, ou seront, valorisées dans le cadre de l'expertise des dossiers de l'ANDRA.

Considérant la multiplicité des domaines concernés par l'évaluation en cours, la Commission a concentré son attention sur des éléments que l'IRSN estime particulièrement important.

II.3 Méthode

Cette évaluation a été marquée par la volonté partagée entre les représentants de l'IRSN et le Conseil Scientifique de soumettre les activités de recherche de l'IRSN, dans le domaine concerné, à examen de cohérence afin d'aider l'IRSN à faire progresser la qualité de son travail. La Commission a cherché à intervenir de manière aussi respectueuse que possible du fonctionnement usuel de l'IRSN afin de lui permettre de respecter les exigences de calendrier propres à ses travaux vis-à-vis de la DGSNR.

En accord avec l'IRSN, la Commission a proposé que ses travaux se traduisent concrètement en parallèle sous deux formes :

- une journée « Recherches et expertise relatives au stockage des déchets » comportant une présentation par l'IRSN à l'ensemble du Conseil Scientifique de la compétence et des outils de l'IRSN pour l'expertise du stockage des déchets en couche géologique profonde. Cette présentation a permis un débat avec le Conseil Scientifique,
- un rapport du Conseil Scientifique prenant acte des informations reçues et débattues et cherchant à en faire ressortir la cohérence.

II.4 Calendrier

La Commission a présenté ce cadre de travail au Conseil Scientifique lors de sa réunion de mi-novembre 2005.

L'IRSN a remis à la Commission les documents répondant à l'ensemble de ses souhaits avant le 24 janvier 2006. Cette liste est donnée en annexe.

La Commission s'est réunie de nouveau le 24 janvier 2006, à l'occasion d'une réunion du bureau du Conseil Scientifique, et a finalisé avec l'IRSN le programme de la journée « Recherches et expertise relatives au stockage des déchets » et le plan de son rapport.

La journée « Recherches et expertise relatives au stockage des déchets » s'est tenue le 15 mars 2006.

La Commission s'est réunie le 9 mai 2006 pour examiner le projet de rapport, à l'occasion d'une réunion du bureau du Conseil Scientifique. Le rapport a été revu par le Conseil Scientifique lors de sa réunion des 10 et 11 mai 2006.

La version définitive du rapport a été soumise à l'approbation du Conseil Scientifique lors de sa réunion du 9 novembre 2006.

III Observations faites par le Conseil Scientifique

L'IRSN est-il suffisamment présent dans les lieux où s'effectuent les recherches et les développements pour le stockage profond des déchets radioactifs sur le plan français comme sur le plan mondial ? Y manifeste-t-il aussi pleinement que souhaitable ses compétences dans son activité d'expertise comme dans son activité de recherche ? Contribue-t-il à un niveau suffisamment significatif aux avancées techniques et scientifiques ? Comment oriente-t-il ses programmes de R&D ? Comment utilise-t-il les connaissances acquises dans le cadre de l'expertise ? Transmet-il suffisamment les connaissances acquises, ses compétences et son expertise ? Est-il présent dans le débat public ?

Telles sont les questions que le Conseil Scientifique s'est posées en entreprenant cette mission.

La problématique de gestion des déchets radioactifs est de nature totalement nouvelle pour la Société. Elle est, pour l'essentiel, liée à la production d'énergie nucléaire. Contexte que l'on rappelle brièvement ci-dessous.

On obtient de l'énergie de fission en prélevant de l'uranium dans la croûte terrestre et en le plaçant sous flux de neutrons. Les produits de fissions engendrés par la réaction en chaîne et les produits d'activation ou de capture engendrés par le flux de neutrons présentent une haute activité. Aux concentrations qui en résultent, ils sont, dans la plupart des cas, incompatibles avec la vie et il est exclu de les laisser se répandre dans l'environnement. Toute leur gestion consiste, pour l'essentiel, à les maintenir isolés de la biosphère pendant la durée de leur décroissance radioactive, c'est-à-dire sur des durées de plusieurs centaines de milliers d'années pour certains. Pendant une première phase qui dure quelques centaines d'années, ils émettent fortement de la chaleur tout en étant fortement radioactifs, puis, dans une deuxième phase, leur radioactivité diminue lentement jusqu'à rejoindre celle de l'uranium initial au bout de plusieurs dizaines ou centaines de milliers d'années.

Cette nécessité d'isolement a été reconnue très tôt parmi les personnes qui ont développé l'énergie nucléaire civile et, progressivement, s'est développée une doctrine sur le conditionnement et le traitement des déchets, puis sur leur entreposage et finalement sur le stockage en couche géologique profonde présenté comme un des modes de gestion les plus satisfaisants. Les quinze années de recherche effectuées sous la loi du 30 décembre 1991 et sa concrétisation par la loi de 2006 n'ont pas infirmé cette proposition.

Les principes de base d'un stockage de déchets radioactifs qui ont été établis progressivement se fondent sur la conception d'une méthodologie de gestion et sa démonstration de la sûreté à court terme comme à long terme.

Les études sur le stockage profond et probablement les étapes successives vers sa mise en œuvre exigeront la présence continue d'une expertise de sûreté au service de l'ASN, qui reposera pour une grande part sur l'IRSN, compte tenu de l'organisation adoptée dans ce domaine.

La présence d'un double rôle d'expertise et de recherche est la première caractéristique qui saute aux yeux de qui se penche sur l'IRSN. C'est précisément pour lui donner les meilleures chances de développer ses compétences que le concours de l'expertise et de la recherche dans un même institut a été voulu d'emblée par ceux qui ont présidé à sa création à partir des composantes initiales IPSN et OPRI.

Le Conseil Scientifique a aussi pu constater que ce positionnement est aussi celui de la direction de l'IRSN. Et, notamment, en matière de compétence sur la sûreté de la gestion des déchets en couche géologique profonde, le Conseil Scientifique a vérifié l'existence d'une demande soutenue d'expertise et d'une activité originale de

recherche. Ce sont, d'ailleurs, souvent les mêmes personnes qui jouent un rôle majeur sur les deux plans.

L'IRSN a été et est toujours fortement présent dans les lieux où sont conçus les processus concourant à la conception des méthodes de gestion des déchets et à la définition des exigences correspondantes en matière de sûreté. Par ailleurs, l'IRSN a choisi d'être actif dans la recherche scientifique sur des points reconnus comme points-clés de la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Ces deux aspects, indispensables et complémentaires, feront l'objet d'une analyse détaillée dans deux chapitres distincts : III.1 et III.2.

La demande sociétale s'exerce à travers un processus démocratique qui suppose une participation et donc une information du public allant bien au-delà de la sphère purement technique. Nous avons donc, en outre, examiné comment l'IRSN participe à l'enseignement et à la transmission des connaissances sur ce sujet et nous avons cherché à percevoir comment l'IRSN est préparé à jouer son rôle dans les débats publics à venir concernant la mise en place d'une politique publique de gestion des déchets radioactifs. Ces points font l'objet des chapitres III.3 et III.4.

III.1 Présence de l'IRSN en tant qu'expert dans les étapes essentielles des processus visant à la gestion des déchets radioactifs

III.1.1 Les textes de référence

Le Conseil Supérieur de la Sûreté Nucléaire a constitué en 1985 un groupe de travail chargé de préciser les critères techniques devant être satisfaits pour le stockage géologique. Ce groupe au travail duquel l'IRSN a largement contribué, était présidé par le Professeur Jean Goguel et était principalement composé de géologues. Il travailla de juin 1985 à mai 1987. A la suite de ces travaux, les autorités de sûreté nucléaire ont établi une règle fondamentale de sûreté (RFS III.2.f) et l'IRSN (à cette époque IPSN) a participé à l'établissement de ce document essentiel définissant la doctrine française concernant l'établissement éventuel d'un stockage en couche géologique profonde. Aujourd'hui, des travaux sont réalisés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) en vue de préciser cette règle fondamentale et l'IRSN est toujours sollicité en tant qu'expert de l'ASN pour apporter les éléments de réflexion et de constitution de ce travail.

Sur le plan mondial, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) a établi en avril 2005 un guide sur le stockage géologique profond des déchets radioactifs (*Draft Safety requirements on Geological Disposal of Radioactive Waste*, AIEA DS154). La France y est représentée activement par un membre de l'IRSN.

En septembre 2004, une étude franco-belge produit un approfondissement dans la démarche logique et dans la rigueur de présentation de la problématique du stockage profond, tout en introduisant de nouvelles démarches pour la démonstration de sûreté. C'est une importante avancée conceptuelle faisant ressortir le principe de démontrabilité en sus des principes de sûreté classiques. Il fait ressortir l'importance d'un jugement qualitatif de l'acceptabilité de l'impact radiologique, en complément de son évaluation quantitative. L'IRSN y est présent pour la partie française aux côtés de l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de l'ANDRA.

III.1.2 Le groupe permanent « déchets »

Trois experts de l'IRSN ont été nommés auprès du groupe permanent chargé des installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs : le Groupe Permanent Déchets (GPD). Les Groupes Permanents sont des groupes d'experts réunis régulièrement à l'initiative de la DGSNR autour de questions particulières relevant de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection.

Le Groupe Permanent « déchets » est composé d'une quarantaine de personnalités (DGSNR, CEA, COGEMA, EDF, ANDRA, etc.). Sept personnes de l'IRSN y siègent. Le GPD a une activité très régulière et se réunit chaque année en tant que de besoin. Ainsi en 2005, ce groupe s'est réuni les 12 et 13 janvier 2005 pour étudier le dossier « Argile 2005 » présenté par l'ANDRA, puis le 25 octobre et encore une fois les 12 et 13 décembre pour étudier l'avis de l'IRSN sur le dossier Argile 2005.

Ces réunions représentent un enjeu considérable puisqu'elles sont le lieu où les questions sont débattues dans le but d'éclairer le jugement de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. L'IRSN y joue un rôle central, ce qui représente pour lui un défi permanent propre à entretenir son expertise au meilleur niveau.

III.1.3 L'avis de l'IRSN sur le dossier Argile 2005 (Rapport DSU N° 106)

La Commission s'est penchée de manière approfondie sur le travail fourni par l'IRSN en vue d'évaluer le dossier Argile 2005 fourni par l'ANDRA en juin 2005 (version préliminaire). Ce travail a été réalisé sur demande de la DGSNR par sa lettre du 5 août 2005.

Ce document de 248 pages a été présenté au groupe permanent déchets lors de sa réunion des 12 et 13 décembre 2005.

Le dossier se présente comme une analyse point par point du dossier ANDRA, systématiquement ponctué par un avis motivé de l'IRSN, se référant notamment à la règle fondamentale de sûreté III.2F. Voici quelques extraits du rapport illustrant l'activité d'expertise de l'IRSN :

Sur la question de la sismicité : *L'IRSN considère que les estimations faites par l'Andra fournissent des ordres de grandeur possibles des temps de retour de séismes de niveau SMP², mais que des données manquent (paléosismicité ou géodésie) à ce stade pour en confirmer le bien-fondé. Aussi, l'IRSN considère qu'il convient plutôt de privilégier une approche consistant à postuler l'occurrence de séismes majorants durant la période de post-fermeture du stockage (par exemple en retenant les spectres régional et local les plus pénalisants), et d'en étudier les effets éventuels sur la sûreté de ce dernier.*

L'IRSN recommande donc une stratégie spécifique pour le problème, mais il conclut un peu plus loin en relativisant la portée critique de son analyse en disant : *Cependant, au regard du caractère probablement mineur des effets dynamiques du spectre SMS³ en profondeur sur les ouvrages d'un stockage et de la possibilité d'adapter la conception de l'installation de stockage pour pallier, a priori efficacement, les éventuels effets du SMP sur la barrière géologique, l'IRSN considère que les incertitudes mentionnées ci-avant ne devraient pas être de nature, en l'état actuel des connaissances, à remettre en cause la sûreté d'une installation de stockage en cas de séisme.⁴*

L'IRSN montre ici à la fois sa capacité de jugement sur les choix scientifiques proposés par l'ANDRA, et sa capacité d'intégrer leurs conséquences sur la globalité de l'étude. Ces deux capacités sont le fondement d'une démarche fondée sur le questionnement scientifique.

Dans certains cas, l'IRSN fait état de ses propres études. Ainsi dans la question de l'analyse de criticité⁵ pour les colis de déchets B, Il écrit : *Selon les calculs réalisés par l'IRSN, l'expansion latérale des galettes ou l'absence de béton entre les colis de stockage conduisent à augmenter la réactivité d'environ 8 000 pcm. Mais il conclut : Aussi, bien qu'il conviendrait d'analyser plus particulièrement ces deux hypothèses, l'IRSN estime que la maîtrise des risques de criticité pendant la phase de post-fermeture devrait raisonnablement être acquise.* Toutefois, s'agissant cette fois des colis de combustibles usés, analysant une conclusion de l'ANDRA sur le non-risque de criticité en cas d'évolution de l'écartement des crayons, l'IRSN note que si les logements des colis se trouvaient être cylindriques,

² Séisme maximal proposé : concept utilisé par l'Andra et que l'IRSN assimile avec le SMPP (Séisme maximum physiquement possible) préconisé par la RFS III.2.f.

³ Séisme majoré de sécurité

⁴ IRSN DSU N° 106, page 36

⁵ Il est à noter que c'est un domaine où l'expertise diminue rapidement au sein de la communauté scientifique et technique !

une configuration critique est possible et conclut : « *Aussi, l'analyse de l'ANDRA devrait être complétée sur ce point* ».

Sur la question de la recherche de failles dans la couche géologique d'argile, l'IRSN discute très en détail les conclusions que l'ANDRA tire des expérimentations qu'elle a effectuées par la méthode de la sismique 3D sur le site de Bure, en Meuse - Haute Marne. Ces questionnements ont conduit l'IRSN à effectuer à Tournemire⁶ une expérimentation lourde par la même méthode, mais avec une maille très serrée en vue de détecter des failles connues et répertoriées. Cela lui permet de montrer les limites de cette méthode géophysique et de recommander de disposer de mesures correctives dans la construction du laboratoire en cas de rencontre de fracturations non détectées (cf. page 32).

Sur la question de la démarche de sûreté de l'ANDRA, l'IRSN écrit : *L'IRSN constate que la démarche de sûreté de l'ANDRA consiste notamment à confiner la radioactivité au plus près des déchets et que ce point constitue un progrès notable par rapport aux premières étapes de développement du projet. En ce sens, cette démarche s'inscrit clairement dans l'objectif fixé par la RFS III.2.f de concevoir des barrières aussi efficaces que possible, l'évaluation de l'impact dosimétrique n'étant destiné qu'à vérifier que les capacités de confinement du stockage permettent de respecter les objectifs visés de protection de l'homme et de l'environnement.*⁷

Le Conseil Scientifique cite ces exemples en vue de montrer au lecteur de ce rapport, combien l'IRSN et l'ANDRA se trouvent en situation de dialogue alterné au point que la construction globale de l'étude est finalement le résultat de ce dialogue. Dans certains cas, l'IRSN apparaît comme prescripteur de certaines dispositions sans pour autant faire preuve d'arbitraire, car les demandes sont clairement motivées.

Le rapport DSU N° 106 constitue donc une sorte de recueil des compétences opérationnelles de l'IRSN dans le domaine du stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde. L'IRSN se trouve là au cœur de son métier dans le contexte d'une évaluation de sûreté. Ses compétences sont à l'œuvre dans une construction en cours de développement en relation avec l'ANDRA, dans la ligne de pensée impulsée par les réunions du groupe permanent déchets et dans la continuité logique de la mise en place des règles fondamentales de sûreté.

Nous examinerons plus en détail dans le chapitre suivant, une problématique essentielle pour la conception d'un stockage profond : l'étanchéité de la couche géologique après fermeture.

III.1.4 Contribution de l'IRSN à la problématique de l'étanchéité géologique

Au cours de la présentation du 15 mars 2006, la commission a choisi avec le concours de l'IRSN de suivre un thème particulier, l'étanchéité géologique et d'en exposer en détail différents aspects pour illustrer l'approche de l'IRSN en vue de maintenir et de développer ses compétences.

L'étanchéité de la couche géologique, si bonne soit-elle, doit être reconstituée après ouverture des galeries et stockage des déchets. La question du scellement se heurte à l'apparition en périphérie des galeries d'une zone dite endommagée (EDZ), c'est-à-dire fracturée et micro-fissurée, qui est susceptible de constituer des courts circuits

⁶ Le site de Tournemire (Aveyron) correspond à un ancien tunnel ferroviaire creusé dans une argilite très semblable à celle du laboratoire de Bure avec des facilités d'accès incomparables et donc des coûts réduits. L'accessibilité et l'ancienneté du creusement offrent des possibilités de recherche originales. Le site n'est toutefois pas l'équivalent complet de Bure pour certains aspects, comme notamment l'état de contrainte des couches géologiques lié à la profondeur.

⁷ Ibid. page 66

propices à la circulation des eaux et par suite des radionucléides.

L'IRSN dispose d'informations de premier plan sur la caractérisation de l'endommagement grâce à l'existence du laboratoire de Tournemire, qu'un certain nombre de membres du Conseil Scientifique ont eu l'occasion de visiter. Les causes de l'endommagement sont bien analysées. Mais la connaissance sur l'évolution de ce phénomène reste à préciser, notamment sur le site de Bure où les effets de charge mécanique sont différents du fait d'une plus grande profondeur. Les études sur le site de Bure sont donc également indispensables au développement de la connaissance sur le phénomène d'endommagement et sur les moyens de le surmonter. Les modes de scellement présentant des mesures correctives sont discutés en détail et des expérimentations sont étudiées. L'IRSN conclut à la nécessité de poursuivre les recherches tant à l'IRSN et dans les autres laboratoires, notamment celui de l'ANDRA. La question d'une expérimentation de scellement in situ à échelle 1 est considérée comme majeure par l'IRSN. Le problème de la pertinence de sa localisation sera discuté plus loin.

L'IRSN étudie aussi également la possibilité d'une dégradation chimique de la barrière géologique sous l'effet de transformations chimiques résultant de la présence d'importantes masses de matières alcalines (ciments) composant principal des structures du stockage notamment au niveau des ouvrages de soutènement. Les conclusions tirées de ces études sont insuffisantes pour exclure l'éventualité d'une accentuation des phénomènes d'endommagement à la périphérie des galeries et conduisent donc à poursuivre les recherches dans ce domaine.

Enfin, il faut une modélisation de la migration des radionucléides dans le stockage et autour du stockage pour mettre en évidence les effets de toutes les dispositions architecturales et de tous les défauts imaginés qui concourent à mettre en cause le concept trop simple d'un confinement parfait dans un milieu étanche homogène. L'IRSN utilise un logiciel nommé MELODIE qu'il développe depuis 20 ans en collaboration avec l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. L'existence d'un tel outil indépendant des modèles utilisés par ceux qui sont en charge de la conception d'une installation de stockage, est essentielle pour constituer une autonomie de jugement et permettre un dialogue constructif et équilibré. Car les différences de résultats doivent être expliquées. **Toutefois, le Conseil Scientifique fait remarquer que l'indépendance de jugement repose avant tout sur la compétence des personnes capables d'évaluer les incertitudes des résultats produits par les logiciels de modélisation, et non sur la seule présence d'un logiciel propre de simulation. Le Conseil Scientifique constate donc l'existence d'une activité autonome de l'IRSN dans le domaine de la modélisation des transferts, contribuant à la qualité de son jugement et au développement de ses compétences et recommande la poursuite de ce travail, non pas tant pour dominer par le modèle toutes les situations possibles, mais pour maintenir ses compétences à un niveau le plus élevé possible.**

III.1.5 Perspectives

Les travaux de recherche, de conception, puis de mise en œuvre d'un stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde sont susceptibles de s'étendre sur plusieurs décennies. Aussi longtemps que l'Autorité de Sûreté Nucléaire, d'une part, et l'opérateur de gestion des déchets, d'autre part, entendront poursuivre un dialogue destiné à établir une évaluation de sûreté d'un stockage de déchets aussi éclairée que possible, l'expertise de l'IRSN sera non seulement nécessaire, mais elle sera maintenue et développée par le fait même de cette activité.

La question se pose donc moins de sa pertinence et de sa qualité, qui sont aujourd'hui incontestables, que d'une alimentation pérenne en compétences nouvelles et dédiées à cette importante question de société qu'est la gestion des déchets radioactifs. Si le nucléaire a pu exercer, lors de son développement initial, une fascination

propre à attirer des élites, on court le risque aujourd'hui, dans une phase de stabilisation comportant les premiers pas opérationnels de gestion définitive des déchets ultimes, qu'un certain désintérêt se traduise par une difficulté de recrutement de personnes compétentes⁸. La situation peut cependant évoluer rapidement si le nucléaire connaît une relance associée à de nouvelles constructions.

La recherche, qui stimule les relations avec les universités, les grandes écoles, les centres de recherche et les relations internationales, y a un rôle essentiel à jouer. La programmation de ses activités de recherche et notamment la poursuite de l'ouverture de ses activités au monde universitaire sont un des moyens importants pour l'IRSN de garder le contact avec des personnalités capables d'assurer la transmission de ses compétences et de sa culture d'entreprise.

⁸ Consultative Committee Euratom-Fission 16th December 2000: *How to Maintain Nuclear Competence in Europe?* Deux membres du Conseil Scientifique actuel de l'IRSN ont participé à la rédaction de ce rapport : Victor Teschendorff et Philippe Leconte.

III.2 Présence de l'IRSN dans la recherche scientifique sur les points clés de la gestion des déchets radioactifs

Comme l'a clairement exprimé Thierry Charles, lors de la réunion extraordinaire du Conseil Scientifique du 15 mars 2006 : « *L'IRSN ne fait pas de la recherche pour dimensionner le stockage, mais pour poser les bonnes questions* ». Toutefois, cette restriction n'allège guère la tâche des chercheurs de l'IRSN. Ils doivent être des généralistes capables de couvrir une large étendue de domaines scientifiques. Les conséquences de cette affirmation ont été examinées lors des choix stratégiques de novembre 2000 et lors du séminaire des 15 et 16 juin 2005.

III.2.1 Les choix stratégiques sur les thèmes de recherche

Le 13 novembre 2000, en vue de se préparer à répondre aux questions de sûreté relatives à la conception éventuelle d'un site de stockage dans la zone du laboratoire de Bure, l'IRSN a choisi sept points clés pour lesquels il devait développer son expertise par une activité de recherche spécifique. Ces sept points clés sont les suivants :

- 1) reconnaître la possible expression d'une fracturation secondaire au sein de la couche argileuse du Callovo-Oxfordien qui pouvait constituer une contrainte importante pour la conception d'un éventuel stockage,
- 2) améliorer la connaissance du schéma hydrogéologique du site qui constitue une base essentielle à la vérification de la sûreté d'une éventuelle installation de stockage,
- 3) évaluer la capacité de confinement de la roche hôte qui doit permettre de retarder et de limiter les quantités de substances nocives relâchées vers les formations encaissantes, puis la biosphère,
- 4) étudier les interactions chimiques entre la formation hôte et certains composants majeurs prévus dans la réalisation du stockage (en particulier les liants hydrauliques et les métaux) en s'attachant à évaluer les modifications que ces interactions étaient susceptibles d'induire sur les propriétés de transfert des radionucléides (rétention et solubilité). L'incidence de ces interactions chimiques sur les vitesses de dégradation des colis ainsi que sur la production d'une phase gazeuse au sein d'un stockage devait également être évaluée.
- 5) étudier les phénomènes responsables de l'apparition d'une zone endommagée autour des excavations, susceptible de constituer une voie de transfert privilégiée, et adapter la conception du stockage en vue de minimiser l'endommagement du terrain (adaptation des géométries et des tailles d'ouvrages, gestion des vides résiduels choix des techniques de creusement et de soutènement...),
- 6) étudier la conception et l'efficacité d'ouvrages de scellements en tenant compte de l'existence d'une zone endommagée,
- 7) définir les grandes lignes des conditions d'exploitation et de réversibilité du stockage.

En réponse à ce travail, l'IRSN a établi cinq cahiers des charges des travaux internes de recherche à réaliser. Ils sont présentés dans le rapport DES-SESID 00-02 et ont constitué la trame des travaux effectués de 2000 à 2005.

Les 15 et 16 juin 2005 a eu lieu un séminaire SSD-SARG sur les orientations possibles des recherches sur le stockage géologique après 2006. Ses conclusions sont reprises ici :

- 1) La nécessité d'un renforcement de la présence sur Bure dans l'optique d'un meilleur suivi des expériences

prévues par l'ANDRA dans ce laboratoire. L'accès aux données apparaît essentiel, mais des besoins d'expériences propres sur ce site n'ont pas été identifiés à ce stade,

- 2) La présence au Mont Terri⁹ doit être maintenue dans la mesure où elle représente une source importante de contacts scientifiques internationaux et donne un accès privilégié à des connaissances phénoménologiques et méthodologiques (Note technique DEI/SARG/06-006 14/14),
- 3) En ce qui concerne Tournemire, les travaux déjà engagés sur ce site et le potentiel qu'il offre en termes de facilité de mise en œuvre de certaines expériences, font de cette station un outil expérimental qui devrait demeurer majeur pour l'IRSN. Les principaux travaux à retenir sont :
 - la poursuite des programmes relatifs aux méthodes de caractérisation des eaux, au rôle des fractures dans le transfert de l'eau, à la caractérisation et à l'évolution de l'EDZ et à l'interaction béton/argilites ;
 - le développement de tests sur le potentiel de méthodes géophysiques et mise en œuvre d'une expérience « clef d'ancrage ».
- 4) L'effort déjà engagé de fédération des compétences pour la définition et le suivi des programmes doit être poursuivi (les GT transverses sont à maintenir et à développer, les compétences en matière de biosphère doivent être réactivées, des bases de données communes sont à créer ou à consolider, la mise en œuvre d'un exercice de modélisation intégrée est à lancer...).
- 5) Le développement de partenariat est à favoriser sous forme de pôles de compétences (mécanique, géochimie, club utilisateur de MELODIE) afin de donner plus de visibilité aux travaux et outils de l'Institut.
- 6) Les aspects relevant de la construction et de la gestion en phase d'exploitation n'ont pas été discutés et devront être traités de manière spécifique.

Le Conseil Scientifique considère que ces éléments de pré-programmation de 2005 constituent une manière correcte d'orienter les programmes de recherche, tout en étant conscient du fait que leur faisabilité dépend de l'engagement de moyens humains et financiers et donc de choix à effectuer parmi les différentes options retenues. Le conseil s'est interrogé sur le degré de priorité de la participation de l'IRSN aux travaux conduits dans le laboratoire de Bure et de l'intérêt de la poursuite des travaux de Tournemire. Les éléments de l'analyse sont les suivants.

1) *Présence sur le site de Bure*

La position particulière de l'IRSN, et notamment la nécessité de protéger son indépendance vis-à-vis de l'ANDRA, peut compliquer un déploiement de recherches ou d'investigations menées de manière conjointe par l'IRSN et l'ANDRA. Il faut distinguer les demandes d'investigations résultant de prescriptions de la part de la DGSNR de celles qui correspondent à des initiatives de questionnement ouvert de recherche scientifique. En ce qui concerne le rôle de soutien d'expertise à la décision de l'Autorité de Sûreté, l'IRSN doit disposer d'une complète indépendance. Pour ce qui relève de la recherche scientifique, le souci d'indépendance pourrait conduire à l'isolement, situation qui serait

⁹ Le projet Mont Terri est un projet de recherche international pour la caractérisation hydrogéologique, géochimique et géotechnique d'une formation argileuse (Argiles à Opalinus) dans le canton du Jura en Suisse

préjudiciable à la bonne conduite d'une recherche scientifique, tant il est vrai que l'éclairage des uns et des autres et la combinaison de leurs regards respectifs sont profitables à chaque acteur de recherche.

La question qui se pose est alors de savoir qui a la responsabilité de la conduite des recherches.

Quel qu'en soit le responsable, les résultats de recherches acquis dans le laboratoire national de Bure ne peuvent pas être l'exclusivité d'un organisme particulier. Le Conseil Scientifique a été assuré que l'IRSN disposait d'un plein accès à l'ensemble des données acquises sur le site de Bure. Dès lors, s'il n'est pas envisagé de conduire des expériences en propre, peut-on imaginer que l'accès aux résultats suffise à assurer l'indépendance en se basant sur l'analyse et donc sur le seul jugement scientifique ?

La conduite de l'investigation n'importe-t-elle pas autant que la disposition des résultats expérimentaux ? Il est clair que le site de Bure présente des caractéristiques propres dont la connaissance ne peut pas résulter d'un simple processus de transposition¹⁰. Donc la question se pose de savoir si l'IRSN peut exercer la responsabilité de déterminer des recherches à mener sur le site de Bure.

Il avait été imaginé que l'IRSN pourrait disposer d'une niche particulière indépendante dans une galerie du site de Bure. Outre le fait que les coûts d'intervention dans une telle niche pourraient s'avérer prohibitifs en regard des budgets de l'IRSN, il n'est pas certain que cette manière de procéder garantirait mieux l'indépendance de l'IRSN dans la mesure où toute recherche sur le site de Bure reste sous la responsabilité de l'ANDRA et que, en outre, on courrait le risque de voir l'IRSN dupliquer inutilement des investigations déjà programmées ailleurs. **Le Conseil Scientifique ne recommande donc pas cette solution.**

Il reste donc, qu'en dehors des investigations prescrites par l'autorité de sûreté, l'IRSN peut, soit engager des recherches en coresponsabilité avec l'ensemble des exploitants¹¹, soit engager des recherches sous sa responsabilité avec l'intervention, comme principal acteur, de partenaires tels que le CNRS, soit enfin prendre seul la responsabilité d'une expérience particulière dans une galerie non réservée à l'IRSN. Dans les trois cas, l'IRSN interviendra pleinement dans la définition des objectifs de recherche.

Le Conseil Scientifique incite vivement l'IRSN à être présent sur le site de Bure dans l'esprit de cette dernière proposition¹² et à y déployer, en tant que de besoin, des recherches propres, pour éclairer les questions spécifiques au site ainsi que les questions posées par la transposition des résultats acquis sur d'autres sites.

2) *Investigations et Recherches sur le site de Tournemire*

Le laboratoire de Tournemire apparaît comme un site où des questions précises peuvent être traitées à moindre coût sur les massifs argileux, pour autant qu'elles restent pertinentes pour ce type générique de roche et pour les conditions physiques particulières d'un stockage profond. La commission et le Conseil scientifique ont examiné la question de la représentativité de Tournemire par rapport à Bure. Il constate que les convergences sont fortes. Les aspects majeurs pour lesquels Tournemire est très utile et peut apporter un éclairage essentiel sont l'endommagement lié au creusement, l'identification de la fracturation et son rôle, ainsi que l'efficacité des

¹⁰ Les variations de caractéristiques observées sur le site de Bure à différentes profondeurs incitent à considérer que les investigations locales sont essentielles.

¹¹ Recherches partenariales, Programmes d'intérêt commun

¹² La base scientifique de l'IRSN s'est déjà exprimée positivement dans le sens de cette proposition (voir le point 1 des conclusions du séminaire SSD-SARG de juin 2005)

scellements. Compte tenu des résultats déjà obtenus, il semble que la question des propriétés percolantes du réseau de fissures induit par l'endommagement soit primordiale et les recherches dans ce domaine devraient être accélérées, en s'appuyant sur l'acquis de la recherche dans des domaines connexes (hydrologie, génie pétrolier,...). La question du lien entre structure de fissuration et état de contrainte (initial et généré par le creusement) paraît extrêmement ardue et la réussite des travaux envisagés dans ce domaine est certainement plus hasardeuse. Le Conseil Scientifique considère que les difficultés évoquées ne doivent pas occulter le fait que s'engager dans cette voie permettra, au minimum, de développer des compétences indispensables dans l'appréciation de situations concrètes pour de futures implantations, et dans l'évaluation du comportement des structures existantes. Des avancées dans ce domaine seraient très utiles bien au-delà de la problématique stockage, il n'y a donc pas lieu de rejeter ce type de programme.

Au vu de ces données, le Conseil Scientifique estime que l'exploitation du site de Tournemire mérite d'être poursuivie.

En outre, le Conseil Scientifique soutient le principe proposé par l'IRSN que des collaborations autour de ce site soient recherchées avec ses principaux partenaires nationaux et étrangers, en particulier en tenant compte du caractère complexe et souvent très amont des problèmes posés.

3) *Logiciel Mélodie*

Comme indiqué dans le chapitre III.1.4, le Conseil Scientifique considère que la poursuite du développement d'un logiciel indépendant pour la modélisation des migrations de radionucléides dans les milieux poreux est un atout pour s'assurer d'un jugement efficace. La mise à disposition de ce logiciel à des équipes extérieures et la création d'un club d'utilisateurs est aussi un élément de constitution de collaborations propres à maintenir vivante les réflexions sur la problématique du stockage.

Le Conseil Scientifique s'associe aux souhaits exprimés dans les points 4 et 5 cités ci-dessus. Il est toutefois étonné de ne pas voir apparaître dans les conclusions de 2005, des éléments annoncés dans l'introduction du rapport, à savoir : « *L'importance des questions à traiter a été débattue sous l'angle de la sûreté, mais aussi sous celui des interrogations d'ordre purement scientifique, et de leur répercussion médiatique vers la société civile* ». Le récent débat public sur les déchets, incluant le stockage profond, fournit une abondante source d'informations sur les interrogations du public, qui ne sont pas toujours identiques aux interrogations des experts.

Le Conseil Scientifique suggère à l'IRSN de procéder à une revue du dossier de ce débat public afin d'identifier les thèmes de recherche complémentaires nécessaires, permettant le moment venu (jalons qui seront prévus dans la loi) de disposer des meilleures réponses à certaines interrogations.

Le Conseil Scientifique considère que la question du dialogue avec la société civile nécessite une grande attention et des compétences que l'IRSN se doit d'exercer.

Cette question est reprise au chapitre III.4.

III.2.2 Collaborations et présence dans les instances internationales

L'IRSN est largement présent dans les programmes majeurs des PCRD successifs et y a été souvent leader : PAGIS, PACOMA, EVEREST, SPA, BENIPA, REGIME, NFPRO, DECOVALEX I, II et III.

L'IRSN est également présent dans les programmes menés par l'AIEA et par l'agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE. Ces collaborations sont essentielles et le Conseil Scientifique considère qu'elles doivent être poursuivies. Il encourage l'IRSN à s'y engager chaque fois que c'est possible avec un rôle de leader selon le souhait indiqué par l'Institut lui-même.

III.2.3 Expert et chercheur

Compte-tenu de sa double mission, l'IRSN doit trouver un équilibre entre les efforts consacrés à la recherche et les efforts consacrés à l'expertise. Certains ont pu émettre l'idée qu'une recherche à l'IRSN sur ces sujets ne serait efficace que si elle était menée à plein temps. Dans ce contexte, le Conseil Scientifique affirme sa conviction que la notion de chercheurs à plein temps tout au long de leur carrière à l'IRSN est illusoire, et probablement improductive d'un point de vue même des objectifs de la recherche en sûreté. Les chercheurs ont non seulement pour tâche de faire des recherches et d'en communiquer les résultats à la communauté scientifique, mais ils ont également à exercer des fonctions d'expertise, et si possible d'enseignement. Ces fonctions font partie intégralement de leur métier et nourrissent leurs questionnements. La résolution de cette tension entre ces diverses fonctions, toutes pouvant être exercées pour elle-même, un temps donné, n'est pas simple et reste à trouver. C'est tout l'enjeu des missions de l'IRSN. Dans un domaine aussi difficile et aussi pluridisciplinaire que celui de la maîtrise du stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde, la liberté de questionnement des chercheurs est un atout essentiel, mais leur ancrage réaliste dans la problématique par le fait qu'ils sont sollicités pour leur expertise concrète est la condition pour que cet atout soit efficace. **Le Conseil Scientifique recommande à l'IRSN de poursuivre son affichage clair dans une politique de soutien de chercheurs-experts.**

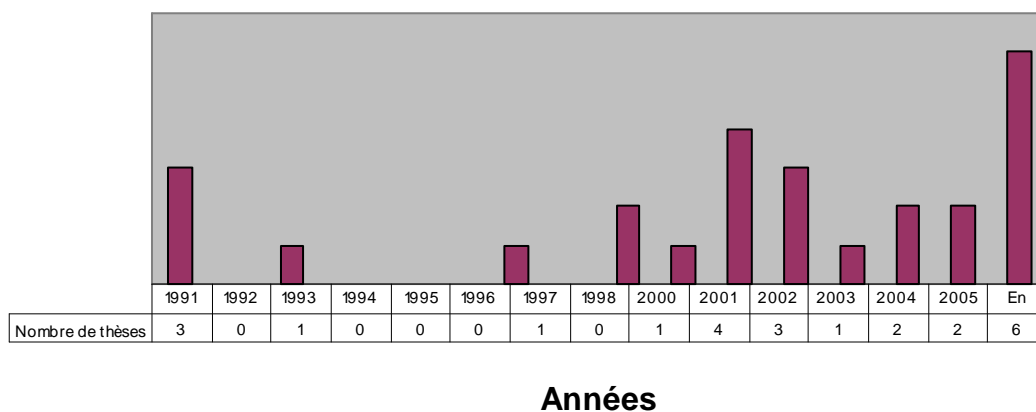
III.3 Enseignement, formations et mode de transmission des connaissances

III.3.1 Travaux de thèse

Depuis sa création, l'IRSN a mis l'accent sur le développement des travaux de thèses en relation avec les universités. Un des premiers résultats de cette politique est une reprise du nombre de doctorants présents à l'IRSN après une période de déclin.

Sur les questions relatives à la gestion des déchets radioactifs, on note 6 thèses en cours effectuées dans 6 universités ou grandes écoles différentes.

Nombre de thèse par année sur les questions relatives au stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde



La politique de l'IRSN en matière de thèse a été de mettre en œuvre le processus suivant de sélection des doctorants:

- 1 - Proposition des sujets par les laboratoires (octobre à décembre de l'année n-1).
- 2 - Évaluation des sujets par 2 experts extérieurs et un expert interne (janvier).
- 3 - Sélection des sujets retenus et recherche de candidats (février à juin).
- 4 - Evaluation des dossiers des candidats, présélection.
- 5 - Audition des candidats présélectionnés devant une commission d'évaluation composée de professeurs et de représentants des directions de l'IRSN.
- 6 - Choix définitif, pour un début de thèse à partir d'octobre de l'année n.

D'autre part, l'IRSN organise chaque année, une journée des thèses où chaque doctorant est invité à présenter son travail devant ses collègues et diverses personnalités. La direction de l'IRSN est très attachée à la qualité de cet événement.

Le Conseil Scientifique approuve pleinement et soutient cette organisation de l'accueil et de l'accompagnement des doctorants définie au plus haut niveau de l'organisation de l'Institut. Elle exprime son souhait que le système demeure simple, tout en préservant un haut niveau d'exigence.

III.3.2 Formations internes et externes

Le Conseil Scientifique constate que l'IRSN dispose d'un remarquable spectre de compétences dans les nombreux domaines intéressant le stockage profond (voir chapitres III.1 et III.2). Il s'interroge sur la façon dont l'Institut s'organise pour maintenir ce niveau en regard des constantes de temps qui régiront la mise en œuvre éventuelle d'un stockage profond. Une réponse à cette question est donnée par l'existence d'une activité d'expertise sollicitée par la DGSNR et par les travaux de recherche et de développement effectués par l'ANDRA. Une autre réponse est également donnée par l'activité de recherche poursuivie par l'IRSN.

En interne, la pratique de l'IRSN, pour disposer des experts dont il a besoin pour ses missions, est la suivante :

- recrutement d'ingénieurs ou chercheurs ayant une formation initiale adaptée aux besoins,
- compagnonnage par le chef de bureau ou par une autre personne du bureau, facilitée par le fait qu'un avis IRSN est toujours un avis collectif de l'organisme, et non un avis individuel d'expert, et par la taille des bureaux (une dizaine de personnes) qui permet un partage aisé et la construction d'une expertise collective,
- prise de connaissance systématique des travaux antérieurs, d'une part lors de la prise de fonction, d'autre part lors de tout traitement d'un nouveau dossier (toute expertise ou recherche IRSN commence par une étude des dossiers et de la bibliographie antérieurs)

En l'état actuel, l'IRSN considère comme prématuré d'organiser des formations sur le stockage profond et sa sûreté, les besoins (exploitants, plus ingénieries, plus organismes de recherche incluant l'IRSN) étant quantitativement insuffisants.

Outre la formation par la recherche sous forme de thèses, de stages et de contrat de post-doctorants qui sont aussi une sorte de compagnonnage, l'IRSN contribue aux actions de formations dans plusieurs universités et notamment à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN).

La spécificité de l'IRSN dans le domaine du stockage profond est entièrement construite autour de la notion de démonstration de sûreté. **Le Conseil Scientifique insiste sur l'importance de la transmission des connaissances dans ce domaine et du développement de la recherche académique sur les fondements scientifiques et méthodologiques de la sûreté à très long terme.**

A cet égard, l'IRSN a constitué un Comité d'orientation pédagogique consultatif appelé à donner son avis sur la politique de l'Institut en matière d'enseignement et de formation, ainsi que sur les programmes dispensés.

III.3.3 Publications

L'IRSN a transmis à la commission une liste de 114 publications et documents techniques émis dans le cadre des programmes de recherche sur la sûreté des stockages géologiques. Elles couvrent les années 1999 à 2005. Parmi elles, 28 sont des publications dans des revues à comité de lecture. Les autres sont des rapports internes, des rapports de collaborations internationales et des contributions à des conférences. Ces nombres peuvent sembler relativement faibles pour une vingtaine d'ingénieurs-chercheurs, sur une période de 6 ans, tout particulièrement pour ce qui concerne les publications dans des revues à comité de lecture, tout en ayant conscience cependant qu'une part importante de l'activité de ces derniers est consacrée à l'expertise. En tout état de cause, il faut garder en mémoire

que l'évaluation exacte du nombre d' « équivalent chercheurs » est en cours, et qu'il est donc prématuré de donner une appréciation définitive sur le taux de publication.

Par ailleurs, il serait souhaitable qu'un comité d'évaluation spécialisé juge la qualité et la pertinence de ces publications eu égard aux thématiques considérées comme points-clés dans la compréhension des phénomènes liés au stockage dans le Callovo-oxfordien afin, soit de confirmer les orientations retenues, soit d'inviter l'IRSN à examiner de possibles réorientations dans le contexte nouveau de la loi « déchets » de 2006.

De plus, la discipline « stockage géologique profond » dispose bien d'un réseau de conférences et de congrès internationaux, mais ne présente peu ou pas de revues à comité de lecture. Les revues à comité de lecture où l'on trouve des publications de l'IRSN sont donc celles de disciplines bien établies et anciennes des sciences de l'univers telles que : *Applied Clay Science*, *European J. of Mineralogy*, *Hydrogeology J.*, *Radiochim. Acta*, ... Le Conseil Scientifique note que les rapports internes écrits par l'IRSN mériteraient une plus grande diffusion (Internet, ...).

Ayant pris connaissance du rapport « Publications scientifiques et techniques Bilan 2005 » (IRSN-DESTQ, juin 2006), le **Conseil Scientifique exprime sa satisfaction que l'IRSN mette en place un meilleur suivi des publications et l'exhorte à une grande vigilance pour que le choix des revues favorise un meilleur impact moyen des publications.**

L'IRSN a été régulièrement présent aux réunions organisées par le Ministère de la Recherche au sein du Comité de Suivi des Recherches sur l'Aval du Cycle (COSRAC) dans le cadre de la loi « Bataille » de 1991. Il a systématiquement fourni une contribution au document publié chaque année par le Ministère intitulé : Stratégie et Programme des Recherches sur l'Aval du Cycle. Cette contribution était toujours inscrite comme un chapitre à part du fait que l'IRSN n'était pas formellement partie prenante des recherches sur la gestion des déchets radioactifs et ne pouvait pas être considérée comme telle, mais contribuait cependant à l'augmentation des connaissances par son activité de recherche.

III.3.4 Gestion des connaissances

La gestion des connaissances est un domaine en développement rapide ayant un grand nombre d'application. Dans le cas particulier des questions liées au stockage profond, l'intervalle de temps entre l'apparition d'un concept et le moment où il sera mis en œuvre risque d'être très grand. On peut se trouver dans une situation où un élément important justifiant telle ou telle disposition technique ou structurelle risque d'être oublié.

Le Conseil Scientifique constate que l'IRSN a engagé des actions positives afin de maintenir vivant le corpus de connaissances visant notamment à justifier les dispositions retenues pour un stockage profond.

III.4 Positionnement de l'IRSN par rapport au débat public

Le Conseil Scientifique a bien noté le rôle de l'Institut auprès des instances de sûreté concrétisé, notamment, par sa participation au Groupe Permanent. Il en a tiré les conséquences en termes d'implication pour l'IRSN. Il en voit aussi les conséquences en termes de progrès de la question sur le plan sociétal. De même, le Conseil Scientifique a constaté l'importance des interventions de l'Institut auprès de la Commission Parlementaire sur les Choix Techniques et Scientifiques, c'est-à-dire de députés et de sénateurs qui ont souhaité comprendre en profondeur les informations de caractère scientifique et technique qui lui sont transmises.

Mais, on trouve, en outre, dans le préambule du document support fourni par l'IRSN, l'affirmation :

... ces travaux [de recherche] permettent le développement de la capacité d'expertise nécessaire au rôle technique que l'institut doit jouer au sein du système de gestion des déchets en France, mais aussi de contribuer à l'information du public et à la transparence des choix industriels que demande la société¹³.

Le Conseil Scientifique se montre très sensible à l'affirmation de ce rôle qui exige de grandes compétences, un positionnement sans faille par rapport aux autres acteurs et une grande capacité d'écoute. Car la question de la gestion des déchets devra faire l'objet d'un débat essentiel au sein de la société.

Toutefois, le Conseil Scientifique considère que la compréhension de ce rôle ne devrait pas se traduire systématiquement par la diffusion en direct de matériel destiné à tout public (hors site Internet qui joue un rôle particulier, aujourd'hui irremplaçable pour ceux qui cherchent une information précise sur les positions propres à l'IRSN).

L'Institut peut et doit s'appuyer aussi sur les compétences de ceux dont c'est le métier de transmettre des connaissances adaptées à des milieux divers (enseignants, presse, pouvoirs publics, ...) en mettant à leur disposition les informations claires et vérifiables dont il dispose quasi-exclusivement. Sans ces intermédiaires spécialisés, il existe un risque de simplification excessive dont l'IRSN a conscience, comme l'illustre la discussion qui a eu lieu entre la commission et l'IRSN sur la question des fractures dans la roche hôte. L'IRSN affirmait combien il serait préjudiciable de laisser propager le mythe d'une roche idéale (absolument homogène). Il est plus juste, en effet, de discuter la possibilité d'une implantation d'un stockage profond en tenant compte des éventuelles imperfections de la roche hôte.

Cette position est bien celle de l'IRSN et il l'exerce avec un souci de rigueur et de transparence. Le Conseil Scientifique souhaite donc par cette intervention le conforter dans son orientation. En ce qui concerne la gestion des déchets, le Conseil Scientifique recommande que l'Institut poursuive le développement de son aptitude à être présent, à l'écoute et à sa place dans le débat public comme chacun des autres acteurs, avec un souci de transparence prouvant sa neutralité en regard d'une décision à laquelle il contribue mais qui ne lui appartient pas.

¹³ C'est l'auteur du rapport qui souligne.

IV Conclusions et recommandations

Le Conseil Scientifique a examiné l'implication et les aptitudes de l'IRSN dans les questions liées à la sûreté du stockage des déchets radioactifs en formation géologique profonde. Il conclut que l'IRSN dispose d'un bon niveau de compétence pour faire face aux problèmes scientifiques associés à la sûreté d'un stockage de déchets radioactifs tant à partir de ses activités propres que de ses nombreuses participations à des projets internationaux.

Il constate que l'IRSN est fortement engagé par son activité d'expertise relevant de cette question qui est à la fois scientifique, technique et sociétale.

L'activité d'expertise seule ne peut suffire à entretenir et développer une compétence sur le long terme. C'est une des caractéristiques de l'IRSN de cumuler les missions d'expertise et de recherche et notamment de demander à ses chercheurs d'exercer régulièrement une charge d'expertise. Le Conseil Scientifique considère que la programmation de ses activités de recherche et notamment la poursuite de l'ouverture de ses activités au monde universitaire et scientifique sont un des moyens importants pour l'IRSN de renouveler continuellement ses compétences, de construire une culture d'entreprise et de garder le contact avec des personnalités extérieures capables de comprendre et de critiquer sa propre démarche.

Tenant compte de moyens existants limités, l'IRSN a défini, en novembre 2000, ses objectifs de recherche sur quelques points clés et a entrepris une nouvelle programmation en 2005 que le Conseil Scientifique approuve dans ses grandes lignes. Toutefois, il incite vivement l'IRSN à être présent sur le site de Bure et à y déployer, en tant que de besoin, des recherches propres, pour éclairer les questions spécifiques au site ainsi que les questions posées par la transposition des résultats acquis sur d'autres sites. Il considère que l'exploitation du laboratoire de Tournemire mérite d'être poursuivie en raison des analogies avec Bure et de sa facilité d'accès. Il soutient le principe que soient recherchées autour de ce site des collaborations avec ses principaux partenaires nationaux ou étrangers. Il recommande la poursuite des travaux sur le logiciel MELODIE de modélisation des transports en milieux poreux en collaboration avec ses partenaires en vue de disposer de moyens de jugement indépendant sur les résultats et sur les incertitudes associées à l'utilisation de tels modèles.

Le Conseil Scientifique encourage l'IRSN à poursuivre activement son implication dans des collaborations internationales et en y jouant, si souhaitable, un rôle d'initiateur et de leader.

Le Conseil Scientifique prend note de l'effort de formation effectué par l'IRSN sur les problématiques du stockage: thèses, cours universitaires, participation à l'enseignement à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, formations internes à l'Institut, ... Il insiste sur l'importance de la gestion et de la transmission des connaissances dans ce domaine et du développement de la recherche académique sur les fondements scientifiques et méthodologiques de la sûreté à très long terme (durées géologiques).

Enfin, le Conseil Scientifique a conscience de l'importance du rôle que l'IRSN doit jouer dans l'information de la société civile et dans le débat public relatif à la gestion des déchets. Le Conseil Scientifique engage l'Institut à intensifier le développement de son aptitude à être présent, à l'écoute et à sa place dans le débat public, comme chacun des autres acteurs, avec un souci de transparence et une rigueur de positionnement correspondant à sa mission et prouvant sa neutralité en regard d'une décision à laquelle il contribue mais qui ne lui appartient pas.

V Annexe

V.1 Documents fournis

DOCUMENTS SUPPORTS

Études et recherches effectuées par l'IRSN dans le domaine des stockages profonds - IRSN 2006/61.

Publications scientifiques et techniques Bilan 2005, IRSN-DESTQ, juin 2006.

Pièce jointe n° 1 : Cahier des charges des recherches prioritaires à effectuer (Rapport DES-SESID OO-02 du 30 octobre 2000 : Exercice de modélisation d'un éventuel stockage dans le site de l'Est).

Pièce jointe n° 2 : Points clés de l'analyse de sûreté d'un stockage en couches géologiques profondes (*fiche GEAS du 13 novembre 2000*).

Pièce jointe n° 3 : Textes relatifs à la doctrine de sûreté des stockages géologiques (RFS III.2.f, guide DS154 de l'AIEA sur la sûreté des stockages géologiques, rapport du groupe franco-belge sur les éléments d'une approche de sûreté d'un stockage géologique de déchets radioactifs).

Pièce jointe n° 4 : Communication du Directeur général de l'IRSN à l'Office Parlementaire sur les Choix scientifiques et Techniques lors de l'audition du 27 janvier 2005 consacrée aux études effectuées sur les stockages géologiques (rapport présentant les grandes lignes des recherches effectuées par l'IRSN sur la sûreté des stockages géologiques).

Pièce jointe n° 5 : Rapport présentant les travaux de R&D de l'IRSN sur le stockage géologique de déchets en milieu argileux. *Note technique DEI/SARG 06-07 : Stockage de déchets radioactifs en milieu argileux. R&D conduite par l'IRSN entre 1995 et 2005.*

Pièce jointe n° 6 : Rapport de synthèse sur les recherches effectuées dans la station expérimentale de Tournemire de 1995 à 1999 (*rapport DPRE/SERGD 01-19*).

Pièce jointe n° 7 : Rapport de synthèse du projet Européen SPA sur la modélisation des stockages de combustible usé.

Pièce jointe n° 8 : Avis de l'IRSN sur le « Dossier 2005 Argile (*Rapport DSU n° 106*).

Pièce jointe n° 9 : Publications illustrant les travaux de l'IRSN (13 documents).

Pièce jointe n° 10 : Compte rendu du séminaire SARG-SSD des 15 et 16 juin 2005 sur les orientations possibles des recherches sur le stockage géologique après 2006.

Pièce jointe n° 11 : Enseignements tirés des travaux réalisés en France et à l'étranger sur les granites. *Note technique DEI/SARG 04.30 : Evolution des caractéristiques hydrauliques et des circulations dans les fractures des granites en fonction de la profondeur.*

Pièce jointe n° 12: Geochemistry of Water in the Opalinus Clay Formation at the Mont Terri Rock Laboratory Synthesis Report. Swiss National Hydrological and Geological Survey Geological Report No. 5 (2003).