

2 septembre 2004

État et perspectives de la recherche et du développement en matière de gestion des déchets radioactifs



Mandant :

Office fédéral de l'énergie (OFEN), 3003 Berne

Mandataire :

Basler & Hofmann Ingenieure und Planer SA, Forchstrasse 395, 8029 Zurich

Auteurs :

Alois Keel

Andreas Schönenberger

Groupe d'accompagnement :

Michael Aebersold, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Stefan Jordi, Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Traduction française :

Suter Consulting, Berne

Photo de couverture : Comet

Tirage: 300 exemplaires

Pour de plus amples informations, contacter Stefan Jordi,
tél. : 031 322 57 53, stefan.jordi@bfe.admin.ch

La présente étude a été réalisée pour le compte de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).
Les mandataires sont seuls responsables de son contenu.

Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Adresse postale : CH-3003 Berne

Tél. : 031 322 56 11, fax : 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/ofen

Sommaire

Avant-propos	1
Résumé	3
1. Problématique	5
2. Méthodologie et définitions	6
2.1. Analyse des bases légales, recherches sur Internet et dans la littérature	6
2.2. Entretiens avec des experts	6
2.3. Définitions	9
3. Conditions cadres légales en Suisse et dans l'Union Européenne	12
3.1. Convention sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs	12
3.2. La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire (LENu, 21 mars 2003) et l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu, 10 décembre 2004)	13
3.3. Échec des projets de directive européenne	14
4. Principales organisations	17
4.1. Organisations internationales	17
4.2. Suède	19
4.3. Finlande	20
4.4. États-Unis	20
4.5. Suisse	21
5. Présentation générale des activités de recherche au niveau international	24
5.1. Remarques préliminaires	24
5.2. Stockage en couches géologiques : évaluation de l'état de la recherche par l'AEN	25
5.3. Conférence internationale sur les problèmes et les tendances de la gestion des déchets radioactifs (2002)	26
5.4. <i>Geological Repositories : Political and Technical Progress</i> (2003)	28
5.5. EURATOM (6 ^e PCRDT, 6 ^e Programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'UE)	28
5.6. Suède	33
5.7. Finlande	35
5.8. Allemagne	36
6. Activités de recherche en Suisse	37

6.1.	La Nagra (démonstration 2002 de la faisabilité de la gestion des déchets radioactifs) et la Coopérative pour la gestion des déchets nucléaires au Wellenberg (<i>Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg, GNW</i>)	37
6.2.	Le Laboratoire de Gestion des déchets (LES) de l'Institut Paul Scherrer (PSI)	42
6.3.	Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN)	43
6.4.	Autres organismes actifs dans la recherche sur le stockage définitif	45
6.5.	Projets EURATOM avec participation de la Suisse	45
7.	Évaluation de la stratégie de recherche	50
7.1.	Unanimité sur le plan international concernant le modèle de dépôt	50
7.2.	Le point sur les connaissances scientifiques et techniques en matière de recherche en gestion des déchets sur le plan international	53
7.3.	Orientation et état de la recherche en Suisse	53
7.4.	Gestion des connaissances, maintien à leur niveau actuel	54
7.5.	Orientation de la recherche en gestion des déchets radioactifs	55
7.6.	Les sciences humaines dans la recherche en gestion des déchets	57
7.7.	Détermination de l'orientation de la recherche	58
7.8.	Réseau international de chercheurs	60
7.9.	Information et communication	61
8.	Besoins en recherche	63
8.1.	Questions d'ordre scientifique et technique	63
8.2.	Recherche en sciences humaines	66
8.3.	Recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire	67
8.4.	Compétences et financement de la recherche en gestion des déchets radioactifs	68
9.	Bibliographie	70
10.	Extrait de la LENU (dispositions concernant la gestion des déchets radioactifs)	74
11.	Sigles et abréviations avec leur signification ; sigles en allemand	79

Tableaux

Tableau 1	Experts interrogés (1 ^{er} cycle d'entretiens)	6
Tableau 2	Structure des entretiens (1 ^{er} cycle d'entretiens)	7
Tableau 3	Experts interrogés (2 ^e cycle d'entretiens)	8
Tableau 4	Structure des entretiens (2 ^e cycle d'entretiens)	9
Tableau 5	Stratégies de gestion des déchets radioactifs en Finlande, France, Allemagne et Suède	25
Tableau 6	Recherche EURATOM, 6 ^e PCRDT, domaine de la gestion des déchets radioactifs	33
Tableau 7	Recherche EURATOM, 5 ^e PCRDT, projets avec participation suisse	49
Tableau 8	Recherche EURATOM, 6 ^e PCRDT, domaine de la gestion des déchets radioactifs, projets avec participation suisse	49
Tableau 9	Modèles de gestion des déchets proposés depuis 1949	51

Note du traducteur :

Les termes allemands "**Entsorgung**" et "**entsorgen**" sont rendus ici de façon conséquente par les termes français "**gestion**" et "**gérer**", contrairement aux textes de la loi suisse sur l'énergie nucléaire (LENu) et, partiellement aussi, de son ordonnance d'application (OENu), qui utilisent principalement les termes, impropres à notre avis en l'occurrence, "évacuation" et "évacuer". — La terminologie ici retenue en français "gestion" et "gérer" est conforme à l'usage constant qui en est fait en France par les instances et autorités de surveillance en charge de l'énergie nucléaire, de la sûreté nucléaire, des déchets radioactifs et de l'information dans le domaine nucléaire, telles ANDRA, DGRSN (OPRI, DSIN), IRSN (IPSN/DSMR), CEA, CSSIN, CLI, SPCMNS...

Au terme allemand "**Sicherheit**" correspondent, selon le pays considéré, deux termes différents qu'on retrouvera dans le présent rapport : en Suisse, on parle de "**sécurité**", alors qu'en France on lui préfère "**sûreté**", terme qui est employé couramment en Suisse dans un autre contexte, non nucléaire.

Avant-propos

L'étude « État et perspectives de la R&D en matière de gestion des déchets radioactifs » repose sur l'interrogation suivante : quelles informations manquent (encore) à la Suisse pour qu'elle puisse s'engager dans un processus de gestion des déchets radioactifs ? À première vue, le sens de cette question semble clair. Cette gestion doit assurer la protection durable de l'homme et de l'environnement (art. 30, al. 3 de la loi sur l'énergie nucléaire (LENu)). Il convient notamment de prendre des précautions particulières afin d'éviter un rejet excessif de déchets radioactifs, ainsi qu'une irradiation excessive des personnes, tant en phase d'exploitation normale qu'en cas d'incident (art. 4, al. 1 de la loi sur l'énergie nucléaire).

Ce n'est que dans un deuxième temps que l'aspect non technique de la question apparaît. Il est en effet nécessaire d'expliquer notamment ce qu'on entend par les notions de « gestion dans le respect de la sécurité » et de « rejet excessif, irradiation excessive ». Les personnes invitées à donner leur interprétation de ces notions sont les experts dans le domaine des sciences et techniques (« La sécurité est une question de géologie et de technique »), et surtout l'ensemble des citoyennes et des citoyens de Suisse (« C'est moi qui décide si je me sens ou non en sécurité »). Cependant, la gestion des déchets radioactifs n'est pas qu'une question de sécurité, elle va bien au-delà : quiconque souhaite s'engager dans ce processus doit prendre en compte une grande diversité de revendications et de besoins individuels et sociaux (sécurité matérielle, équité, *fairness*, reconnaissance, appartenance à une catégorie sociale donnée, etc.).

Le savoir dans les domaines scientifique et technique fait l'objet d'une organisation précise ; les procédés de collecte et de documentation des connaissances répondent à des règles bien établies en sciences, avec des résultats aisément décodables. Sur la question de la gestion des déchets radioactifs, les bibliothèques fourmillent déjà de documents de nature scientifique et technique. En revanche, il est beaucoup moins aisé de cerner les attentes individuelles et sociales dans ce domaine ; les résultats de recherche en la matière sont rares. Ces attentes divergent d'une catégorie sociale à l'autre et changent au cours du temps ; ce qui complique, voire empêche, l'acceptation et l'exploitation des résultats issus des travaux de recherche.

La présente étude se propose, pour les besoins de la recherche, de donner la parole aux protagonistes de ces « deux approches », qui apportent une contribution très différente d'un point de vue tant qualitatif que quantitatif. Tandis que la partie scientifique et technique est parfaitement organisée et présente les caractéristiques d'une société fermée, la recherche sur la gestion des déchets radioactifs dans le domaine des sciences humaines en est encore aux préliminaires et, de ce fait, est difficile à cerner.

Résumé

État et caractéristiques de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs

D'après l'état actuel des connaissances, le concept de stockage géologique en profondeur constitue la meilleure option en matière de gestion des déchets radioactifs. Cependant, cela suppose naturellement que la forme choisie et la réalisation soient les meilleures possibles. Telles sont les priorités de la recherche scientifique et technique en Suisse concernant la gestion des déchets radioactifs. Du fait de cette orientation marquée en faveur du stockage géologique en profondeur, les ressources en matière de recherche ont l'avantage d'être employées efficacement. Parallèlement, il y a toutefois un certain risque de négliger la recherche ne servant pas directement les intérêts de la solution considérée comme la plus appropriée. La recherche en sciences humaines, qui se fonde moins sur un objectif, fait ainsi figure de parent pauvre en termes de moyens financiers et de personnel sur le terrain de la recherche concernant la gestion des déchets radioactifs.

Les producteurs des déchets radioactifs sont tenus de les gérer et décident donc en premier lieu de l'orientation du contenu de la recherche correspondante. L'influence des autres acteurs est très faible. Les experts interrogés jugent que l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques concernant la gestion des déchets radioactifs est élevé, voire très élevé, au niveau de la recherche internationale. L'état de la recherche en Suisse correspond au niveau international des connaissances et de la technique. De nouveaux standards voient même le jour en Suisse. Les chercheurs en gestion des déchets ne peuvent toutefois pas répondre – ou seulement partiellement – à la question de savoir si l'état de la recherche est suffisant. Ce qui est suffisamment sûr est fixé par les milieux politiques – et le cas échéant modifié plus tard.

Recommandations concernant le besoin en matière de recherche, les structures et les moyens financiers

- Il y a une discussion en cours concernant l'orientation du contenu du stockage géologique en profondeur. Elle se déroule de manière ouverte au sein de la communauté scientifique et, dans une moindre mesure, entre cette dernière et le grand public. La présente étude ne parvient pas à dégager de besoin supplémentaire en matière de recherche scientifique et technique.
- Dans le domaine de la recherche en sciences humaines relative à la gestion des déchets radioactifs, de nombreuses interrogations restent en suspens. Dans un premier temps, il faut répertorier les travaux de recherche dans des domaines « apparentés » s'avérant importants pour la recherche sur la gestion des déchets. Dans un deuxième temps, les problématiques doivent être approfondies et structurées, et il faut les classer par ordre de priorité en fonction de leur intérêt pour la recherche.
- Il faut accorder une plus grande attention à la recherche inter- et transdisciplinaire sur la gestion des déchets.
- Les institutions fédérales – comme, par exemple, la Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA) ou le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) – doivent jouer un plus grand rôle dans la coordination de la recherche sur la gestion des déchets dans le domaine scientifique et technique et notamment dans le domaine des sciences humaines.

- Afin d'éviter de dépendre (entièrement) de la recherche menée par la Nagra, il faut garantir que la DSN et les Hautes Écoles universitaires – en collaboration avec la Nagra et à titre complémentaire – puissent faire des recherches en sciences naturelles et techniques qui ne soient pas financées directement par la Nagra.
- L'État doit mettre à disposition des moyens pour la recherche en sciences humaines relative à la gestion des déchets, qui est une recherche qui ne sert pas directement à remplir les exigences légales (par exemple, pôle de recherche national du Fonds national suisse de la recherche scientifique, FNS).

1. Problématique

Situation de départ

Pour l'avenir de l'énergie nucléaire, la gestion des déchets radioactifs compte parmi les facteurs d'influence les plus importants. Les projets en la matière sont très lents à voir le jour en Suisse, tout comme dans la plupart des autres États. Le groupe d'experts EKRA, mandaté par la Confédération, qui travaille sur les modèles de gestion des déchets radioactifs, a exigé en 2002 qu'une place plus importante soit accordée aux aspects sociaux et humains dans les discussions sur le sujet.¹ En Suisse, le modèle du stockage géologique contrôlé en profondeur (possibilité de récupération des déchets, phase d'observation à long terme, fermeture uniquement à l'issue de la phase d'observation), objectif poursuivi par la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire, donne une nouvelle dimension au débat.

Objectif de la présente étude

Pour l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), la situation de départ se présente comme suit (appel d'offre adressé à B&H le 27.08.03) : « Actuellement, l'OFEN et d'autres protagonistes travaillent à l'élaboration d'une stratégie aux fins de gestion des déchets radioactifs en Suisse. Des lacunes subsistent encore dans le domaine de la recherche interdisciplinaire et indépendante. » C'est sur cette base que repose la présente étude, dont le mandat et la portée ont été définis de la façon suivante (27.08.03) :

- Présentation générale de la recherche dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs en Suisse et des projets de recherche binationaux et multinationaux des institutions et organisations suisses ; mise en évidence des lacunes et des thèmes qui demandent des compléments, que ce soit au niveau de la recherche fondamentale ou de celui de la mise en œuvre du stockage géologique en profondeur,
- Prise en compte des projets de recherche phares d'autres pays engagés dans des programmes de gestion avancés,
- Prise en considération des aspects relevant des sciences naturelles et des sciences sociales,
- Consultation des organisations et des institutions clés.

En ce qui concerne les catégories de déchets considérées, la présente étude se concentre sur les déchets hautement radioactifs et sur les éléments de combustible irradiés.

¹ EKRA (2002): 9.

2. Méthodologie et définitions

2.1. Analyse des bases légales, recherches sur Internet et dans la littérature

Recherche sur Internet et dans la littérature

Dans un premier temps, on a passé en revue les pages Web des autorités et des organisations d'un certain nombre de pays qui réalisent, coordonnent ou soutiennent des travaux de recherche sur le sujet. Ces autorités et organisations ainsi que leur pertinence au regard de la présente étude sont présentées au chapitre 4 (p. 17). Parallèlement, les bases légales de la recherche en gestion des déchets radioactifs en Suisse ont été analysées (chap. 3, p. 12).

2.2. Entretiens avec des experts

Deux cycles d'entretiens avec des experts

Les conclusions et les recommandations de ce projet sont essentiellement le fruit d'entretiens avec des experts. Deux cycles d'entretiens ont eu lieu, le premier avant le rapport intermédiaire du 6 février 2004 et le second avant le projet de rapport final du 29 avril 2004. Les experts ont été proposés par Basler & Hofmann. L'OFEN et la DSN ont été associés au choix final des experts.

Entretiens avec des experts (pour les besoins du rapport intermédiaire)

Pour les besoins du rapport intermédiaire, des entretiens ont été menés avec les cinq experts suivants, qui représentent l'Autorité de surveillance (DSN), les principaux responsables en matière de gestion des déchets (Nagra) et la principale institution de recherche en gestion des déchets en Suisse (PSI).

Date	Nom	Prénom	Titre	Institut / employeur	Fonction	Durée et lieu de l'entretien
03.12.03	Fritschi	Markus	Dr	NAGRA	Chef du Département des projets de dépôt, membre de la Direction	2 heures NAGRA
16.01.04	Hadermann	Jörg	Dr phil., phys. dipl.	PSI	Chef du Laboratoire de Gestion des déchets	2 heures PSI
17.12.03	Vígfússon	Johannes	Dr	DSN	Chef de la Section Stockage géologique en profondeur (depuis le 1.04.04)	2 heures DSN
03.12.03	Zuidema	Piet	Dr	NAGRA	Chef du Département des sciences et techniques, membre de la Direction	2 heures NAGRA
17.12.03	Zurkinden	Auguste	Dr	DSN	Chef de la Division Sécurité en matière de transport et de gestion des déchets radioactifs (depuis le 1.04.04)	2 heures DSN

Tableau 1 Experts interrogés (1^{er} cycle d'entretiens)

Fil conducteur des entretiens

Le premier cycle d'entretiens (pour les besoins du rapport intermédiaire) a été mené selon la structure suivante :

Thèmes	Questions
Questions conceptuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Évaluation de la pertinence des différents modèles de dépôt (par exemple, les déchets faiblement, moyennement et hautement radioactifs doivent-ils être stockés dans plusieurs dépôts ou dans un seul ?) - Critères (scientifiques et techniques, sociaux) pour la mise en place de modèles de dépôt

Inventaire	<ul style="list-style-type: none"> - Quels types de déchets doivent être pris en compte dans le processus de gestion ? - Quelles quantités doivent être gérées ? - Pendant combien de temps les déchets seront-ils acceptés pour le stockage ?
Recherche d'un site	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences relatives à la procédure - Critères pour le choix du site - Prise en compte de l'opinion publique (moment, forme, intervenants) - Prise en compte des générations futures
Analyse de sécurité - Site	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilité géologique à long terme - Propriétés de la roche d'accueil (perméabilité, capacité d'auto-colmatage, géochimie, rejets gazeux, technique de construction, mécanique des roches) - Extension horizontale et verticale de la roche d'accueil - Effet de barrage des roches adjacentes - Phénomènes indésirables - Résistance aux phénomènes indésirables - Possibilité d'exploration - Possibilité d'établir des pronostics - Possibilité d'utiliser des résultats d'analyse provenant de divers sites
Analyse de sécurité - Dépôt	<ul style="list-style-type: none"> - Technique de construction (par exemple, exigences relatives au procédé d'excavation) - Résistance des fûts et autres conteneurs - Exploitation (rejets thermiques, flux de matières et d'énergie en général) - Protection contre des incidents externes (vol, sabotage, venue d'eau, etc.) - Remplissage - Scellement - Auto-colmatage - Marquage
Procédure d'autorisation	<ul style="list-style-type: none"> - Critères d'exclusion - Critères de démolition - Protection juridique - Prise en compte et information de la population - Phase d'observation (paramètres, responsabilité, site de dépôt et autres sites) - Décision relative à la fermeture
Institutions ; attribution des compétences	<ul style="list-style-type: none"> - Qui décide aujourd'hui de l'objet des recherches à engager ? À qui devrait en principe échoir cette responsabilité ? - Dans quelle mesure la Suisse détermine-t-elle l'orientation des projets de recherche, dans quelle mesure celle-ci est-elle déterminée par l'étranger ? Qui a l'autorité en matière de recherche et développement ?

Tableau 2 Structure des entretiens (1^{er} cycle d'entretiens)

Entretiens avec des experts
(avant le rapport final)

Lors du 2^e cycle, dix entretiens ont été menés sur la base de thèses élaborées à partir des résultats du rapport intermédiaire et formulées sous forme de questions. Deux personnes se sont déclarées incompetentes par rapport aux questions posées et ont renoncé aux entretiens (le professeur Jochem Eberhard, directeur du Centre de recherche pour la politique et l'économie énergétique (CEPE) à l'EPF de Zurich, et le professeur Heinrich Kuhn, directeur du Centre de compétences pour la sécurité et la prévention des risques (KSR) de la Haute École spécialisée zurichoise de Winterthour (ZHW).

<i>Date</i>	<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Titre</i>	<i>Institut / Employeur Fonction / Poste</i>	<i>Durée de l'entretien Lieu de l'entretien</i>
22.04.04	Fritschi	Markus	Dr	NAGRA Chef du Département des projets de dépôt, membre de la Direction	80 min. NAGRA
22.04.04	Hadermann	Jörg	Dr phil., dipl. phys.	PSI Chef du Laboratoire de Gestion des déchets	65 min. PSI/LES
14.04.04	Hufschmied	Peter	Dr	Emch+Berger Président de la CGD (Commission de gestion des déchets radioactifs ²)	65 min. Emch+Berger, Berne
07.04.04	Kipfer	Rolf	Dr	EAWAG Groupe de recherche des Techniques environnementales Membre de la CGD (voir note de bas de page n° 2)	70 min. EAWAG
24.03.04	Löw	Simon	Prof. Dr	EPF Zurich Professeur de géologie de l'ingénieur à l'Institut de géologie Membre de la CGD (voir note de base de page n° 2)	60 min. EPF Zurich
05.04.04	Sailer	Michael		Öko-Institut e.V. Directeur adjoint, membre du groupe de travail « Procédures de sélection des sites des dépôts définitifs »	55 min. Entretien téléphonique
06.04.04	Scholz	Roland	Prof. Dr	EPF Zurich Professeur de sciences naturelles et sociales de l'environnement. Rapporteur de la thèse de doctorat Flüeler.	70 min. EPF Zurich
06.04.04	Vigfusson	Johannes	Dr	DSN Chef de la section Stockage géologique en profondeur	80 min. DSN
30.03.04	Wildi	Walter	Prof.	Université de Genève Directeur de l'Institut F.-A. Forel Président de la CSA (Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires) ³	65 min. Entretien téléphonique
22.04.04	Zuidema	Piet	Dr	NAGRA Chef du Département des sciences et techniques, membre de la Direction	80 min. NAGRA

Tableau 3 Experts interrogés (2^e cycle d'entretiens)

Le Tableau 4 répertorie l'ensemble des thèmes abordés et des questions posées lors du 2^e cycle d'entretiens. Les experts ont été invités à répondre à toutes les questions ; l'accent a été mis cependant sur celles pour lesquelles chacun était particulièrement compétent, en fonction de son expérience et de son orientation scientifique.

² En qualité d'organe indépendant, la CGD joue un rôle de consultation technique auprès de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN/HSK) pour les questions géologiques relatives à la recherche nucléaire.

³ La CSA joue un rôle de consultation auprès du Conseil fédéral et du DETEC sur les questions de sécurité technique et de protection contre les radiations des centrales nucléaires ainsi que dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs.

Les objectifs du 2^e cycle d'entretiens étaient les suivants :

- valider les connaissances rassemblées jusqu'ici ; ce qui signifie que les affirmations sur la recherche en matière de gestion des déchets à faire figurer dans le rapport final doivent être fondées et compréhensibles ; elles doivent également reposer sur des avis d'experts ;
- analyser notamment les forces et les faiblesses de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs en Suisse à l'heure actuelle ; et
- proposer des actions à entreprendre.

Thèmes	Questions
1. R&D dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs	Que pensez-vous de l'état actuel des connaissances dans le domaine de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs ? Quels critères vous conduisent à ces conclusions ?
2. Stockage géologique en profondeur	Le concept du stockage géologique en profondeur vous semble-t-il le procédé le plus sûr ? Si oui, quelle orientation faut-il donner à la recherche pour dissiper les incertitudes qui subsistent ?
3. État des connaissances au niveau international	Que pensez-vous de l'état des connaissances au niveau international dans le domaine de la recherche scientifique et technique ? À votre avis, avons-nous assez de temps pour combler les éventuelles lacunes ?
4. État des connaissances en Suisse	Au niveau international, comment la Suisse se situe-t-elle en ce qui concerne l'état de ses connaissances dans le domaine de la recherche scientifique et technique ?
5. Orientation de la recherche en gestion des déchets radioactifs	Quels avantages et quels inconvénients voyez-vous dans le fait que la recherche sur la gestion des déchets radioactifs soit centrée sur l'aspect sécuritaire de cette gestion ? Quel est selon vous la relation entre la recherche fondamentale et la recherche sur la gestion des déchets radioactifs ?
6. Définition du contenu des projets de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs en Suisse	Qui décide actuellement de l'orientation de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs ?
7. Réseau international de chercheurs dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs	Comment évaluez-vous l'implication des chercheurs suisses concernés par cette recherche dans les réseaux internationaux ? Quelles en sont les conséquences ?
8. Intérêt du grand public pour la recherche sur la gestion des déchets radioactifs en Suisse ; recherche en sciences sociales	De quelle manière l'intérêt du grand public pour le thème de la gestion des déchets radioactifs est-il pris en compte dans la recherche sur cette question ? Quels thèmes doivent être pris en considération dans la recherche en dehors des aspects techniques et scientifiques ? Quelle contribution pourraient apporter des travaux de recherche en sciences sociales ou économiques ?
9. Structures et moyens à disposition de la recherche sur les déchets radioactifs en Suisse	Que pensez-vous des imbrications organisationnelles, personnelles et financières dans le domaine de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs ? Quelles conséquences faut-il en tirer ?

Tableau 4 Structure des entretiens (2^e cycle d'entretiens)

2.3. Définitions

Recherche et développement⁴

La recherche et le développement expérimental (R&D) englobent tous les travaux innovants entrepris de façon systématique dans la perspective d'élargir et d'approfondir les connaissances, y compris les connaissances sur l'homme, la culture et la société, ainsi que leur transfert et leur utilisation pour de nouvelles applications.

⁴ Définition de l'OCDE en 1993, tirée du site <http://www.sbf.admin.ch/htm/forschung/forschung-f.html>.

Recherche fondamentale⁵

La recherche fondamentale désigne une recherche à long terme dont l'objectif principal est de rassembler des connaissances et qui n'est pas axée sur la mise au point de solutions directement applicables ou de produits commercialisables.

Gestion⁶

Conditionnement, entreposage et stockage des déchets radioactifs dans un dépôt géologique en profondeur.

Recherche en gestion des déchets radioactifs / Chercheurs de ce domaine

Dans le présent document, il est parfois fait référence aux chercheurs du domaine de la gestion des déchets radioactifs ou à la recherche dans ce domaine. On entend par ces termes l'ensemble des personnes œuvrant dans le domaine de la R&D relative à la gestion des déchets radioactifs. En règle générale, il convient cependant de faire une distinction entre les différents types de recherche dont il s'agit. En effet, les chercheurs dans les universités et les établissements de recherche poursuivent parfois des objectifs différents de ceux qui travaillent au sein des entreprises ou organes qui devront appliquer les futurs résultats ou dans les administrations. Il importe également de faire la différence entre les chercheurs qui travaillent sur les aspects scientifiques et techniques et ceux qui s'intéressent aux aspects sociaux.

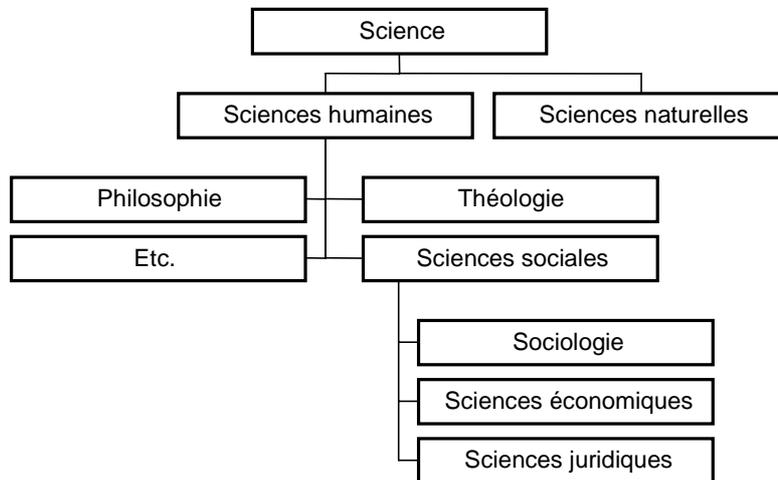
Science⁷

Terme désignant l'ensemble des connaissances existant à un moment donné, ainsi que la méthodologie utilisée pour la recherche et l'enseignement. Ce dernier a pour mission de présenter les résultats et les méthodes de la recherche afin de transmettre des savoirs spécifiques et de développer une pensée scientifique. Le scientifique commence par récolter, organiser et décrire les données, puis il formule des hypothèses et construit une théorie. Ces dernières doivent être confirmées sur la base des données existantes (vérification). En cas de réfutation (« falsification »), elles doivent être remplacées. La synthèse des divers résultats scientifiques en un tout cohérent constitue un système. En fonction de son objectif, la science est soit théorique (« pure »), soit appliquée (« pratique »). On distingue traditionnellement les sciences naturelles et les sciences humaines.

⁵ Selon la définition du *Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pendant les années 2004 à 2007*, [Feuille fédérale n° 11, 25 mars 2003, pp. 2067-2249](#).

⁶ Art. 3 let. b de la loi sur l'énergie nucléaire. [Voir aussi la note du traducteur en page III]

⁷ Brockhaus, édition Internet.

Classification des sciences⁸

⁸ Arzt (1996) : 160.

3. Conditions cadres légales en Suisse et dans l'Union Européenne

Nouvelle loi sur l'énergie nucléaire

En premier lieu, il convient de rappeler une évidence : par principe, on considère que la recherche dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs doit être conduite dans les limites et dans la direction déterminées ou prescrites par la législation, légitimée quant à elle par un procédé démocratique. Dans les entretiens avec les experts, il a été maintes fois⁹ souligné que la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire du 21 mars 2003 (LENu)¹⁰ avait permis de régler plusieurs points en matière de gestion des déchets radioactifs. Ainsi, la procédure d'autorisation (notamment les droits des différentes parties) est exposée de façon si claire que, de l'avis des experts cités, il n'est pas nécessaire d'entamer des recherches pour trouver la « meilleure » procédure d'autorisation (notamment en ce qui concerne l'étendue des droits des différentes parties).

Les lois sont amendables à tout moment

À ce stade, il convient déjà de souligner que les lois sont amendables, et ce à tout moment. Une citation souvent utilisée, qui s'applique également en substance ou de façon atténuée à la recherche en gestion des déchets radioactifs, exprime ceci parfaitement : un trait de plume du législateur suffit à rendre caduque la totalité du contenu des bibliothèques juridiques. Un seul amendement de la LENu (par exemple, la suppression du modèle de stockage géologique en profondeur sur sol suisse) peut rendre inexploitable tout ou partie des résultats de recherche antérieurs, voire conduire à revoir l'orientation même de la recherche.

3.1. Convention sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs

Convention (*Joint Convention*) en vigueur depuis juin 2001

La Convention internationale sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs du 5 septembre 1997 (*Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*), entrée en vigueur le 18 juin 2001 pour la Suisse et 24 autres États, fixe les objectifs dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. Jusqu'à présent, 33 États ont adhéré à cette Convention. En novembre 2003, ils se sont réunis pour un premier état des lieux (*Review Meeting*) à Vienne (Williams et al., 2003).

Objectifs

Les objectifs de la Convention sont les suivants (art. 1) :

- atteindre et maintenir dans le monde entier un niveau de sécurité élevé dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs,
- garantir des mesures de protection efficaces contre d'éventuels accidents indésirables,
- éviter les incidents et en alléger les conséquences, s'ils se produisent malgré tout.

⁹ Fritschi et Zuidema, Nagra, 03.12.2003, ainsi que Vigfusson et Zurkinden, DSN, 17.12.2003.

¹⁰ La loi sur l'énergie nucléaire (LENu) est entrée en vigueur le 1^{er} février 2005, en même temps que l'ordonnance correspondante (OENu).

Conséquences sur l'orientation de la recherche en matière de stockage définitif

Afin de contrôler le degré de réalisation de ces objectifs, les États membres sont tenus d'établir et de présenter un rapport à chaque *Review Meeting* ; ces réunions ont lieu tous les trois ans au minimum (art. 30). Ce rapport doit contenir les points suivants (art. 31) :

- Politique en matière de gestion des éléments de combustible irradiés (ECI)
- Politique de gestion des déchets radioactifs
- Modalités de gestion des déchets radioactifs
- Critères pour la définition des déchets radioactifs
- Liste des installations nucléaires tenues de respecter des mesures de gestion des déchets radioactifs
- Inventaire des déchets radioactifs

Résultats de l'analyse du rapport suisse

Le rapport suisse a été analysé le 6.11.2003. Cette analyse a permis d'établir que les mesures prises en Suisse satisfaisaient aux obligations définies dans la Convention, notamment :¹¹

- Le programme suisse de gestion des éléments de combustible irradiés (ECI) et des déchets radioactifs est en accord avec la Convention.
- Les dépôts intermédiaires offrent une capacité de stockage suffisante.
- Il existe une banque de données électronique qui recense l'ensemble des déchets radioactifs et des éléments de combustible irradiés (ECI), à l'exception de ceux en cours de refroidissement dans les bassins construits à cet effet dans les centrales nucléaires.
- La zone de protection prescrite dans la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire pour le stockage géologique en profondeur et son inscription au registre foncier dès l'obtention de l'autorisation générale sont considérées comme exemplaires.
- La forte volonté d'inclure le grand public et les pays voisins dans le processus de décision apparaît comme très positive.

3.2. La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire (LENu, 21 mars 2003) et l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENU, 10 décembre 2004)

La loi sur l'énergie nucléaire régit la gestion

En fixant les grandes lignes des objectifs et de la nature de la gestion des déchets radioactifs (art. 30-41 de la LENU), les nouvelles dispositions légales en la matière définissent indirectement le cadre des recherches nécessaires ou confirment *a posteriori* le bien-fondé des travaux de recherche antérieurs. Elles réglementent également le financement de la gestion des déchets radioactifs (art. 77-82 de la LENU) et celui de la recherche (art. 83 de la LENU). On trouvera en annexe (chap. 10, p. 74) ces dispositions de la LENU. *Note du traducteur : La nouvelle réglementation en matière d'énergie nucléaire est entrée en vigueur le 1^{er} février 2005.*

Principes fondamentaux

En matière de gestion des déchets radioactifs, c'est le principe du pollueur-payeur qui s'applique. Quiconque produit des déchets est tenu d'en assurer la gestion et d'assumer les coûts qui en découlent (LENu 31 I). La gestion des déchets est considérée comme accomplie dès lors que ceux-ci ont été transférés dans un dépôt

¹¹ Mémorandum de la DSN (sans indication d'auteur ni de date), consultable à l'adresse www.hsk.ch.

géologique en profondeur et que les moyens financiers requis pour la phase d'observation et la fermeture éventuelle du dépôt sont assurés (LENu 31 II). Par principe, l'importation et l'exportation de déchets radioactifs sont interdites (LENu 34 ; sous réserve d'exceptions).

Déroulement de la procédure de gestion

Les personnes tenues de gérer des déchets radioactifs doivent établir un programme de gestion des déchets correspondant (LENu 32). Aux termes de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu) du 10 décembre 2004, ce programme de gestion des déchets, qui doit être révisé tous les cinq ans, doit contenir les informations suivantes (art. 52 de l'OENu) :

- les dépôts géologiques en profondeur nécessaires,
- les modalités de réalisation du dépôt géologique en profondeur,
- le stockage intermédiaire,
- le programme de financement jusqu'à la mise hors service des installations nucléaires et
- les modalités d'information.

Les obligations ne se limitent pas au stockage des déchets dans un dépôt géologique en profondeur. Ce dernier doit faire l'objet d'observations suivies et un projet doit être établi pour sa fermeture éventuelle (LENu 39). La définition des zones de protection doit se faire dans le respect de l'aménagement du territoire (LENu 40 IV) et les données relatives aux dépôts géologiques en profondeur doivent être conservées (LENu 40 VI). Les informations relatives au dépôt, qui doit bénéficier d'un marquage durable, doivent également être conservées (LENu 40 V et VI). Par ailleurs, la procédure d'autorisation est clairement définie, notamment le droit à la consultation ainsi que les voies de droit (autorisation obligatoire pour les études géologiques, autorisation générale, permis de construire, autorisation d'exploitation).

Financement de la désaffectation et de la gestion

Tout propriétaire d'une installation nucléaire doit contribuer au financement de sa désaffectation et de sa gestion (LENu 77). Ces cotisations sont versées à un fonds soumis au contrôle de la Confédération (LENu 81) et devraient couvrir l'ensemble des dépenses à engager pour la désaffectation et la gestion des déchets radioactifs (LENu 77 I et II).

Financement de la recherche

Les autorités fédérales peuvent prélever des émoluments auprès des détenteurs d'installations nucléaires ou des instances requérant une autorisation, pour financer des projets de recherche qu'elles exécutent ou font exécuter et dont bénéficieront les installations nucléaires (LENu 83 I let. d). Par ailleurs, la Confédération peut encourager la recherche appliquée par des contributions propres (LENu 86).

3.3. Échec des projets de directive européenne

Dans l'Union Européenne, la Commission souhaitait fixer les modalités de gestion des éléments de combustible irradiés (ECI) et des déchets radioactifs au moyen

d'une directive commune¹², projet qui a cependant échoué au Conseil européen des ministres. La proposition de la Commission et les raisons de cet échec sont présentées ci-dessous ; elles donnent en effet un aperçu de l'état de la discussion sur le sujet de la gestion des déchets radioactifs en Europe et des oppositions que celle-ci suscite.

Proposition de la Commission

Dépôts opérationnels en 2018

La directive proposée¹³ prévoyait un modèle de dépôt commun pour l'ensemble des États membres. Eu égard aux déchets hautement radioactifs (DHR), elle donnait la préférence au stockage dans des formations géologiques, « le plus sûr en l'état actuel des connaissances ». Selon la Commission, les États membres avaient jusqu'en 2008 pour choisir un site de dépôt devant être opérationnel en 2018 au plus tard, et jusqu'en 2013 pour réaliser le stockage des déchets faiblement radioactifs à durée de vie courte (DFMR). Une collaboration entre les États membres était envisagée, mais la Commission stipulait qu'aucun État membre ne devait être obligé d'accepter l'importation de déchets radioactifs en provenance d'autres pays.¹⁴

Travaux de recherche à entreprendre

La Commission européenne était convaincue que le stockage dans des formations géologiques était « la meilleure solution de gestion ».¹⁵ Selon elle, il était garanti que « les éventuelles fuites de radioactivité résiduelle n'interviendraient qu'après des milliers d'années et à des concentrations négligeables par rapport aux niveaux de radioactivité naturelle ».¹⁶ Cependant, à la lumière des attentats du 11 septembre 2001 et pour éviter aux générations futures tout préjudice, elle jugeait préoccupant que plusieurs États membres aient pris du retard dans la détermination de sites de dépôt appropriés et dans l'octroi d'une autorisation correspondante d'exploitation. Pour la recherche, cela signifie la chose suivante :¹⁷

Il y a lieu de poursuivre les indispensables travaux de recherche et de développement technologique (RDT) afin d'examiner en détail chaque site et de comprendre les mécanismes géologiques, géochimiques et hydrogéologiques ainsi que les performances à long terme des ouvrages de confinement dans l'environnement réel des dépôts de déchets. Le stockage définitif dans des formations géologiques profondes peut isoler les déchets radioactifs de l'homme et de son environnement durant les très longues périodes requises. Ce stockage sera nécessaire pour un assez grand nombre de catégories de déchets qui existent et pour d'autres qui seront générées dans le futur. C'est la meilleure option disponible pour la gestion à long terme de beaucoup de types de déchets parmi les plus dangereux. Cependant, il est important que la mise en opération des dépôts géologiques ne soit pas considérée comme la solution ultime pour la gestion des déchets radioactifs. Il est donc essentiel que les progrès vers le stockage dans des formations géologiques profondes ne conduisent pas à une réduction des programmes de RTD dans les autres domaines de la gestion des déchets radioactifs tels que les nouvelles technologies pour la réduction quantitative des déchets,

¹² COM(2003)0032 final: ...Propositions présentées par la Commission le 30.01.2003. [Note du traducteur : version révisée : COM(2004)0256 final: ...Propositions présentées la Commission européenne le 08.09.2004].

¹³ COM(2003)0032 final

¹⁴ Communiqué de presse de l'UE du 30.01.2003, IP/03/132.

¹⁵ COM(2003)0032 final, p. 32.

¹⁶ COM(2003)0032 final, p. 33.

¹⁷ COM(2003)0032 final, p. 33.

dont pourraient éventuellement émerger de nouvelles options. L'engagement financier doit être maintenu, et même accru dans certains États membres, et une coopération plus efficace est nécessaire entre les différents programmes, étant admis que les progrès dans ce domaine intéressent l'Union toute entière. En établissant un cadre pour une coopération et une coordination améliorées dans ce domaine, on accroîtra la rentabilité globale des efforts, ainsi que la crédibilité et l'acceptabilité de l'ensemble des travaux, aspect absolument essentiel. Le Programme-cadre de la Communauté continuera de jouer un rôle important dans la promotion de la recherche concernant ces thèmes, mais il ne suffira probablement pas à lui seul à garantir le succès. Plusieurs États membres mettent en œuvre leur propre programme de RDT, financé soit sur leur budget national, soit par leur secteur nucléaire. Cependant à l'heure actuelle, il n'est pas évident que ces programmes nationaux individuels soient suffisants pour traiter les questions restantes. Il est probable que les moyens financiers devront être significativement accrus. La Commission continuera à encourager la coopération entre les États membres dans les domaines communs de recherche et de développement technologique. De plus la Commission a l'intention de proposer au Conseil la création d'une entreprise commune au sens du chapitre 5 du titre II du traité EURATOM pour gérer les fonds et organiser la recherche. L'industrie et les États membres participeraient sur une base volontaire à cette entreprise commune, qui rassemblerait des fonds du Centre commun de recherche (CCR), des États membres et de l'industrie.

Raisons de l'échec de la proposition de la Commission

Nombre de questions restent sans réponse

Même si la proposition de la Commission européenne « a, dans l'ensemble, reçu l'aval » du Conseil des ministres, celui-ci a relevé que nombre de questions restaient encore sans réponse, en particulier :¹⁸

- En quoi la directive proposée faciliterait-elle l'adoption de programmes nationaux de gestion des déchets dans la pratique ?
- Pourquoi les délais devraient-ils être les mêmes pour tous les États membres ?
- Compte tenu des délais fixés, comment serait-il possible de prendre en considération l'évolution technologique, notamment en tenant compte des variantes à la solution proposée dans le projet de directive ?
- La proposition aurait-elle une influence sur la responsabilité (financière) de l'exploitant ?
- L'idée d'une entreprise commune (activités de recherche) est-elle nécessaire ou compatible avec les actions en cours aux niveaux national, communautaire et international ?

Le projet n'a donc pas passé le cap du Conseil des ministres, mais pas uniquement à cause de ces points en suspens. Nombre d'États membres sont apparus sceptiques sur la question de savoir si l'Union Européenne disposait d'une base juridique suffisante pour émettre une directive dans ce domaine.¹⁹

¹⁸ Conseil de l'UE (30.06.2003), 11046/03

¹⁹ AWP-News (28.06.2004): *Le paquet nucléaire de Mme de Palacio a finalement essuyé un échec devant le Conseil des ministres de l'UE.*

4. Principales organisations

Remarque préliminaire

La plupart des organisations mentionnées ci-dessous ne s'occupent pas prioritairement de R&D. Dans le présent rapport ont été sélectionnées et commentées les activités de ces organisations qui offrent une pertinence dans le domaine de la recherche.

4.1. Organisations internationales

www.nea.fr

L'Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (AEN) est un organisme responsable de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire au sein de l'OCDE. Son siège se trouve à Paris. Actuellement, elle compte 28 pays membres (Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Corée, Danemark, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Grande-Bretagne, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Japon, Luxembourg, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Slovaquie, Suède, Suisse, Tchéquie, Turquie), qui produisent au total 85 % environ de l'énergie nucléaire mondiale. L'AEN travaille en étroite collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) à Vienne. Au sein de l'OCDE, elle entretient des relations étroites avec l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et avec la Direction de l'environnement. L'AEN emploie 72 personnes et son budget annuel est d'environ 12 millions d'euros.

Au sein de l'AEN, des activités de coordination, d'information, de *Peer Reviews* et de recherche sont menées dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. L'une des tâches importantes de l'AEN est l'organisation d'évaluations indépendantes et internationales des projets nationaux par des pairs. Un groupe de travail spécial, de composition internationale (*Radioactive Waste Management Committee, RWMC*) a été mis en place afin de²⁰

- créer un forum pour le partage d'informations et d'expériences,
- développer une compréhension commune des décisions et des faits fondamentaux,
- conserver une vue d'ensemble de l'état actuel des sciences et techniques,
- diffuser des informations et organiser des réunions et
- offrir aux États membres, sur demande, un cadre pour l'évaluation de leur politique de gestion des déchets radioactifs.

Sous-groupes du RWMC

Le RWMC comprend trois groupes de travail (*Working Parties*) :

- *Forum on Stakeholder Confidence (FSC)*. Domaines d'activité²¹ : détermination des champs d'activité dans les domaines de la perception publique et de l'instauration d'un climat de confiance, conseils à l'intention du RWMC dans ces mêmes domaines, échange au niveau international et analyse en commun des connaissances et des expériences faites, analyse des progrès réalisés en matière d'intégration des programmes de gestion des déchets radioactifs au processus décisionnel au niveau socio-politique

²⁰ <http://www.nea.fr/html/rwm/rwmc.html>.

²¹ NES/RWM(2003)4/REV2: *Forum on Stakeholder Confidence, Mandate – Phase 2*.

- *Integration Group for the Safety Case (IGSC)*
- *RWMC Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD)*

Pertinence pour la présente étude : l'AEN et ses sous-groupes ont rédigé un grand nombre de publications sur la gestion des déchets radioactifs, notamment sur l'état de la recherche dans ce domaine. L'examen international de l'audit de sécurité de la Nagra, réclamé par la Suisse dans le cadre du projet « Argiles à Opalinus » (AEN [2004], Nagra [2002c]), s'est déroulé sous l'égide de l'AEN. L'AEN et ses sous-groupes offrent un réseau international qui permet un échange intensif de connaissances entre pays. La Suisse est représentée par des experts au sein de l'AEN.

www.iaea.org

L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) est une organisation scientifique et technologique indépendante au sein de l'ONU, qui soutient les États membres en matière de planification et de mise en œuvre des applications de l'énergie nucléaire ; son champ d'activité dépasse le simple cadre de l'énergie nucléaire (sources de radiation, par exemple). Elle élabore des normes de sécurité dans le domaine de l'énergie nucléaire et organise elle-même des inspections afin de vérifier que le matériel nucléaire est utilisé à des fins pacifiques exclusivement. Au sein de l'AIEA, le WASSC (*Waste Safety Standards Committee*) est l'organe compétent pour les questions réglementaires relevant de la sécurité des déchets nucléaires.

Pertinence pour la présente étude :

- C'est dans le cadre de l'AIEA qu'a été négociée la Convention internationale sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, qui est entrée en vigueur en Suisse le 18.06.2001.
- Sur la base des connaissances scientifiques existantes, l'AIEA publie des règlements (à caractère non obligatoire) sous la forme de notions de base sur la sécurité (*Safety Fundamentals*), d'exigences en matière de sécurité (*Safety Requirements*) et de manuels de sécurité (*Safety Guides*) dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. Plusieurs directives de l'AIEA font référence à l'état des sciences et techniques.
- En l'an 2000, l'AIEA a organisé une Conférence internationale sur le thème de la sécurité de la gestion des déchets radioactifs (*Safety of Radioactive Waste Management*) à Cordoue (13-17.03.2000). Une deuxième Conférence sur le thème des problèmes et des tendances dans la gestion des déchets radioactifs (*Issues and Trends in Radioactive Waste Management*) s'est tenue du 9 au 13 décembre 2002 à Vienne.
- Sous l'égide de l'AEN et de l'AIEA, une Conférence a été organisée en 2003 à Stockholm sur les progrès politiques et techniques du stockage géologique en profondeur.

www.europa.eu.int

La recherche en énergie nucléaire, source d'énergie qui couvre 35 % des besoins en électricité de l'UE, est assumée pour l'essentiel par les États membres. L'UE elle-même met en œuvre des moyens financiers considérables au profit de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie nucléaire, de la protec-

tion contre les radiations et de la gestion des déchets radioactifs (940 millions d'euros entre 2002 et 2006) et dispose en outre, au sein de la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM)²², d'un Centre Commun de Recherche (CCR) (doté de 290 millions d'euros entre 2002 et 2006). Actuellement, le 6^e Programme-cadre de recherche et de développement technologique (6^e PCRD) de l'UE est en cours (cf. chap. 5.5). Dans le cadre de la recherche en gestion des déchets radioactifs en Europe, les aspects sociaux sont également examinés, comme, par exemple, dans les projets COWAM (*Comparison of decision making processes at the local and regional community level in nuclear waste facility siting*) et COWAM2 (*COmmunity WAsTe Management 2 : Improving the Governance of Nuclear Waste Management and Disposal in Europe*) ou RISCOS2 (*Enhancing transparency and public participation in nuclear waste management*), dans le cadre duquel une approche européenne a été mise au point sur la participation du grand public et sur le processus décisionnel dans le domaine de la gestion des déchets atomiques.

Pertinence pour la présente étude : les Programmes-cadres de recherche de l'UE, auxquels la Suisse a apporté (dès avant l'entrée en vigueur des premiers accords bilatéraux) et continue d'apporter sa contribution, sont d'une importance fondamentale pour l'orientation de la recherche en gestion des déchets radioactifs.

4.2. Suède

www.skb.se

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB, *Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co*) est le pendant de la Nagra en Suède. La Suède dispose d'un dépôt intermédiaire central pour les éléments de combustible irradiés (CLAB à Oskarshamn) ainsi que d'un dépôt définitif pour les déchets d'exploitation radioactifs (*SFR Repository for Radioactive Operating Waste*) à Forsmark. En 2002, le SKB a entamé un travail d'analyse des sites d'Oskarshamn et de Forsmark pour le stockage des déchets hautement radioactifs (DHR), après que les études de faisabilité ont conclu à la sélection de ces deux sites. Au mois de novembre 2003, le SKB tablait sur 2017 pour la mise en service d'un dépôt en profondeur. La construction d'un dépôt pour les déchets faiblement radioactifs à durée de vie longue et ceux moyennement radioactifs (DMRL) est prévue dans une trentaine d'années.

Pertinence pour la présente étude : l'état et le programme de la recherche seront présentés sous la forme d'un rapport technique paraissant tous les trois ans (dernière édition : SKB 2001). Le programme suédois de gestion des déchets radioactifs est déjà bien avancé. La recherche de site en Suède a été basée sur une procédure participative, dans lequel les communes pouvaient poser leur candidature.

www.ski.se, www.ssi.se

La SKI (*Swedish Nuclear Power Inspectorate*), l'Autorité suédoise de surveillance pour la sûreté nucléaire, emploie 115 personnes. Elle est chargée du respect des

²² Le contrat EURATOM signé en 1957 avait à l'origine pour objectif de contribuer "à la formation et au développement rapides d'industries nucléaires". Compte tenu du fait que l'énergie nucléaire s'est développée de manière très différente d'un État membre à l'autre, le projet d'un "marché commun" de l'énergie nucléaire ne s'est jamais concrétisé dans la pratique. En revanche, EURATOM a obtenu que la recherche européenne dans ce domaine ne faiblisse pas. ([RDT Info, Magazine de la recherche européenne, n° 40, février 2004, p. 6](#)).

exigences légales en matière de sécurité pour la gestion des déchets radioactifs. Pour autant que des aspects de radioprotection doivent être également pris en compte au cours de cette gestion, l'organe compétent est la SSI (*Swedish Protection Radiation Authority*), l'Autorité suédoise responsable en matière de protection contre les radiations.

4.3. Finlande

www.posiva.fi

Posiva est une organisation d'experts créée par des opérateurs de centrales nucléaires, qui emploie une quarantaine de personnes. Elle est responsable de l'évaluation, de la construction et de l'exploitation des dépôts définitifs pour les éléments de combustible irradiés (ECI). En mai 1999, elle a déposé une demande relative à la mise en chantier d'un projet de dépôt définitif à Olkiluoto pour ces éléments, auquel le gouvernement a répondu positivement en décembre 2000. En 2001, le Parlement a approuvé ce qu'on appelle la « décision de principe ». Le permis de construire, attendu pour l'année 2010, devrait être suivi dix ans après de l'autorisation d'exploitation. Conformément à la décision de principe, un bilan doit être établi en 2050 afin de déterminer, à la lumière des technologies alors disponibles, si le dépôt peut être classé comme définitif.

Pertinence pour la présente étude : en matière de gestion des déchets radioactifs, la Finlande est, comme la Suède, bien plus avancée que la Suisse.

www.stuk.fi

Le STUK (*Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland*), l'Autorité finlandaise pour la sûreté nucléaire, emploie 300 personnes environ. Elle a établi des exigences de sécurité pour le site d'Olkiluoto, notamment pour le stockage définitif d'éléments de combustible irradiés (STUK-YTO-TR 199, mai 2003).

4.4. États-Unis

www.ymp.gov

Le Département américain de l'énergie (*Department of Energy*, DOE) est responsable de la construction et de l'exploitation du dépôt géologique définitif pour les déchets hautement radioactifs (DHR) et les éléments de combustible irradiés (ECI), prévu à Yucca Mountain. Suite à la validation du choix du site par le président des États-Unis et le Congrès américain, le DOE travaille à la formulation d'une demande d'autorisation à l'intention de la NRC (*Nuclear Regulatory Commission*).

Pertinence pour la présente étude : le projet Yucca Mountain (*Yucca Mountain Project*, YMP) est celui qui a mobilisé le plus de fonds pour la recherche dans le domaine des dépôts définitifs (environ 7 milliards de dollars US au cours des 30 dernières années).²³

www.wipp.ws

Le WIPP (*Waste Isolation Pilot Plant*) est le premier dépôt géologique au monde pour les déchets moyennement radioactifs à durée de vie longue issus de la recherche et de la production d'armes nucléaires. Le WIPP est entré en service en

²³ NZZ 26.01.03, p. 23.

mars 1999. Le dépôt se trouve dans le désert de Chihuahua, dans l'État du Nouveau-Mexique.

www.epa.gov

L'EPA (*Environmental Protection Agency*) est responsable du développement des normes applicables aux sites de dépôt définitif. La NRC (*Nuclear Regulatory Commission*) est chargée de la mise en œuvre de ces normes.

www.nrc.gov

La NRC (*Nuclear Regulatory Commission*) est responsable de la préparation technique des autorisations.

4.5. Suisse

www.nagra.ch

La Nagra (*Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle* – Société coopérative nationale pour l'entreposage des déchets radioactifs, autrefois dite CEDRA en français) a pour tâche d'élaborer les bases techniques et scientifiques requises pour une gestion sûre des déchets radioactifs. Elle regroupe les six partenaires suivants, qui la financent conjointement : la Confédération helvétique ; BKW FMB Energie SA, à Berne (centrale de Mühleberg) ; la Centrale nucléaire de Gösgen-Däniken SA, à Däniken ; la Centrale nucléaire de Leibstadt SA, à Leibstadt ; les Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse, à Baden (centrales de Beznau I et II) ; Énergie Ouest Suisse, à Lausanne. Les coûts de gestion des déchets radioactifs actuels et futurs sont répercutés dans le prix de l'électricité. Les consommateurs d'électricité participent ainsi aux stockages intermédiaire et définitif à hauteur de 1 centime environ par kilowattheure d'énergie nucléaire consommée.²⁴

Pertinence pour la présente étude : la Nagra assume la plus grande part des travaux de recherche en Suisse, résultant de sa propre initiative ou de mandats extérieurs (du PSI, par exemple). Fin 2002, elle a présenté au Conseil fédéral son projet « Argiles à Opalinus – Démonstration de la faisabilité du stockage géologique des éléments de combustible irradiés (ECI), des déchets de haute activité (DHR) vitrifiés et des déchets de moyenne activité à durée de vie longue (DMRL) », fruit de longues années de recherches et d'expérimentation (forages, prospection sismique, laboratoires souterrains). Ce projet est actuellement examiné par la Confédération. Dans son projet « Garantie » (« *Gewähr* ») de 1985, la Nagra avait déjà apporté la preuve de la faisabilité du stockage des déchets faiblement et moyennement radioactifs à durée de vie courte (DFMR).

www.hsk.ch

La Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN, plus connue sous son abréviation en allemand, HSK) est une institution à vocation technique et scientifique. En premier lieu, elle surveille et évalue la sécurité nucléaire et la protection contre les radiations dans les installations nucléaires suisses. Elle s'occupe également du suivi scientifique et de l'examen des analyses géologiques en rapport avec le stockage définitif des déchets radioactifs, tels que les forages prélimi-

²⁴ <http://www.nagra.ch/francais/nagra/nagra.htm>.

naires. Le dépôt intermédiaire fédéral pour déchets radioactifs (*Bundeszwischenlager*, BZL) est également placé sous son autorité.

Pertinence pour la présente étude : la DSN, en sa qualité d'autorité scientifique et technique, définit les exigences en matière de sécurité des dépôts définitifs ou en prépare la définition pour le compte des autorités compétentes. En tant qu'organe spécialisé, elle joue également un rôle décisif dans le processus d'octroi des autorisations. La DSN a publié un plan stratégique intitulé « *Regulatorische Sicherheitsforschung der HSK* » (La recherche réglementaire de la DSN en matière de sécurité ; projet de mai 2004).

www.suisse-energie.ch

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) assume diverses fonctions en matière de gestion des déchets radioactifs. Il joue un rôle central pour la délivrance des autorisations. Il publie tous les ans un rapport de synthèse sur la recherche énergétique, dont un chapitre est consacré à la sécurité nucléaire et à la gestion des déchets radioactifs. La CORE (Commission fédérale pour la recherche énergétique), dont le secrétariat est géré par l'OFEN, publie tous les quatre ans son *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*. Dans le *Plan* actuel figurent les principes suivants :²⁵

- La priorité va aux perspectives de la politique énergétique à long terme. En chemin, il faudra cependant aussi résoudre les problèmes immédiats.
- Le soutien apporté à la recherche doit donc rester souple.
- Les programmes de recherche doivent être sous-tendus par une vision globale ; ils doivent se caractériser par la continuité et la qualité.
- Il faut aborder la concrétisation des objectifs importants par plusieurs voies et, suivant les sujets, par le biais d'une coopération internationale.
- Comme la transition souhaitée vers un « panier énergétique » (*energy mix*) durable dépendra de décisions d'ordre économique, les aspects socio-économiques revêtent une importance prépondérante.
- Il est important de mettre l'accent sur le transfert des résultats de la recherche dans la pratique ; les installations pilotes et de démonstration (P+D) sont donc primordiales, au même titre que l'information donnée au grand public.

Pertinence pour la présente étude : mandant de la présente étude, l'OFEN est aussi un acteur de premier rang dans l'orientation de la recherche présente et future. Par ses mandats, il joue le rôle de guide (cf. mandats 2004 sur les conséquences socio-économiques des installations de gestion des déchets radioactifs²⁶). C'est la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) qui occupe la première place en matière d'orientation des projets de recherche en gestion des déchets radioactifs soutenus par la Confédération.

À propos de l'AGNEB, cf.
www.suisse-energie.ch

En février 1978, le Conseil fédéral a institué le Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (*Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung*, AGNEB). L'AGNEB a pour mission de réaliser le suivi des tra-

²⁵ Commission fédérale pour la recherche énergétique [CORE \(2004\): 26](#).

²⁶ Communiqué de presse de l'OFEN du 6.4.2004, "[Conséquences socio-économiques des installations d'élimination des déchets](#)".

vaux relatifs à la gestion des déchets nucléaires en Suisse, de préparer des préavis sur des questions dans ce domaine à l'intention du Conseil fédéral, de suivre les processus d'autorisation au plan fédéral et de traiter les questions relatives à la gestion des déchets nucléaires au niveau international.

www.ksa.admin.ch

La Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA) est un organe consultatif du Conseil fédéral et du Département fédéral de l'Environnement, des Transports, de l'Énergie et de la Communication (DETEC) pour les questions relatives à la sécurité des installations nucléaires. Conformément à l'ordonnance, elle s'occupe également de la recherche et de la mise au point des bases de travail. Selon l'article 5, alinéa 2, elle suit la recherche dans le domaine de la sécurité nucléaire au plan national et international et propose des travaux de recherche en Suisse ou la participation d'institutions suisses à des projets étrangers ou internationaux.

Commission de gestion des déchets radioactifs

La Commission de gestion des déchets radioactifs (CGD) est un organe consultatif de l'OFEN, ou plus exactement de la DSN, sur des questions géologiques importantes dans le domaine de la gestion des déchets nucléaires.

www.zwilag.ch

La société anonyme Dépôt intermédiaire central pour déchets radioactifs de Würenlingen SA (*ZWILAG Zwischenlager Würenlingen AG*, ZWILAG) appartient aux exploitants suisses de centrales nucléaires. Son capital-actions est réparti proportionnellement à la puissance thermique des centrales. Elle a pour objectif la construction et l'exploitation de dépôts intermédiaires pour toutes les catégories de déchets radioactifs et pour les éléments de combustible irradiés, ainsi que la construction et l'exploitation d'installations de traitement des déchets faiblement et moyennement radioactifs à Würenlingen. La ZWILAG a décidé d'utiliser une nouvelle méthode d'incinération des déchets radioactifs, correspondant aux connaissances techniques actuelles. Les déchets ne sont plus réduits en cendres de façon traditionnelle, mais décomposés thermiquement ou fondus à très haute température à l'aide d'une torche à plasma de haute performance.

Pertinence pour la présente étude : tandis que le stockage définitif occupe une place prépondérante dans les discussions politiques, l'entreposage intermédiaire suscite moins de débats. Cette différence peut éventuellement constituer une indication pour la détermination des besoins de la recherche.

5. Présentation générale des activités de recherche au niveau international

5.1. Remarques préliminaires

La nature des recherches relatives aux dépôts définitifs est fonction du site

Les travaux de recherche relatifs aux dépôts définitifs en Suisse ne peuvent être comparés à ceux d'autres pays : un dépôt définitif dans une formation argileuse (Suisse, Belgique, France) soulève des problèmes totalement différents sur les plans scientifique et technique qu'un dépôt définitif dans du granit (Suède, Finlande), du tuf (États-Unis) ou de l'anhydrite (Morsleben en Allemagne). Lorsqu'un pays opère un changement de direction dans le choix de la formation destinée à accueillir un dépôt définitif, c'est l'ensemble de son programme de recherche qu'il doit revoir.²⁷

Stratégie de quelques pays européens

Les orientations des États membres de l'Europe des 25 en matière de gestion des déchets radioactifs sont présentées dans le 5^e rapport sur l'état de la gestion des déchets radioactifs dans l'Union Européenne élargie (EUR 20653, février 2003)²⁸. En ce qui concerne l'orientation des travaux de recherche, les stratégies nationales s'appliquent ; le tableau suivant répertorie celles de la Finlande, de la France, de l'Allemagne et de la Suède (transcription littérale du 5^e rapport, p. 12-14):

	Déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR)	Déchets hautement radioactifs (DHR) et éléments de combustible irradiés (ECI)
Finlande	Gestion de routine de déchets d'exploitation de centrales nucléaires dans des dépôts définitifs en subsurface sur les deux sites des centrales.	Les éléments de combustible irradiés (ECI) sont stockés dans des installations éloignées du réacteur sur les sites des centrales. Dans sa décision de principe de 2001, le Parlement finlandais a approuvé le choix d'Olkiluoto en tant que site pour la réalisation d'un dépôt définitif en profondeur, sous réserve d'approbation par les autorités réglementaires. L'organisme de gestion des déchets travaille actuellement à l'élaboration d'un programme d'analyses complètes sur ce site.

²⁷ E-Mail S. Löw, 29.05.2004.

²⁸ Consultable à l'adresse

http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/publications/synopses_en.htm#20653.

	Déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR)	Déchets hautement radioactifs (DHR) et éléments de combustible irradiés (ECI)
France	Gestion de routine des déchets de faible et de moyenne activité à durée de vie courte (FMA) au Centre de l'Aube. La construction d'une installation voisine est prévue pour le stockage des déchets de très faible activité (TFA).	Retraitement de routine de la majeure partie, voire de l'ensemble des éléments de combustible irradiés (ECI). Les ECI non retraités sont stockés à La Hague, jusqu'à ce qu'une décision soit prise au niveau politique concernant le cycle du combustible. La politique actuelle en matière de stockage définitif des déchets hautement radioactifs (HAVL) est régie par la «loi Bataille» de 1991, qui prévoit jusqu'en 2006 trois programmes de recherche parallèles dans les domaines du stockage géologique en profondeur, du stockage en surface pendant une période indéfinie et des procédés de séparation et de transmutation (P&T). À l'échéance, une décision sera prise par le gouvernement.
Allemagne	Suite à l'adoption de la nouvelle loi relative à l'abandon de l'utilisation de l'énergie nucléaire, la situation est à l'étude. Par le passé, les déchets étaient stockés dans le dépôt géologique définitif en profondeur de Morsleben. L'objectif poursuivi par la politique de stockage définitif était d'établir un seul dépôt définitif pour toutes les catégories de déchets. En mai 2002, l'utilisation de la mine de Konrad a été approuvée (même si elle est controversée), mais uniquement aux fins de stockage des déchets à très faible dégagement de chaleur.	Les déchets vitrifiés résultant du retraitement à La Hague ou à Sellafield sont rapatriés et stockés à Gorleben. Il existe des dépôts centraux pour les éléments de combustible irradiés (ECI), mais la nouvelle loi relative à l'abandon de l'utilisation de l'énergie nucléaire privilégie un stockage éloigné du réacteur sur les sites des centrales et interdit le retraitement après l'expiration des contrats existants. Actuellement, la procédure de sélection des sites de dépôt définitif par le groupe de travail compétent (AkEnd), organe institué par le Ministère de l'Environnement, est en cours d'examen. Le rapport de l'AkEnd doit constituer le point de départ d'une exploration plus avant des possibilités de stockage définitif pour l'ensemble des déchets radioactifs en Allemagne. ²⁹
Suède	Stockage définitif de routine dans les installations en surface à proximité de centrales nucléaires ou dans l'installation de subsurface de la SFR (= dépôt définitif suédois pour les déchets radioactifs) à proximité de la centrale de Forsmark.	Tous les éléments de combustible irradiés sont stockés dans le dépôt CLAB à Oskarshamn. L'organisme de gestion des déchets compétent poursuit ses examens complets du site. Deux autres dépôts définitifs possibles sont à l'étude, avec l'autorisation des communes locales et du gouvernement.

Tableau 5 Stratégies de gestion des déchets radioactifs en Finlande, France, Allemagne et Suède

5.2. Stockage en couches géologiques : évaluation de l'état de la recherche par l'AEN

"Progress Towards Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?"

En 1999, le Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN/OCDE (*Radioactive Waste Management Committee*, RWMC) a fait état de la situation et des progrès relatifs à la réalisation de dépôts géologiques définitifs (sans possibilité de récupération), dont le concept était apparu environ 40 ans plus tôt. Ce dernier repose sur le fait qu'il est difficile de garantir la surveillance durable des déchets radioactifs à longue durée de vie. L'AEN a souligné le fait que dans les années 90,

²⁹ La procédure de recherche de site élaborée par l'AkEnd se heurte à une forte opposition pour des raisons d'ordre financier et temporel. Elle n'est appropriée que dans le cas d'un État dont c'est la première tentative en matière de recherche de dépôt définitif, et non pour l'Allemagne qui est déjà bien avancée dans ce domaine (Sander [2004] : 483).

des progrès considérables ont été enregistrés dans la compréhension du concept de dépôt géologique définitif, ce qui n'a pas contribué à le remettre en cause, mais au contraire à l'entériner. Selon l'AEN, la technologie existante est suffisante (« *mature enough* ») pour permettre la réalisation et l'exploitation d'un dépôt définitif. La communauté scientifique et technique du domaine de la gestion des déchets radioactifs est très confiante (« *high level of confidence* ») dans la sécurité technique des dépôts définitifs, un point de vue qui n'est pourtant souvent pas partagé par le grand public.

L'AEN a cependant constaté que les délais envisagés à l'origine se sont tous révélés trop optimistes. Selon elle, cela serait dû au fait que les dimensions politique, publique et réglementaire du projet ont été sous-estimées. Néanmoins, d'un point de vue technique, rien ne presse. Il est nécessaire de poursuivre le travail scientifique et technique à un niveau élevé d'un point de vue qualitatif (poursuite des études de détail, tests et installations pilotes ; mise en application des connaissances et contrôle de qualité dans des conditions de référence).³⁰

Domaines stratégiques de la gestion des déchets radioactifs

En 1999, l'AEN a identifié six domaines essentiels d'un point de vue stratégique :³¹

- Stratégies générales de la gestion des déchets radioactifs
- Procédure de réalisation d'un dépôt définitif
- Gestion des déchets radioactifs issus de la désaffectation des centrales nucléaires et des déchets très faiblement radioactifs
- Implication et confiance du grand public³²
- Participation à l'élaboration de lignes directrices et d'accords au niveau international ainsi qu'à leur mise en œuvre
- Suivi intensif et systématique du progrès technologique.

5.3. Conférence internationale sur les problèmes et les tendances de la gestion des déchets radioactifs (2002)

Vienne 2002 :
AIEA, Commission européenne et AEN

Du 9 au 13 décembre 2002, l'AIEA a organisé, en collaboration avec la Commission européenne et l'AEN, une Conférence à Vienne sur les problèmes et les tendances de la gestion des déchets radioactifs.

Aperçu récapitulatif par le président de la Conférence

Le professeur suisse Alec Baer, président de la Conférence, a résumé les résultats (à son sens) comme suit :³³

- Les travaux en cours se concentrent sur les déchets hautement radioactifs et les éléments de combustible irradiés.
- Il existe un consensus croissant sur le fait que des solutions de rechange au modèle du stockage définitif (le stockage en surface, par exemple) doivent être examinées selon les mêmes critères stricts de sécurité que ce dernier.

³⁰ Paragraphe d'après l'AEN (1999b).

³¹ AEN (1999a).

³² Sur le thème des relations publiques et de la participation du grand public, le *Forum on Stakeholder Confidence* de l'AEN a mis en avant des facteurs positifs et négatifs pour la crédibilité. L'AEN propose aux États membres des instruments en faveur d'une communication crédible (AEN [2003d] : 13 et suivantes).

³³ AIEA (2003) : 563 et suivantes.

- Les arguments socio-politiques s'orientent en faveur de la récupération des déchets et de la réversibilité (*reversibility*) des dépôts, contrairement aux arguments techniques.
- Le conditionnement des déchets doit donner à ceux-ci une forme définitive.
- Alors que la Conférence de Cordoue en 2000 avait débouché plus ou moins clairement sur le principe selon lequel il n'était pas question de faire peser un « fardeau inadmissible sur les générations futures » (« chaque génération est elle-même responsable de ses déchets »), le débat tourne aujourd'hui autour de la question de savoir quel type de fardeau est admissible et pourrait être transmis aux générations futures.
- Les discussions concernant les contrôles et la pérennité institutionnels ont démontré qu'il était nécessaire de clarifier ces notions (contrôle réglementaire, contrôle institutionnel actif et passif, *monitoring* actif et passif, par exemple).
- La gestion des déchets radioactifs ne devrait pas être envisagée uniquement du point de vue de l'énergie nucléaire. Le professeur Alec Baer a appelé chacun à enlever ses œillères.
- Le financement de la gestion des déchets radioactifs est un point qui n'a pas été suffisamment abordé.
- Un nombre croissant de « non-spécialistes de la gestion des déchets radioactifs » sont invités à participer au débat.
- L'AIEA doit déterminer si sa compétence se limite aux aspects techniques ou s'étend également aux aspects socio-politiques.

Aperçu récapitulatif par l'AIEA

L'AIEA a résumé la Conférence comme suit :³⁴

- La Conférence a montré les progrès réalisés en matière de gestion des déchets radioactifs, notamment en ce qui concerne la préparation de la construction de dépôts pour les déchets hautement radioactifs (DHR) en Finlande et aux États-Unis.
- Selon l'AIEA, l'entrée en vigueur de la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs représente un grand pas en avant vers l'amélioration systématique de la sécurité dans ce domaine (« *setting the stage for a process of systematic international improvement of waste management safety* »).
- Le stockage en surface des déchets radioactifs et des éléments de combustible irradiés (ECI) est une réalité dans nombre d'États. Les participants à la Conférence ont été unanimes sur le fait que le stockage en surface de déchets hautement (DHR) et moyennement radioactifs à durée de vie longue (DMRL) n'était pas une solution acceptable pour le long terme.
- Les mécanismes institutionnels de garantie de la sécurité à long terme et de la préservation des connaissances acquises représentent un vrai défi.
- Il est nécessaire d'impliquer la population dans le débat sur la gestion des déchets radioactifs.

³⁴ AIEA (2003): *Report on the International Conference on Issues and Trends in Radioactive Waste Management. Summary*, 3 p.

5.4. *Geological Repositories : Political and Technical Progress (2003)*

Denver 1999
Stockholm 2003

En 1999, une Conférence internationale s'est tenue à Denver sur les progrès de la gestion du stockage dans des dépôts géologiques, suivie d'une seconde à Stockholm en décembre 2003.

Développements intervenus
en matière de R&D

Les progrès de la recherche relative au stockage géologique et les questions en suspens sur le sujet ont été résumés comme suit par Piet Zuidema, de la Nagra :³⁵

- Le stockage géologique est une solution acceptée dans la plupart des pays. À l'heure actuelle, sa préparation a atteint une maturité telle qu'il n'existe pratiquement plus de questions non résolues susceptibles d'empêcher sa mise en application.
- Ces dernières années, une attention croissante a été portée aux questions du suivi des déchets et de leur récupération pour ce qui est de la recherche en stockage définitif.
- Outre le stockage géologique en profondeur, les techniques de séparation et de transmutation (P&T) des déchets ainsi que leur entreposage à long terme sont à l'étude dans certains pays.
- La méthodologie des analyses de sécurité est suffisamment avancée pour permettre une prise de décision dans ce domaine.
- D'un point de vue global, le développement s'est poursuivi de façon continue depuis la Conférence de Denver en 1999 (évolution et non « révolution »).

5.5. **EURATOM (6^e PCRDT, 6^e Programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'UE)**

Décisions du Conseil de l'UE
en date du 30.09.02

Le 30.09.2002, le Conseil de l'UE a décidé la mise en œuvre des deux programmes suivants :

- Un programme (supplémentaire) spécifique de recherche et de formation dans le domaine de l'énergie nucléaire pour la période 2002-2006 (2002/837/EURATOM ; Journal officiel L 294/74 du 29.10.2002). La fusion nucléaire est le thème central de ces travaux de recherche. Seuls 10% environ des fonds (90 millions d'euros pour la période 2002-2006) sont alloués à la gestion des déchets radioactifs.
- Un programme spécifique de recherche et de formation conduit par le Centre Commun de Recherche (CCR) pour la période 2002-2006, au travers d'actions directes pour le compte de la Communauté européenne de l'énergie atomique (2002/838/EURATOM ; Journal officiel L 294/86 du 29.10.2002).

Le texte qui suit est une transcription littérale (traduction par l'UE) du contenu de l'annexe 1 (« Objectifs technologiques et scientifiques et grandes lignes des actions ») relative à la première décision du Conseil de l'UE susmentionnée sur la gestion des déchets radioactifs :

³⁵ Zuidema (2003) : *Overview of progress achieved on scientific issues since the 1999 Denver Conference and review of pending key issues*. Résumé et transparents de l'exposé du 9.12.2003 à Stockholm (d'après le CD-ROM regroupant l'ensemble des contributions à la Conférence, traduction allemande de A. Keel).

Objectifs

L'absence de consensus, même approximatif, en matière de gestion et de stockage des déchets constitue l'un des principaux freins au maintien et au développement de l'utilisation de l'énergie nucléaire. C'est en particulier le cas en ce qui concerne la gestion et le stockage des éléments radioactifs à vie longue dans des dépôts géologiques, qui demeurera nécessaire quel que soit le mode de gestion choisi pour le combustible usé et les déchets de haute activité. La recherche ne peut, à elle seule, suffire à convaincre l'opinion, mais elle est nécessaire pour développer et mettre à l'épreuve les technologies de mise en dépôt, rechercher des sites appropriés, assurer une meilleure compréhension des principes scientifiques de base ayant trait à la sûreté et aux méthodes d'évaluation de la sûreté et mettre au point des processus de décision considérés comme équitables par les parties concernées.

La recherche est également nécessaire pour étudier les possibilités techniques et économiques offertes par les concepts de production d'énergie nucléaire capables d'assurer une meilleure utilisation des matières fissiles et de produire moins de déchets et par les techniques de séparation et de transmutation pour réduire les risques associés aux déchets à l'échelle industrielle.

Priorités de recherche

i) Recherche sur le stockage géologique

Il s'agit de mettre en place une base technique solide pour démontrer la sûreté du stockage géologique du combustible usé et des déchets à longue durée de vie et de favoriser l'émergence d'un consensus européen sur les grandes questions liées à la gestion et au stockage des déchets.

- Perfectionnement des connaissances fondamentales, développement et essai de technologies : la recherche sera centrée sur les principaux processus physiques, chimiques et biologiques, l'interaction entre les diverses barrières naturelles et ouvragées, leur stabilité à long terme et les moyens de mettre en œuvre des technologies de stockage dans des laboratoires de recherche souterrains.
- Outils nouveaux et améliorés : la recherche sera centrée sur les modèles d'évaluation des performances et de la sûreté et les méthodes de démonstration de la sûreté à long terme, comprenant des analyses de sensibilité et d'incertitude et le développement et l'évaluation de nouvelles méthodes de mesure des performances et de processus de meilleure gouvernance répondant de manière adéquate aux préoccupations de l'opinion publique dans le domaine du stockage des déchets.

ii) Séparation et transmutation et autres concepts visant à produire moins de déchets lors de la production d'énergie nucléaire

Il s'agit de trouver des solutions pratiques pour réduire la quantité et/ou les risques des déchets par des techniques de séparation et de transmutation et d'étudier les possibilités offertes par les concepts de production d'énergie nucléaire générant moins de déchets.

- Séparation et transmutation (P&T) : la recherche sera centrée sur la réalisation d'analyses fondamentales du concept général, la démonstration à titre expérimental des technologies de séparation les plus prometteuses, le perfectionnement des technologies de transmutation et l'évaluation de leur mise en œuvre à l'échelle industrielle.
- Concepts visant à produire moins de déchets : la recherche sera centrée sur l'exploration des possibilités d'utiliser plus efficacement les matières fissiles dans les réacteurs existants, ainsi que d'autres concepts visant à produire moins de déchets lors de la production d'énergie nucléaire.

Le second texte cité est une transcription littérale (traduction par l'UE) du contenu de l'annexe 1 (« Objectifs technologiques et scientifiques et grandes lignes des actions ») relative à la seconde décision du Conseil de l'UE susmentionnée sur la gestion des déchets radioactifs :

En ce qui concerne les questions liées au traitement et à la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs, le CCR [aura jusqu'en 2006 les trois activités principales suivantes] :

- [Le CCR] va poursuivre ses travaux visant à mieux comprendre les données fondamentales de physique, chimie et science des matériaux relatives aux actinides et aux produits en contenant.
- L'étude des processus fondamentaux régissant le comportement du combustible irradié dans des conditions d'entreposage provisoire ou de stockage à long terme en couches géologiques sera approfondie.
- Le CCR continuera de tester et d'évaluer des procédés de séparation efficace des éléments radio-toxiques présents dans le combustible usé, ainsi que des procédés de retraitement des produits ainsi obtenus. Ces travaux seront menés avec les partenaires européens du programme «transmutation et séparation (P&T)». (...)

Jusqu'ici, les 7 projets suivants ont fait l'objet d'un soutien dans le cadre du 6^e PCRDT dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs (voir le site :

http://dbs.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=PROJ_EURATOM_FP6&QM_EP_PGA_D=FP6-EURATOM-RADWASTE

Titre du projet	Contenu du projet
<p><i>Impact of Partitioning and Transmutation (P&T) and Waste Reduction Technologies on the Final Nuclear Waste Disposal</i> (RED-IMPACT)</p>	<p><i>Partitioning, transmutation and conditioning (P & T/C) and waste reduction technologies, if implemented properly and in full consultation with the geological disposal community, are expected to significantly reduce the burden associated with radioactive waste management and disposal. P&T is likely to ease the final repository requirements and it will also contribute to the sustainability of nuclear energy in those countries that pursue this source of energy.</i></p> <p><i>The objectives of this 3-year RED-IMPACT project (Total budget 4 M including EC contribution of 2 M) are:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Assess the impact of P&T on geological disposal and waste management ;</i> - <i>Assess economic, environmental and societal costs/benefits of P&T ;</i> - <i>Disseminate results of the study to stakeholders (scientific, general public and decision makers) and get feedback during the course of the study ;</i> - <i>Iterate and refine the work based on stake-holders' feedback to achieve full impact of this study on the implementation of the waste management policy of the European Community.</i> <p><i>The work of the project is subdivided into six work packages :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>WP1: Waste management and transmutation strategies will be reviewed and a number of representative scenarios will be selected for in-depth impact studies ;</i> - <i>WP2: Feasibility of the industrial deployment of selected scenarios will be made and their impact on waste management will be studied ;</i> - <i>WP3: Assessment of waste streams, waste features, leach resistance, heat generation, reprocessing capability, etc. will be studied for selected fuel cycles ;</i> - <i>WP4: Assessment will be made of the benefits and costs of P&T/C in advanced fuel cycles for waste management and geological disposal ;</i> - <i>WP5: Economic, environmental and societal assessment of fuel cycle strategies will be performed ;</i> - <i>WP6: Synthesis and dissemination of results of the above studies will be made to stakeholders.</i> <p><i>At its completion, the present project is expected to provide a major advance to the P&T research by producing and disseminating a comprehensive and coherent assessment of environmental and societal costs, benefits and difficulties of the deployment of P&T, conditioning and waste reduction technologies for nuclear waste management.</i></p>
<p><i>Understanding and physical and numerical modelling of the key PROCESSES IN THE NEAR-FIELD and their coupling for different host rocks and repository strategies</i> (NF-PRO)</p>	<p><i>The principal objective of NF-PRO is to establish the scientific and technical basis for evaluating the safety function "containment and minimisation of release" of the near-field of a geological repository for high-level radioactive waste (HLW) and spent fuel. To this end, NF-PRO will investigate dominant processes and process couplings affecting the isolation of nuclear waste within the near-field and apply and develop conceptual and mathematical models for predicting the source-term release of radionuclides from the near-field to the far-field. Results and conclusions of experimental and modelling work will be integrated in performance assessment (PA).</i></p> <p><i>To understand the performance of the overall near-field system, an adequate insight in both the performance of the individual near-field sub-systems and their interactions is essential. Accordingly, the Integrated Project NF-PRO has been structured in five Research and Technology Development Components (further referred to as RTD Components) each representing a major near-field sub-system. In particular, RTD Components 1 to 4 address key processes controlling dissolution of and release from the waste matrix, chemical processes taking place in the Engineered Barrier System (EBS), the thermo-hydromechanical (THM) evolution of the EBS and the characteristics and the evolution of the excavation disturbed zone (EDZ), respectively. Process couplings and integration in performance assessment (PA) are dealt with in RTD Component 5. This RTD component will play a pivotal role in IP NF-PRO. At the initial phase of NF-PRO, RTD Component 5 will provide a realistic description of the evolution of the conditions in the near-field in view of identifying key processes and remaining uncertainties to be addressed by RTD Components 1 to 4. Throughout the project, RTD Component 5 will analyse macroscopic mass and energy flows and integrate the outcome of RTD Components 1 to 4 in PA through 'Integration Exercises'. These exercises will be performed for the main potential host rocks currently investigated for HLW disposal in the EU: clay, granite and salt. In addition to the scientific-technical objectives, the consortium will make the acquired data, knowledge and expertise available and accessible to the broad scientific community within the EU and NAS (Newly Associated States), use its expertise for public information purposes and promote knowledge and technology transfer through training. Component 6 brings together all activities concerning training (including knowledge management and transfer).</i></p>

Titre du projet	Contenu du projet
<p><i>COmmunity WAsTe Management 2 : Improving the Governance of Nuclear Waste Management and Disposal in Europe</i></p> <p>(COWAM 2)</p>	<p>The objective of COWAM 2 is to contribute to the actual improvement of the governance of Radioactive Waste Management (RWM) in order to address the issue of geological waste disposal in Europe, by :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Better addressing and understanding societal expectations, needs and concerns as regards radioactive waste decision making processes, notably at local and regional levels, taking advantage of the past and ongoing successful and unsuccessful experiences of RWM in the concerned European countries ; - Increasing societal awareness of and accountability for RWM at local, national and European levels, creating the conditions for an improved dialogue among representatives of civil society and the traditional public and private actors of RWM ; - Developing guidance on innovative democratic governance of RWM, integrating local, national and European levels of decision as well the key non technical and technical dimensions involved ; - Developing best practices and benchmarking on practical and sustainable decision making processes recognised as fair and equitable by the stakeholders involved at the local, national and European levels as well as consistent on the short, medium and long term of RWM ; - Contributing to enable European societies to make actual progress in the governance of RWM, in order to reach practicable, accountable and sustainable decisions. <p>COWAM 2 will aim at broad involvement of actors from civil society (with significant representation of local communities, elected representatives, and NGOs, as well as social and natural scientists from outside RWM institutions) together with the traditional actors in the field such as the implementers of RWM, the Public Authorities, experts and waste producers. COWAM 2 specifically addresses the objectives of EURATOM Work Programme "to better understand what influences public acceptance and develop guidance for the improved governance of geological waste disposal". Grounding on the results of the COWAM 1, RISCOM, NEA FSC and other relevant experiences, the project will enlarge the base of experience in the field, in providing a critical analysis of past and current decision-making processes on waste management including geological disposal as well as other technical options.</p> <p>COWAM 2 work programme will be developed through four thematic work packages on :</p> <ul style="list-style-type: none"> - implementing Local Democracy and Participatory Assessment Methods ; - Influence of Local Actors on the National Decision-making process ; - Quality of Decision-making processes ; - Long term Governance Three other work packages will provide services (integration, networking, management). The activities in the four thematic work packages will be carried out in close partnership between experts and stakeholders. Stakeholders will participate in the orientation of research, as well as in checking and reviewing the results both at work package level, and at the overall project level. This innovative process will ensure that the Work Package activities progress in consistence with the overall COWAM 2 objectives and that they address in practical terms stakeholders' concerns. Third parties will contribute funding for stakeholder participation and the organisation of seminars.
<p><i>Network for Actinide Sciences</i></p> <p>(ACTINET-6)</p>	<p>One major issue for nuclear energy, requiring intensive R&D programs, remains a broadly agreed approach to waste management, in particular long-lived waste components. R&D is also needed to explore new concepts for nuclear energy generation that make better use of fissile material and generate less waste. Actinide science is one central theme to respond to these needs. Few laboratories in Europe possess knowledge and tools in actinide science, none of them covers the full spectrum at the scale required by the technical challenges, and they few interact. Existing and future knowledge and tools in Europe should therefore undergo a process towards integration and optimisation. In this context, the general objective of ACTINET is to gather the concerned scientific community through a network, aiming to reach sustainability in a few years. Knowledge dissemination, education and training activities through the network will ensure highest level of expertise in Europe. Transnational access to experimental facilities will valorise existing and future facilities and optimise their use. In general, research and education networking will revitalize actinide science, facilitate the development of joint European scientific programmes, and make the field more attractive to young scientists.</p> <p>More specifically, the goals of ACTINET are :</p> <ul style="list-style-type: none"> - coordinate the use of major actinide facilities to the European scientific community ; - improve human mobility between member institutions, in particular between academic institutions and national laboratories ; - promote excellence through a selection process of R&D and training activities. <p>These goals will be achieved through procedures allowing the pooled facilities to operate as a multi-site User Facility, including selection of proposals for research, education and training on a competitive basis. An initial joint programme of activities, agreed among the community, will allow launching the Network operation for the first</p>

Titre du projet	Contenu du projet
<p><i>EUROpean research programme for the PARTitioning of minor actinides and some long-lived fission products from high active wastes issuing the reprocessing of spent nuclear fuels</i></p> <p>(EUROPART)</p>	<p>eighteen months.</p> <p><i>For the management of nuclear spent fuels, several European countries choose the closed fuel cycle involving reprocessing. The nuclear wastes, i.e. the fission products and the minor actinides (Np, Am and Cm), issuing the reprocessing are vitrified. In the future, the vitrified nuclear wastes are supposed to be disposed of into deep geological repositories, but the selection of the sites for these repositories should consider the fact that these vitrified wastes contain Long-Lived Radionuclides (LLR), essentially belonging to the family of the actinide elements (An), which induce important radiotoxicity for the long-term. The elimination of these LLR from the vitrified wastes will induce a large decrease of the long-term radiotoxicity of these wastes and will simplify the selection of geological sites. The research to be done within the EUROPART research programme concerns the Partitioning of the actinides that are contained in the nuclear wastes issuing the reprocessing of nuclear spent fuels. After separation, the actinides will be either destroyed into short-lived or stable nuclides by nuclear means (Partitioning & Transmutation, P&T strategy) or conditioned into stable dedicated solid matrices (Partitioning & Conditioning, P&C strategy). The selected elements for partitioning will be the so-called minor actinides (MA), from Am through Cf, but in the case of the treatment of dedicated spent fuels or targets the actinides to be separated also include U, Pu and Np.</i></p> <p><i>The separation techniques of these radionuclides to be studied will belong to two fields: 1/ hydrometallurgy, 2/ pyrometallurgy, which arise out of the previous FP5 programmes.</i></p> <p><i>The main axes for the research for both hydrometallurgy and pyrometallurgy will be :</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. the Partitioning of MA = Am-Cf from high burn-up UOX and multi-recycled MOx fuels;</i> <i>2. the Partitioning of all actinides together for recycling, for advanced dedicated fuel cycles, i.e. double strata concept, ADS (Accelerator Driven System).</i> <p><i>In hydrometallurgy, the research is organised in 5 WorkPackages (WP). Four WP are dedicated to the study of Partitioning methods mainly based on the use of solvent extraction methods, one WP is dedicated to the development of An co-conversion methods for fuel or target preparation.</i></p> <p><i>The research in pyrometallurgy is organised into 4 WP. The subjects of these WP are the following: (i) two WP concern the development of An Partitioning methods, and one of these 2 WP (i.e WP7) also includes the study of the basic chemistry of trans-curium elements in molten salts, (ii) one WP concerns the study of the conditioning of the wastes and, (iii) the last WP is dedicated to system studies.</i></p> <p><i>Moreover, a strong management team will be concerned not only with the technical and financial issues arising from EUROPART, but also with information and communication, Science and Society, gender issues and benefits for Europe. Training and education of the young researchers will also constitute an important part of the project. Processes for possible industrialisation of Partitioning strategies will be defined.</i></p>
<p><i>Support Action: Pilot Initiative for European Regional Repositories</i></p> <p>(SAPIERR)</p>	<p><i>Some small nuclear power programmes in the expanded EU may not have the resources or the full range of expertise to build their own repositories for long-lived radioactive wastes. Even for countries that could potentially implement national projects, there are environmental and economic advantages in co-operation. The prospect that countries could work together to explore regional solutions is raised in the draft of the EC radioactive waste Directive. Such solutions raise new trans-national issues of safety and governance, not so far addressed by national programmes in the European research area: nuclear security, safety of multi-user repositories with diverse waste types, national & European public acceptability, trans-boundary waste transport and national & European economics and law.</i></p> <p><i>SAPIERR is a pilot initiative to help the EC to begin to establish the boundaries of the issue, collating and integrating information in sufficient depth to allow concepts for potential regional options to be identified and the new RTD needs to be scoped. Possible future programme components and structures will be suggested. SAPIERR will bring together Member States and Candidate Countries wishing to explore the feasibility of regional European solutions. Specific proposals for regional facilities, including potential siting are not part of this initial pilot study. The work is aimed at establishing the boundary conditions for such collaboration and the implications in an enlarged European Community. The development of a geological repository is a very long-term project with an overall duration of decades. Given the rapid geopolitical development in Europe, the socio-political reservations concerning multinational repositories that have been expressed by some countries may well have been overcome by the time of actual construction, and the environmental and economic advantages of these solutions may prevail over the political problems. The work will involve a working group of interested countries, data gathering and analysis. Scenarios and possible concepts for European storage and disposal will then be identified as well as related RTD needs to propose mechanisms for developing strategy options and future EU research programmes. Project findings will be reported to the EC also at an international seminar at the conclusion of the project. A commitment to participate in the working group and to supply relevant national data has already been signalled by organisations from some EU Member States and from numerous Candidate Countries. Progress will be posted on the Internet. Regional repositories are also of interest outside Europe but have been little studied. SAPIERR will put the EU in a leading position to provide advice and, possibly, services to other countries.</i></p>

Titre du projet	Contenu du projet
<p><i>Engineering Studies and Demonstrations of Repository Designs (ESDRED)</i></p>	<p><i>The Integrated Project ESDRED, a joint research effort by major national radioactive waste management agencies (or subsidiaries of agencies) and by research organisations, representing nine European countries, is a major step to establish a sound technical basis for demonstrating the safety of disposing spent fuel and long-lived radioactive wastes in deep geological formations and to underpin the development of a common European view on the main issues related to the management and disposal of waste.</i></p> <p><i>The overall objective of the Integrated Project ESDRED over 5 years is to demonstrate the technical feasibility at an industrial scale for activities carried out to construct, operate and close a deep geological repository, and at the same time comply with requirements on long-term safety, operational safety, retrievability and monitoring.</i></p> <p><i>This programme provides the opportunity for RW management organisations to work together efficiently to generate solutions, systems and technologies which can be shared.</i></p> <p><i>This project focuses on four activities that are addressed today neither by existing nor by easily adapted technologies of mining, civil and nuclear engineering :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>buffer construction : manufacturing and construction of an engineered barrier system for horizontal disposal drifts ;</i> - <i>waste canister transfer and emplacement into horizontal and vertical disposal cells ;</i> - <i>heavy load emplacement in horizontal disposal drifts ;</i> - <i>temporary sealing: reinforcing and plugging drifts with low-pH cementitious materials, Monitoring and retrievability at all steps of repository construction, operation and closure are considered in this exercise and integrated in the relevant technical modules.</i> <p><i>Each technology is developed within one technical module to provide an access to various industrial solutions compatible with national repository concepts and geological specificity. Training and communication activities are developed across all modules.</i></p>

Tableau 6 Recherche EURATOM, 6^e PCRDT, domaine de la gestion des déchets radioactifs

5.6. Suède

En Suède, la R&D se base sur un programme datant de 2001 (*Programme for research, development and demonstration of methods for the management and disposal of nuclear waste*), qui comprend une analyse des besoins et des priorités en matière de recherche. Les points essentiels de ce programme sont traduits ci-dessous et complétés par des notes en marge (SKB 2001 : p. 5-9) :

2001 : poursuite et maintien de l'orientation de la recherche

Le programme de recherche 2001 constitue un prolongement du programme de recherche de 1998. L'idée d'une réorientation fondamentale a été abandonnée. Il n'a pas été possible de prendre en compte toutes les requêtes formulées par les autorités de surveillance dans leur contrôle de sécurité du SR 97.

Début de la construction du dépôt définitif : 2015

Le SKB a pour objectif d'entamer la construction d'un dépôt géologique définitif en 2015, et de commencer le stockage définitif vers 2020. Les programmes de recherche futurs se concentreront vraisemblablement sur d'autres thèmes (2004 : fixation des radionucléides et conditionnement. 2007: stockage en couches géologiques et analyse des alternatives à ce modèle de stockage).

Interdépendance entre la recherche et les projets de dépôts définitifs	Les analyses de sécurité, la recherche et la mise au point des projets de dépôts définitifs sont des thèmes qui sont intimement liés, voire interdépendants. Ainsi, il n'est possible d'entreprendre une analyse de sécurité qu'à partir du moment où le projet de dépôt définitif est connu. Les résultats de cette analyse permettront d'améliorer le projet et de déterminer les travaux de recherche à engager.
Objectif prioritaire du programme de R&D de 2001	La priorité du programme de recherche 2001-2004 est l'étude de la diffusion des radionucléides dissous dans l'eau, dont le processus de diffusion débute au bout de plusieurs siècles seulement, lorsque les conteneurs commencent à être défaillants. La recherche déjà bien avancée sur les conteneurs doit donc être poursuivie. Dans le laboratoire souterrain d'Äspö, de nouvelles études sont menées pour étudier le comportement de la bentonite utilisée pour le remplissage. Il s'agira d'étudier également l'effet de l'eau salée sur le dispositif de fermeture des dépôts définitifs.
Géosphère, biosphère, climat	Autres études à entreprendre : <ul style="list-style-type: none"> - Géologie : examen de toutes les déformations postglaciaires connues - Biosphère : étude de la diffusion des radionucléides dans la biosphère (forêts, marais, couches sédimentaires) - Climat : analyse des conséquences des changements climatiques potentiels (permafrost, glaciation) - Recherche des analogies naturelles, susceptibles de fournir des indications sur l'évolution à long terme (en complément aux travaux de recherche spécifiques).
Laboratoire souterrain d'Äspö	Les recherches réalisées dans le laboratoire pilote d'Äspö continueront de jouer un rôle de premier plan (remplissage, colmatage, mise au point de la technologie, démonstration, entre autres). La réalisation d'un prototype de dépôt définitif est prévue.
Connaissance des méthodes ; instruments	Dans la mesure du possible, les instruments et méthodes actuels sont utilisés. Parfois, il se révèle nécessaire de les améliorer ou de les optimiser, voire d'en mettre d'autres au point (GPS, mesures sismiques, mesures pendant le forage, mesures hydrologiques, etc.).
Conteneurs	Une installation destinée au conditionnement des DHR dans des conteneurs en cuivre doit être mise au point. Divers procédés de soudage sont encore à l'essai.
Méthodes alternatives	Bien que la Suède ait opté pour le modèle du stockage géologique définitif, elle poursuit ses travaux de recherche au niveau international sur des méthodes et techniques alternatives ou complémentaires (séparation et transmutation, P&T).

5.7. Finlande

Le programme actuel de R&D dont ont connaissance les auteurs de la présente étude émane de la Posiva, le pendant finlandais de la Nagra. En vigueur depuis 2000, il porte sur le site d'Olkiluoto. Ses principaux objectifs sont les suivants :³⁶

- Évaluation des qualités du site et confirmation des propriétés de la roche d'accueil
- Évaluation du volume de la roche d'accueil
- Caractérisation des propriétés de la roche d'accueil
- Examen des plans de construction du dépôt définitif
- Planification et essai du procédé de construction
- Mise en évidence des technologies et méthodes employées
- Réduction des incertitudes liées aux modèles et prise en compte d'informations *in situ* se substituant aux hypothèses très prudentes faites dans un premier temps
- Poursuite des études en surface
- Surveillance du site de dépôt définitif, avec mesures/observations sur la roche d'accueil
- Approfondissement de l'étude de l'impact sur l'environnement
- Gestion des connaissances

Ce programme a été examiné par l'Autorité finlandaise pour la sûreté nucléaire (STUK) et par un groupe international d'experts. La STUK a exigé les corrections et compléments suivants de la part de la Posiva :³⁷

- Un cadre logique est nécessaire à la planification de la R&D, afin d'en expliquer les principes porteurs ainsi que les moyens mis en œuvre pour cerner les thèmes de recherche et en fixer les priorités.
- Un délai suffisant est à prévoir.
- Une planification doit être établie en collaboration avec la STUK afin de garantir l'accès aux données de base.
- Il serait bon d'envisager la réalisation d'un programme de confirmation des pronostics, en plusieurs étapes.
- Les conditions d'un scénario de référence doivent être définies de façon claire.
- Il convient d'étudier dès maintenant les mécanismes du transport des radionucléides.
- Une meilleure compréhension de la géochimie de la nappe phréatique (modifications futures) s'impose. Il convient de prendre en compte les interactions entre les processus géochimiques et hydrogéologiques.
- La corrosion des conteneurs en cuivre dans certaines conditions appelle des études complémentaires.

³⁶ D'après la Posiva (2003b) : 7.

³⁷ Posiva (2003a) : 9.

sur la base d'un modèle de sécurité. Afin de systématiser la planification de la R&D, un plan directeur sera élaboré pour démontrer les relations existant entre les données effectives de la construction résultant de l'étude du projet et les exigences auxquelles celle-ci doit répondre (système de gestion des exigences, « *Requirement Management System* »). Ce système de gestion doit à l'avenir servir de base à la planification de la R&D et à la manière dont les résultats de recherche sont rapportés.³⁸

5.8. Allemagne³⁹

Objectifs de la recherche dans le domaine de la sécurité

En Allemagne, la recherche dans le domaine de la sécurité de la gestion des déchets radioactifs s'appuie sur des scénarios qui doivent entraîner une réduction quantitative sensible, voire une élimination complète, des résidus radioactifs, une diminution du danger potentiel lié aux matériaux destinés au stockage définitif et rendre possible une analyse de sécurité à long terme pour le stockage définitif des résidus radioactifs, fondée sur le plan scientifique. L'achèvement des travaux est prévu pour l'année 2030 environ.

Une particularité : la recherche en matière de stockage définitif

La « recherche en matière de stockage définitif » a pour objectifs le choix d'une formation géologique appropriée pour le stockage définitif ainsi que la construction et l'exploitation d'un dépôt définitif. Les travaux de recherche en matière de stockage définitif sont menés sous la responsabilité du gouvernement fédéral, qui (contrairement à la Suisse) est compétent pour la construction du dépôt (§ 9a, al. 3 de la loi allemande sur l'utilisation de l'énergie nucléaire).⁴⁰

Caractérisation, conditionnement et immobilisation

Les activités de recherche suivantes sont envisagées :

- Analyses théoriques et développement technologique en matière de caractérisation, de conditionnement et de fixation des déchets radioactifs
- Développement de nouveaux procédés pour la réduction de la radiotoxicité des déchets hautement radioactifs (DHR) (séparation et transmutation, P&T)

Stockage définitif

- Élaboration des grandes lignes d'une analyse de sécurité à long terme, scientifiquement fondée (objectif : apporter la preuve de la sécurité à long terme)
- Transfert des résultats de R&D pour la construction et l'exploitation d'un dépôt définitif

³⁸ Posiva (2003a) : 9 p.

³⁹ Paragraphe entier d'après le département de recherche en énergie (*Forschungsbereich Energie*) de la *Helmholtz-Gemeinschaft* (2002).

⁴⁰ Une réorganisation des responsabilités est prévue ("*Verbandslastmodell*") : tous les exploitants de centrales nucléaires deviendraient membres d'un organisme de droit public auquel l'État fédéral confierait la responsabilité de réaliser un dépôt définitif. Cet organisme prendrait en charge l'ensemble des coûts, ainsi que la nécessaire participation de la population. Les tâches de l'État se limiteraient essentiellement à la haute surveillance et aux procédures d'autorisation. (Discours du ministre allemand de l'environnement, Jürgen Trittin, le 07.10.2003, à l'occasion du 12^e Symposium allemand sur le droit nucléaire, consultable à l'adresse www.bmu.de).

6. Activités de recherche en Suisse

6.1. La Nagra (en particulier lors de la démonstration apportée en 2002 de la faisabilité de la gestion des déchets radioactifs) et la Coopérative pour la gestion des déchets nucléaires au Wellenberg (*Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg, GNW*)

Exigences de base

La recherche en gestion des déchets radioactifs en Suisse doit prendre en compte les particularités du Pays (dispositions légales, notamment le modèle de gestion des déchets radioactifs et la géologie) et l'état des connaissances scientifiques et techniques au plan international. L'acteur clé en la matière est la Nagra, qui, ces 30 dernières années, a tissé des liens étroits avec diverses institutions de recherche suisses (PSI, Université de Berne, EPFZ, par exemple) et étrangères.

Éléments de combustible irradiés (ECI), déchets vitrifiés hautement radioactifs (DHR) et moyennement radioactifs à durée de vie longue (DMRL)

L'état actuel des travaux de recherche menés par la Nagra dans le domaine du stockage définitif des éléments de combustible irradiés (ECI), des déchets vitrifiés hautement radioactifs (DHR) et moyennement radioactifs à durée de vie longue (DMRL) peut être examiné dans les rapports de synthèse relatifs au projet « Argiles à Opalinus » (2002) (démonstration de faisabilité de la gestion des déchets radioactifs), étant donné que cette recherche vise fondamentalement à démontrer que le stockage définitif en Suisse est possible :

- *Résultats d'études en sciences de la terre* (Nagra 2002a)
- *Plan directeur pour l'installation et l'exploitation d'un dépôt définitif* (Nagra 2002b)
- *Rapport de sécurité* (Nagra 2002c)

Le Conseil fédéral devrait émettre un avis sur cette démonstration de faisabilité en 2006.

Résultats des recherches en sciences de la terre

Dans sa synthèse des résultats de recherche en sciences de la terre, la Nagra est parvenue à la conclusion que « la situation géologique de la zone d'étude [répond] aux exigences d'un site possible. Il n'existe aucune contrainte géologique susceptible de remettre en cause aussi bien la réalisation d'un dépôt définitif dans le secteur du Weinland zurichois que sa sécurité. »⁴¹ Bien que, selon l'évaluation de la Nagra, la preuve ait été apportée de la faisabilité de la gestion des éléments de combustible irradiés (ECI), des déchets vitrifiés hautement radioactifs (DHR) et moyennement radioactifs à durée de vie longue (DMRL), la Nagra a cependant identifié certaines incertitudes qu'il importe de dissiper par des travaux de recherche complémentaires (p. 621 et suivantes), à savoir :

- Reconnaissance de sites : clarifications ciblées, par exemple, concernant les conditions que l'on peut s'attendre à rencontrer à des profondeurs importantes et qui auraient des conséquences sur les techniques de construction
- Caractéristiques du transport des matériaux dans la roche d'accueil et processus le régissant : essais en laboratoire et expérimentations dans le Laboratoire souterrain du Mont Terri en vue de mieux cerner les processus de diffusion

⁴¹ Nagra (2002a) : 623.

- Capacité d'auto-colmatage : études dans le laboratoire souterrain du Mont Terri
- Conditions géochimiques : approfondissement des connaissances concernant, par exemple, le potentiel d'oxydo-réduction ou le pH/pCO₂ par la mise en œuvre de méthodes plus élaborées
- Rejets gazeux : amélioration de l'état des connaissances en la matière par des essais complémentaires en laboratoire et des expériences relativement complexes sur le terrain
- Données relevant de la technique de construction, mécanique des roches : profondeur de référence = 600 ± 50 m. Pour les profondeurs plus importantes et en vue de mieux cerner les conditions que l'on peut s'attendre à rencontrer dans le cadre de la construction de tunnels en grande profondeur, des études complémentaires s'imposent.

Analyse de sécurité

L'analyse de sécurité menée dans le cadre de la démonstration de faisabilité de la gestion des déchets radioactifs répertorie les raisons permettant d'affirmer que les conditions sont réunies pour répondre aux exigences en matière de sécurité :⁴²

- Le stockage géologique en profondeur est une solution appropriée à la gestion des déchets radioactifs (modèle reconnu au niveau international ; existence de formations géologiques d'accueil appropriées en Suisse ; analyses de sécurité effectuées dans d'autres pays ; observations faites sur des systèmes naturels ; avantages par rapport à d'autres options).
- La sécurité et la fiabilité du système de stockage sont garanties (barrières passives ; incertitudes minimales ; stabilité à long terme).
- La probabilité d'une intrusion humaine est minime et les conséquences possibles d'une telle intrusion sont modérées (archivage des informations ; vérification de l'absence de ressources naturelles exploitables dans la région envisagée pour l'implantation du site ; création de compartiments séparés pour chaque conteneur d'ECI et de DHR ; stockage limité aux déchets solidifiés).
- La réalisation d'un dépôt géologique en profondeur s'effectue par étapes (dans la phase actuelle, le système n'a pas encore besoin d'être défini dans les moindres détails ; ce qui évite de devoir répondre à toutes les questions de manière précise ; le justificatif de la sécurité peut s'appuyer sur des éléments parfaitement maîtrisés et fiables à l'heure actuelle ; association des parties concernées ; possibilité de prendre en compte les propositions d'amélioration ; souplesse du projet ; possibilités de surveillance ; possibilités de révision des décisions).
- La grande qualité des connaissances scientifiques actuelles est justifiée (résultats inattaquables des recherches sur le terrain ; expériences réalisées dans des laboratoires souterrains ; observations effectuées lors de la construction des tunnels ; résultats reposant sur plus de vingt ans d'expérience ; inventaire détaillé des déchets (ECI, DHR et DMRL).
- Méthodologie éprouvée, modèles, logiciels de calcul et bases de données disponibles pour l'analyse.

⁴² Nagra (2002c) : XXI.

- Respect des exigences posées par l'Autorité de surveillance (doses maximales inférieures aux seuils de protection fixés, fermeture possible en quelques années ; conformité avec le concept de l'EKRA).
- Utilisation d'indicateurs de sécurité complémentaires (comparaison entre la radiotoxicité des déchets et celle des éléments naturels ; comparaison entre les flux de radiotoxicité potentiels émanant du dépôt définitif et les flux de radiotoxicité naturels ; comparaison entre les concentrations possibles de radiotoxicité à la surface supérieure des « Argiles à Opalinus » avec les concentrations de radiotoxicité naturelles à l'intérieur de celles-ci ; évaluation de la distribution de la radiotoxicité dans les différents éléments du système en fonction du temps).
- Certains phénomènes ayant une influence positive sur la sécurité du dépôt n'ont pas été pris en compte dans les analyses réalisées.
- Représentation simplificatrice prudente, voire pessimiste du système.
- Aucune question susceptible de remettre en cause la sécurité du dépôt n'est restée sans réponse.

Analyse de sécurité :
conclusions de la Nagra

La Nagra est parvenue aux conclusions suivantes :⁴³

- Le site de référence possède des propriétés suffisantes pour garantir la sécurité du dépôt.
- Le système est fiable.
- Les informations disponibles concernant les déchets et le système de barrières techniques sont de bonne qualité.

AEN : évaluation par les pairs
(*Peer Review*) de la
démonstration de faisabilité
de la gestion des déchets
radioactifs (2002)

Après examen de cette analyse de sécurité, un groupe d'experts internationaux de l'AEN (*International Review Team*, IRT, chap. 4) est parvenu aux conclusions suivantes :⁴⁴

- L'utilisation de barrières multiples est en accord avec les modèles de gestion de déchets radioactifs d'autres pays.
- La démarche de réalisation est prudente et concorde avec celle entreprise par nombre d'autres pays.
- La répartition des déchets dans divers endroits du dépôt est une bonne mesure de sécurité.
- La stratégie en matière de mise en dépôt des déchets et l'utilisation de scellements multiples pour le compartimentage sont réalisables et témoignent de la prudence des concepteurs.
- Le concept de dépôt est sensé et applicable.
- L'analyse de sécurité inclut la prise en compte des principaux aspects et incertitudes et démontre une bonne compréhension du comportement du système dans son ensemble et de celui des barrières individuelles.
- La Nagra a démontré de façon irréfutable que les « Argiles à Opalinus » du Weinland zurichois constituent une roche d'accueil appropriée.
- Le programme de la Nagra relatif aux propriétés de l'argile intéressant la rétention des radionucléides revêt un caractère de pointe en matière de recherche scientifique.

⁴³ Nagra (2002) : XXIII.

⁴⁴ AEN (2004) : 8 et suivantes.

Recommandations du groupe d'experts de l'AEN

- La démonstration de faisabilité de la Nagra est remarquablement documentée, à commencer par une présentation claire de ses objectifs et principes.

Le groupe d'experts internationaux (IRT) a formulé les recommandations suivantes (au chapitre 4) :

- Inventaire et termes-sources : dans ses analyses de sécurité futures, la Nagra doit s'efforcer d'affiner ses évaluations de radionucléides pour les déchets de type DHR et DMRL (p. 65).
- Conteneurs et fûts pour ECI et DHR : bien que l'acier soit considéré par l'IRT comme un matériau approprié pour les conteneurs, il faut maintenir l'option de conteneurs en cuivre (p. 68).
- Matrice de déchets pour DHR vitrifiés : la Nagra doit s'inspirer des programmes de recherche internationaux qui visent une meilleure compréhension des processus régissant, en condition de stockage, la dissolution à long terme des DHR vitrifiés, ainsi que le développement de modèles mathématiques correspondants (p. 74).
- Matériaux de remplissage pour ECI et DHR : il convient de poursuivre les travaux de recherche portant sur le comportement à haute température de la bentonite et d'approfondir les activités de R&D ainsi que les essais à grande échelle concernant l'utilisation de granulés de bentonite comme matériau de remplissage ; les études sur les interactions possibles entre la barrière de bentonite et d'autres composants du système de dépôt doivent être poursuivies (p. 78).
- Matériaux de remplissage pour DMRL : les travaux de développement relatifs à d'autres types de ciment visant à réduire les interactions chimiques entre les matériaux de remplissage et la géosphère doivent être poursuivis (p. 79).
- Barrière des « Argiles à Opalinus » : il convient de poursuivre les efforts dans les domaines suivants : la rétention géochimique ; l'analyse du bien-fondé de l'utilisation par la Nagra, dans ses analyses de sécurité, de valeurs de constantes de dissociation (K_d) obtenues par des essais de sorption en mode par lot (*batch*) ; la preuve de la pertinence de l'utilisation d'analogies avec des phénomènes naturels ; les processus de diffusion dans les « Argiles à Opalinus » (p. 83).
- Production et transport de gaz : les études expérimentales concernant les processus de transport des gaz doivent être poursuivies ; la modélisation de ces processus dans le cadre d'une augmentation de la perméabilité suite à la production de micro-fissures doit être améliorée (p. 84).
- Formations avoisinantes : il est recommandé de procéder à des analyses complémentaires des formations avoisinantes locales et régionales, afin de mieux cerner les possibilités de passage des radionucléides à la biosphère (p. 86).
- Mise au point du système : avant d'arrêter un projet définitif concernant les constructions en profondeur, il convient d'étudier plus en détail l'étape de resaturation après fermeture du dépôt ; dans les rapports futurs, une place plus importante doit être consacrée aux conséquences du réchauffement de la planète sur la mise au point du système (p. 90).
- Biosphère : il faut veiller à conserver les connaissances des experts en matière de modélisation de la biosphère et à se tenir au courant des avancées en ma-

tière d'analyse des risques écologiques ; les futures analyses de sécurité devront aborder explicitement le problème de la diffusion des gaz issus des déchets (p. 92).

Participation de la Nagra aux projets des Programmes-cadres de recherche de l'UE

Lors du 5^e Programme-cadre de recherche et de développement technologique (5^e PCRD) de l'UE (1998-2002), la Nagra a participé à 17 projets au total, dont environ la moitié sont arrivés à leur terme ou se trouvent en phase d'achèvement.⁴⁵

- Importance de la barrière de bentonite dans l'analyse de sécurité d'un dépôt géologique en profondeur
- Comparaison de stratégies pour le stockage définitif de déchets radioactifs à durée de vie longue (DMRL)
- Fondements pour l'évaluation et le développement de modèles du stockage définitif des déchets de haute radioactivité (DHR)
- Implantation de barrières de sécurité techniques dans les « Argiles à Opalinus »
- Comportement des barrières d'argile sous l'effet de l'eau à pH élevé – Phase II
- Essai à grande échelle portant sur les barrières techniques dans la roche d'accueil cristalline – Phase II
- Recherche sur les effets de la diffusion des gaz dans les analyses de sécurité pour les dépôts géologiques en profondeur
- Comportement à long terme des DHR vitrifiés : calcul du terme-source
- Processus thermo-hydro-mécaniques au voisinage d'un dépôt géologique en profondeur (diffusion de chaleur)
- Développement de modèles couplés (de façon hydromécanique), à partir de l'interprétation des incidents survenus lors du creusement du puits principal d'un laboratoire souterrain dans l'Est de la France
- Réseau thématique sur le stockage géologique en profondeur
- Prise en compte des phénomènes de rétention de la géosphère dans l'analyse de sécurité
- Résorption spontanée des failles dans la zone de décompression des roches argileuses
- Stabilité des éléments de combustible irradiés (ECI) en conditions de stockage final
- Analyse d'indicateurs pour le comportement à long terme et la sécurité d'un dépôt géologique en profondeur
- Réseau thématique sur le rôle de la « surveillance » dans le cadre de la construction d'un dépôt géologique en profondeur
- Essai de ventilation dans les « Argiles à Opalinus »

Les déchets faiblement et moyennement radioactifs à durée de vie courte (DFMR)

Suite au projet « Garantie » (« *Gewähr* ») (1985), qui démontrait la faisabilité de la gestion des déchets faiblement et moyennement radioactifs à durée de vie courte (DFMR), un programme de recherche de plusieurs années a été engagé dans le Canton de Nidwald (Wellenberg, commune de Wolfenschiessen).⁴⁶ Les analyses géologiques et les études de terrain ont révélé que la roche sous la montagne du Wellenberg convenait très probablement au stockage de déchets radioactifs, hypo-

⁴⁵ Nagra News – *Actualités sur la gestion des déchets nucléaires*, mai 2004, p. 3.

⁴⁶ Résumé d'après www.gnw.ch.

thèse confirmée par les experts en sécurité de la Confédération et d'autres spécialistes indépendants, qui demandèrent le creusement d'une galerie de sondage afin de vérifier les propriétés de la roche. Invités par deux fois (en 1995 et en 2002) à voter sur cette requête, les citoyens de Nidwald s'y sont à chaque fois opposés. Le promoteur du projet, la Coopérative pour la gestion des déchets nucléaires au Wellenberg (*Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg, GNW*), a restitué le site après s'en être retirée et avoir démantelé les installations existantes.

6.2. Le Laboratoire de Gestion des Déchets (LES) de l'Institut Paul Scherrer

Dans un article de la revue *ENET-News*, n° 53, de décembre 2002, Hadermann *et al.* ont présenté les activités de recherche de l'Institut Paul Scherrer (PSI) comme suit :

Rôle de la recherche en matière de stockage définitif

(...) La recherche a révélé que le stockage définitif est tout à fait réalisable. Elle a mis au point des concepts technologiques sûrs, à adapter et à optimiser en fonction des données géologiques propres à chaque site. Indépendamment des décisions politiques quant au choix des sites, ces travaux de recherche apportent un soutien nécessaire et essentiel à l'étude, à la construction et à l'exploitation des dépôts profonds. (...)

Collaboration de spécialistes

Le Laboratoire de Gestion des Déchets (LES), qui fait partie du Département de recherche en Énergie et Sécurité Nucléaires (NES) de l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen, réalise de tels projets de recherche aux fins d'évaluation du stockage sûr des déchets radioactifs. Leur objectif est de mieux comprendre les mécanismes et les processus essentiels et de les décrire quantitativement. La recherche réalisée au PSI est surtout de caractère générique ; elle conduit à des résultats qui, dans une large mesure, sont indépendants des sites et doivent être appliqués en connaissance de cause à chaque cas particulier. En Suisse, ces travaux sont formulés et réalisés en collaboration avec la Nagra. Certains d'entre eux sont intégrés à des projets européens. Le PSI est le seul institut suisse à pouvoir faire des analyses chimiques en rapport avec les déchets radioactifs, car, particulièrement pour les actinides, c'est seulement ici qu'il est possible de travailler avec les quantités nécessaires. L'infrastructure disponible, grâce aux installations SLS et SINQ, ainsi qu'aux laboratoires "de type A", est idéale pour les expériences. Le PSI échange régulièrement ses connaissances et expériences avec les chercheurs travaillant dans ce domaine à l'étranger et avec les organismes chargés de la gestion des déchets. Le LES s'intéresse principalement à la chimie des dépôts profonds et à la mobilité des radionucléides contenus dans les déchets. Il étudie leurs interactions avec les composants du dépôt définitif et les matériaux géologiques, ainsi que les mécanismes de rétention correspondants. Dans ces domaines, le LES a développé une compréhension des processus, a préparé des données de base et a mis au point des modèles de simulation. (...)

Vérifications expérimentales en laboratoire souterrain

Les modèles développés sont testés, dans des conditions proches de la réalité, au sein de laboratoires creusés dans la roche. Dans le laboratoire du Grimsel (roche cristalline), par exemple, on analyse le comportement de base des colloïdes pouvant conduire à une migration de radionucléides, donc à une réduction du pouvoir de rétention de la roche. Dans le laboratoire du Mont Terri (Jura, « Argile à Opalinus »), un essai de migration est effectué avec la participation du LES. Et dans les laboratoires du LES, la mobilité des radionucléides est déterminée à titre complémentaire à l'aide de carottes de forage. À cet effet, une cellule d'étude de la diffusion, de conception nouvelle, a été construite dans laquelle la pression peut être modifiée de manière à simuler différentes profondeurs.

Priorité donnée à l'« Argile à Opalinus » et aux barrières artificielles

Le passage des conditions du laboratoire à celles de la réalité des profondeurs terrestres est nettement plus simple avec l'« Argile à Opalinus » et avec des barrières artificielles (matériau de remplissage, ciment) qu'avec un matériau inhomogène comme la roche cristalline ; c'est un avantage certain pour l'étude d'un dépôt définitif. La fiabilité de son comportement dépend en premier lieu de la mobilité des radionucléides. C'est pourquoi les travaux de recherche seront consacrés à la compréhension des mécanismes et des facteurs géométriques qui influencent le comportement des barrières, qu'elles soient artificielles ou géologiques. Les longues durées qui caractérisent les questions relevant de la gestion des déchets rendent nécessaires non seulement des recherches et des développements orientés sur le long terme, mais également la formation correspondante de spécialistes dans ce domaine pluridisciplinaire fort complexe. L'une des tâches principales du Laboratoire de Gestion des déchets (LES) est donc la création de compétence.

Dans un rapport récent, le lecteur intéressé trouvera une présentation des activités du LES à la lumière de son audit périodique (PSI/LES 2004).

Planification générale

Le LES va poursuivre les analyses relatives aux « Argiles à Opalinus » dans ses laboratoires et dans le Laboratoire souterrain du Mont Terri, en se concentrant notamment sur la géochimie des éléments concernés et sur les processus de diffusion dans les couches denses d'argile. Les valeurs de la solubilité et des caractéristiques de sorption déterminées récemment diffèrent parfois de plusieurs ordres de grandeur, en plus ou en moins, de celles admises jusqu'ici. Pour confirmer ces valeurs, des travaux de recherche complémentaires sont nécessaires. Les travaux engagés dans le cadre du projet *MicroXAS-Beamline* doivent être poursuivis. Dans le cadre du 6^e PCRDT de l'UE, le LES participera aux projets menés sur le thème « Physique et chimie des actinides dans les solutions et les solides (ACTINET-6) » (Réseau d'excellence) et « Modèles des principaux processus dans le voisinage du dépôt (NF-PRO) » (Projet intégré).⁴⁷

6.3. Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN)

Tâches de la DSN

Dans le domaine de la gestion des déchets, la DSN a deux missions qui conditionnent la recherche. D'une part, elle établit les exigences à respecter. D'autre part, elle vérifie de façon indépendante que les preuves apportées par les exploitants satisfont réellement à ces exigences. Dans ce contexte, il est primordial qu'elle ait une vue d'ensemble de l'état des sciences et techniques au niveau international.

Plan d'action
« *Regulatorische
Sicherheitsforschung* »

Dans son projet de plan d'action « *Regulatorische Sicherheitsforschung* » (Recherche réglementaire en sécurité nucléaire, du 12 mai 2004, non publié), la DSN décrit comme suit le fonctionnement de la recherche réglementaire en sécurité nucléaire : « La DSN attribue et coordonne les mandats de recherche dans le but de déterminer, d'élargir et de rendre disponible pour les missions de surveillance l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques. »⁴⁸ La recherche réglementaire en sécurité nucléaire constitue « une base essentielle attestant les connaissances spécifiques de la DSN. La recherche qu'elle mène pour ses propres besoins (*Ressortforschung*) lui permet de garantir et de renforcer la qualité de ses activités de surveillance et d'expertise. » Au chapitre « Conclusions et priorités » (p. 32 et suivantes) sont abordés les thèmes suivants qui concernent la recherche en gestion des déchets radioactifs :

- Thèmes prioritaires⁴⁹ : méthodologie des analyses de sécurité en rapport avec l'établissement du justificatif de la sécurité des dépôts définitifs
- Thèmes utiles à plus long terme⁵⁰ : comportement à long terme des barrières géologiques et techniques proches du dépôt.

⁴⁷ Paragraphe entier d'après le LES. Voir *Laboratory for Waste Management* (2003).

⁴⁸ DSN (2004) : 3.

⁴⁹ Thèmes prioritaires : thèmes de recherche ayant une pertinence élevée pour les activités de surveillance et pour lesquels existe déjà un large éventail de compétences à confirmer, étoffer ou actualiser (p. 33).

⁵⁰ Thèmes utiles à plus long terme : thèmes de recherche dont la pertinence pour les activités de surveillance peut augmenter à l'avenir ou thèmes pour lesquels des mesures de soutien ciblées s'imposent pour contrer la menace croissante d'une disparition des compétences nationales (p. 33).

Ces thèmes sont développés et commentés au chapitre « Domaine thématique de la gestion des déchets radioactifs et de la désaffectation des centrales » (p. 25 et suivantes). Sont également abordés la question de la déconstruction des centrales, ainsi que des aspects non techniques (ci-dessous, traduction d'un extrait du projet de plan d'action) :

Analyses de sécurité en rapport avec l'établissement du justificatif de la sécurité des dépôts définitifs

Poursuite de la mise au point de méthodes pour les analyses de sécurité et de scénarios, élaboration d'indicateurs et de critères de sécurité complémentaires pour la gestion des déchets radioactifs. Évaluation des barrières techniques du dépôt définitif du point de vue de la science des matériaux (capacité de rétention des radionucléides qu'elles enserrent).

Méthodologie des analyses de sécurité en rapport avec le justificatif de la sécurité des dépôts définitifs

Évaluation des compétences techniques : la Suisse dispose, dans ce domaine, des spécialistes nécessaires. L'Autorité de surveillance doit être en mesure d'inclure dans ses analyses le détail des développements les plus récents en la matière et de vérifier les analyses de sécurité de manière indépendante. Elle doit disposer pour cela des ressources nécessaires. La recherche internationale lui fournit une partie des réponses dont elle a besoin.

Partenaires : Nagra, exploitants de centrales, Hautes Écoles suisses, recherche internationale, UE, AIEA, AEN de l'OCDE.

Comportement à long terme des barrières géologiques

Détermination de l'état actuel et de leur comportement à long terme, suite à la création du dépôt, en tenant compte des processus biologiques, chimiques et physiques.

Mécanique des roches et sécurité des dépôts géologiques en profondeur

Évaluation des compétences techniques : la Suisse dispose, dans ce domaine, des spécialistes nécessaires, sauf toutefois en ce qui concerne une partie des processus biologiques. Les détails de la question sont propres à chaque région, du moins partiellement, si bien qu'on ne peut pas ici appliquer sans autre les résultats de la recherche internationale.

Partenaires : Nagra, laboratoires suisses de recherche, Hautes Écoles suisses, bureaux d'ingénieurs, recherche et laboratoires étrangers.

Comportement à long terme des barrières techniques proches

Ce domaine comporte l'analyse et l'évaluation des processus physiques et chimiques lents dans un dépôt en profondeur (resaturation, propagation de la chaleur, corrosion, diffusion, sorption, etc.).

Évaluation des compétences techniques : la Suisse dispose, dans ce domaine, des spécialistes nécessaires, mais la recherche ne couvre pas tous les aspects concernés. La DSN, en tant qu'Autorité de surveillance, doit améliorer ses propres compétences en la matière, de manière à pouvoir suivre dans le détail l'évolution de la recherche et des analyses et comprendre leurs résultats. La recherche internationale peut être utile dans ce domaine.

Partenaires : Nagra, laboratoires suisses de recherche, Hautes Écoles suisses, bureaux d'ingénieurs, recherche et laboratoires étrangers.

Concrétisation du modèle de dépôt géologique en profondeur

Identification des questions techniques posées par l'application de la législation (ordonnance) relative aux dépôts géologiques définitifs, notamment la conception du dépôt pilote, les processus nécessitant un suivi et les instruments de mesure correspondants.

Évaluation des compétences techniques : la Suisse dispose, dans ce domaine, des spécialistes nécessaires, mais seulement dans les organismes s'occupant des projets. L'Autorité de surveillance doit continuer à améliorer ses propres compétences en la matière, de manière à être en mesure de formuler ses directives et de vérifier de manière indépendante le travail des concepteurs.

Partenaires : Nagra, Hautes Écoles suisses, bureaux d'ingénieurs.

Question en rapport avec la déconstruction

Déconstruction d'équipements mécaniques et d'ouvrages après leur désaffectation

Évaluation des compétences techniques : la Suisse dispose, dans ce domaine, des spécialistes nécessaires, mais l'Autorité de surveillance doit continuer à améliorer ses propres compétences en la matière, notamment par le biais des expériences faites à l'étranger.

Partenaires : exploitants de centrales, Hautes Écoles suisses, bureaux d'ingénieurs, partenaires de la recherche internationale.

Thèmes de caractère non technique

Ce domaine comprend des questions de nature éthique, sociale, politique, économique, organisationnelle et institutionnelle. Les déchets radioactifs revêtent, à long terme, une dimension tant institutionnelle que technique : les dépôts définitifs sont des projets à long terme qui ne peuvent pas être traités de manière exhaustive par une seule génération et qui exigent donc une planification institutionnelle.

Des recherches sont nécessaires dans ce domaine, bien qu'elles ne soient pas directement du ressort de la DSN, l'Autorité de surveillance.

Identification des questions de caractère non technique en rapport avec les dépôts géologiques en profondeur.

Dynamique des questions de la société sur l'échelle des valeurs.

Analyse systématique du concept de « durabilité » dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs.

Planification institutionnelle, succession des opérations prévues, garantie de la continuité.

Évaluation des compétences techniques: la Suisse dispose, dans ce domaine, de quelques spécialistes.

Partenaires : ces thèmes de recherche ne sont pas du ressort de la DSN, en tant qu'Autorité de surveillance. Les partenaires possibles pourraient être l'OFEN, l'OFEFP, la CORE, la Nagra ainsi que des Hautes Écoles suisses.

6.4. Autres organismes actifs dans la recherche sur le stockage définitif

Géologie, sismologie

Dans les Universités de Berne, Bâle, Neuchâtel et surtout à l'EPFZ, des travaux de recherche en géologie intéressant aussi la gestion des déchets radioactifs sont en cours. Ils sont en partie financés par la Nagra. L'organe compétent en matière d'observation et d'étude des tremblements de terre en Suisse est le Service sismologique suisse de l'Institut de géophysique de l'EPFZ, qui est associé par ailleurs à la recherche de sites appropriés pour le stockage géologique en profondeur des déchets radioactifs.⁵¹

Radiochimie

La seule chaire de radiochimie qui existe encore en Suisse se trouve à l'Université de Berne ; elle est financée par l'Institut Paul Scherrer (Domaine des EPF).⁵²

Sciences sociales,
histoire

Dans le domaine des sciences sociales, c'est à l'EPFZ que se concentre la majeure partie des travaux de recherche (Chaire des Sciences de l'environnement naturel et social, COWAM 2 dans le cadre du 6^e PCRDT de l'UE). À l'Institut d'Histoire des techniques de l'EPFZ, deux thèses ont été élaborées dans le cadre d'un projet de recherche de trois ans intitulé « *Nuclear Energy and Society* », tandis qu'étaient créées les Archives de l'histoire de l'énergie nucléaire en Suisse (*Archiv zu Geschichte der Kernenergie in der Schweiz*, ARK).⁵³

D'autres travaux de recherche dans le domaine des sciences sociales ont été engagés par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), par exemple, des études sur les conséquences socio-économiques des dépôts définitifs et la présente étude.

6.5. Projets EURATOM avec participation de la Suisse

Aperçu des projets suisses
faisant partie du PCRDT
d'EURATOM

Sur le site <http://www.sbf.admin.ch/hm/services/services-f.html> sont publiés tous les projets auxquels la Suisse participe ou a participé dans le PCRDT d'EURATOM (dont ci-dessous ceux du 5^e PCRDT, classés d'après les organismes responsables des projets de recherche). Les projets revêtant une importance particulière pour la gestion des déchets radioactifs sont signalés par leur acronymes marqués en gras, avec n° SER des projets/contrats en Suisse.

⁵¹ Cf. <http://www.bebende.ch/forschung.shtml> et www.seismo.ethz.ch.

⁵² Université de Berne (15.08.2002) : *Bericht der Universitätsleitung zur Aufgabenüberprüfung der Universität im Zusammenhang mit dem Prozess SAR*, p. 10.

⁵³ Meridian, *Newsletter* n° 14, printemps 2004, p. 26-28 et NZZ 08.05.2003, p. 16.

Titre du projet	Institution responsable	Chef de projet	N° SER	N° Commission eur.
HE: Heater experiment - rock and bentonite thermo-hydromechanical (THM) processes in the near field	NAGRA	Issler Hans	01.0072-2	'FIKW-CT-2001-00132
SFS: Spent fuel stability under repository conditions	NAGRA	Issler Hans	01.0076	'FIKW-CT-2001-00192
GASNET: A thematic network on gas issues in safety assessment of deep repositories for nuclear waste	NAGRA	Issler Hans	01.0077	'FIKW-CT-2001-20165
RETROCK: Treatment of geosphere retention phenomena in safety assessments	NAGRA	Issler Hans	01.0078-1	'FIKW-CT-2001-20201
VE: Ventilation experiment at Mont Terri	NAGRA	Issler Hans	01.0079-1	'FIKW-CT-2001-00126
TN on Monitoring: A thematic network on the role of monitoring in a phased approach to disposal	NAGRA	Issler Hans	01.0080	'FIKW-CT-2001-20130
COMPAS: Comparison of waste management strategies for long-lived radioactive wastes	NAGRA	Issler Hans	01.0081	'FIKW-CT-2001-20143
GLASTAB: Long-term behavior of glass - improving the glass source term and substantiating the basic hypothesesC	NAGRA	Zuidema Piet	99.0743-2	'FIKS-CT-2000-00007
FEBEX II: Full-scale engineered barriers experiment in crystalline host rock phase II	NAGRA	Zuidema Piet	99.0749-1	'FIKW-CT-2000-00016
ECOCCLAY II: Effects of cement on clay barrier performance - phase II	NAGRA	Zuidema Piet	99.0751-1	'FIKW-CT-2000-00028
CROP: Cluster repository project - a basis for evaluating and developing concepts of final repositories for high level radioactive waste	NAGRA	Zuidema Piet	99.0772	'FIR1-CT-2000-20023
MODEX-REP: Elaboration of hydromechanical coupled models by interpretation of the disturbances observed during the sinking of the main shaft of an underground laboratory in Eastern France	NAGRA	Zuidema Piet	99.0773	'FIKW-CT-2000-00029
SPIN: Testing of safety and performance indicators	NAGRA	Zuidema Piet	99.0775-1	'FIKW-CT-2000-00081
BENIPA: Bentonite barriers in integrated performance assessment	NAGRA	Zuidema Piet	99.0778	'FIKW-CT-2000-00015
EB: Engineered barrier emplacement experiment in opalinus clay	NAGRA	Zuidema Piet	99.0779	'FIKW-CT-2000-00017
SELFRAC: Fractures and self-healing within the excavation disturbed zone in clays	NAGRA	Issler Hans	01.0075-1	'FIKW-CT-2001-00182
NET.EXCEL: Network of excellence in nuclear waste management	NAGRA	Zuidema Piet	02.0085	'FIR1-CT-2002-20212
EUROFASTNET	Institut Paul Scherrer PSI	Aksan Nusret S.	00.0019	'FIKS-CT-2000-20100
CERTA: European network for the consolidation of the integral system experimental data bases for reactor thermal - hydraulic safety analysis	Institut Paul Scherrer PSI	Aksan Nusret S.	00.0330	'FIR1-CT-2000-20052
HPLWR: High performance light water reactor	Institut Paul Scherrer PSI	Aksan Nusret S.	99.0745	'FIKI-CT-2000-00033
ECORA: Evaluation of Computational Fluid Dynamic Methods for Reactor Safety analysis (submitted as ASCOR)	Institut Paul Scherrer PSI	Andreani Michele	01.0169	'FIKS-CT-2001-00051
FEBEX II: Full-scale engineered barriers experiment in crystalline host rock phase II	Institut Paul Scherrer PSI	Baeyens Bart	99.0749-2	'FIKW-CT-2000-00016
ACTAF: Aquatic chemistry and thermodynamics of actinides and fission products relevant to nuclear waste disposal	Institut Paul Scherrer PSI	Bradbury Michael	99.0744	'FIKW-CT-2000-00035
LOW RISK MODELS: Improved cancer risk quantification for environmental, medical and occupational exposures to low doses of ionising radiation by mechanistic model	Institut Paul Scherrer PSI	Chawla Rakesh	00.0044	'FIGH-CT-1999-00005
JSRI: Joint safety research index	Institut Paul Scherrer PSI	Coddington Paul	00.0345	'FIKS-CT-2000-20089

Titre du projet	Institution responsable	Chef de projet	N° SER	N° Commission eur.
PDS-XADS: Preliminary design studies of an experimental accelerator-driven system (ADS)	Institut Paul Scherrer PSI	Coddington Paul	01.0031	'FIKW-CT-2001-00179
GLASTAB : Long-term behavior of glass, improving the glass source term and substantiating the basic hypotheses	Institut Paul Scherrer PSI	Curti Enzo	99.0743-1	'FIKW-CT-2000-00007
ASTAR: Advanced three-dimensional two-phase flow simulation tool for application to reactor safety	Institut Paul Scherrer PSI	De Cachard François	99.0796	'FIKS-CT-2000-00050
TECLA: Technologies, materials and thermal-hydraulics for lead alloys	Institut Paul Scherrer PSI	Groeschel Friedrich	00.0057	'FIKW-CT-2000-00092
SPIRE: Irradiation effects in martensitic steels under neutron and proton mixed spectrum	Institut Paul Scherrer PSI	Groeschel Friedrich	00.0217	'FIKW-CT-2000-00058
EURSAFE: European expert network for the reduction of uncertainties in severe accident safety issues	Institut Paul Scherrer PSI	Güntay Salih	01.0228	'FIKS-CT-2001-20147
THENPHEBISP: Thematic network for a phebust FPT-1 thematic network	Institut Paul Scherrer PSI	Güntay Salih	01.0361	'FIKS-CT-2001-20151
PHEBEN2: Benchmarking release, circuit and containment codes against phebust FP-2	Institut Paul Scherrer PSI	Güntay Salih	99.0416	'FIKS-CT-1999-00009
MICROMOX: The influence of microstructure of MOX fuel on its irradiation behaviour under transient conditions	Institut Paul Scherrer PSI	Hellwig Christian	00.0040	'FIKS-CT-2000-00030
TEMPEST: Testing and enhanced modelling of passive evolutionary systems technology for containment cooling	Institut Paul Scherrer PSI	Huggenberger Max	00.0477	'FIKS-CT-2000-00095
NACUSP : Natural circulation and stability performance of BWRs	Institut Paul Scherrer PSI	Huggenberger Max	99.0746-1	'FIKS-CT-2000-00041
CONFIRM: Uranium free fuels for accelerator driven systems (ADS) - collaboration on oxide and nitride fuel irradiation and modelling	Institut Paul Scherrer PSI	Ingold Franz	00.0039	'FIKW-CT-2000-00096
RETROCK : Treatment of geosphere retention phenomena in safety assessments	Institut Paul Scherrer PSI	Jakob Andreas	01.0078-2	'FIKW-CT-2001-20201
INTERWELD: Irradiation effects on the evolution of the microstructure, mechanical properties, and residual stresses in the heat affected zone of stainless steel welds	Institut Paul Scherrer PSI	Kröger Wolfgang	00.0120	'FIKS-CT-2000-00103
COLOSS: Core loss during a severe accident	Institut Paul Scherrer PSI	Kröger Wolfgang	99.0418	'FIKS-CT-1999-00002
SGTR: Steam generator tube rupture scenarios	Institut Paul Scherrer PSI	Kröger Wolfgang	99.0421	'FIKS-CT-1999-00007
ICHEMM: Iodine chemistry and mitigation methods	Institut Paul Scherrer PSI	Kröger Wolfgang	99.0423	'FIKS-CT-1999-00008
GRETE: Evaluation of non destructive testing techniques for monitoring of material degradation	Institut Paul Scherrer PSI	Niffenegger Markus	00.0123	'FIS5-CT-1999-00280
CASTOC: Crack growth behaviour of low alloy steel for pressure boundary components under transient light water reactor (LWR) operating conditions	Institut Paul Scherrer PSI	Seifert Hans-Peter	99.0715	'FIKS-CT-2000-00048
MEGAPIE-TEST: Megawatt pilot experiment	Institut Paul Scherrer PSI	Steiner Erich	01.0298	'FIKW-CT-2001-00159
ECOCALY II : Effects of cement on clay barrier performance - phase II	Institut Paul Scherrer PSI	Tits Jan	99.0751-2	'FIKW-CT-2000-00028
HINDAS: High and intermediate energy nuclear data for accelerator driven systems (ADS)	Institut Paul Scherrer PSI	Weinreich Regin	00.0042-2	'FIKW-CT-2000-00031
EVIDOS: Evaluation of individual dosimetry in mixed neutron and photon radiation fields	Institut Paul Scherrer PSI	Boschung Markus	01.0024	'FIKR-CT-2001-00175
FLOMIX-R: Fluid mixing and flow distribution in the reactor circuit	Institut Paul Scherrer PSI	Andreani Michele	01.0168	'FIKS-CT-2001-00197
ASCHLIM: Assessment of computational fluid dynamics codes for heavy liquid metals	Institut Paul Scherrer PSI	Dury Trevor V.	01.0137	'FIKW-CT-2001-80121

Titre du projet	Institution responsable	Chef de projet	N° SER	N° Commission eur.
MICANET: Michelangelo network, competitiveness and sustainability of nuclear energy in the EU	Institut Paul Scherrer PSI	Foskolos Konstantin	01.0030	'FIKI-CT-2001-20180
ACTINET : Establishment of a network of excellence in actinide science	Institut Paul Scherrer PSI	Hadermann J.	02.0071	'FIR1-CT-2002-20211
HTR-N1: High temperature reactor, nuclear, physics, waste and fuel cycle studies	Institut Paul Scherrer PSI	Seiler Rudolf	01.0406	'FIKI-CT-2001-00169
ADOPT : Thematic Network on advanced options for partitioning and transmutation (P&T)	Institut Paul Scherrer PSI	Steiner Erich	01.0249	'FIKW-CT-2001-20178
HE : Heater experiment - rock and bentonite thermo-hydronechanical (THM) processes in the near field	EPFZ	Hermanns Stengele Rita	01.0072-1	'FIKW-CT-2001-00132
HINDAS: High and intermediate energy nuclear data for accelerator driven system (ADS)	EPFZ	Pauss Felicitas	00.0042-1	'FIKW-CT-2000-00031
NACUSP : Natural circulation and stability performance of BWRs	EPFZ	Yadigaroglu George	99.0746-2	'FIKS-CT-2000-00041
ENEN: European nuclear engineering network	EPFZ	Yadigaroglu George	02.0301	'FIR1-CT-2001-80127
SPI: Evaluation of alternative approaches for assessment of safety performance indicators for nuclear power plants	DSN	Schmocker Ulrich	01.0032-1	'FIKS-CT-2001-20145
ERRICCA 2: European Research into radon in construction	Office fédéral de la santé publique OFSP	Piller Georges	00.0644	'FIR1-CT-2001-20142
EAN: European ALARA Network	Office fédéral de la santé publique OFSP	Piller Georges	01.0147	'FIR1-CT-2001-20187
HE : Heater experiment - rock and bentonite thermo-hydronechanical (THM) processes in the near field	Colenco Power Eng. SA	Lavanchy Jean-Marc	01.0072-3	'FIKW-CT-2001-00132
VE : Ventilation experiment in opalinus clay	Colenco Power Eng. SA	Lavanchy Jean-Marc	01.0079-3	'FIKW-CT-2001-00126
SPIN : Testing of safety and performance indicators	Colenco Power Eng. SA	Resele Georg	99.0775-2	'FIKW-CT-2000-00081
SPI: Evaluation of alternative approaches for assessment of safety performance indicators for nuclear power plants	ERI Consulting, Khatib, Attenhofer & Co.	Khatib-Rahbar M.	01.0032-2	'FIKR-CT-2001-00139
STREPS: A rapid source term indicator based on plant status for use in emergency response	ERI Consulting, Khatib, Attenhofer & Co.	Khatib-Rahbar M.	01.0403	'FIKR-CT-2001-00139
VE : Ventilation experiment in opalinus clay	Solexperts SA	Thut Arno	01.0079-2	'FIKW-CT-2001-00126
SELFRAC : Fractures and self-healing within the excavation disturbed zone in clays	Solexperts SA	Bühler Christoph	01.0075-3	'FIKW-CT-2001-00182
BIODOS: Biokinetics and Dosimetry of internal Contamination (neu aus INRAD und TIMID)	Université de Berne	Frenz Martin	99.0710	'FIGD-CT-2000-00053
ECOCLAY II : Effects of cement on clay barrier performance - phase II	Université de Berne	Peters Tjerk	99.0751-3	'FIKW-CT-2000-00028
COWAM : Comparison of decision making processes at the local and regional community level in nuclear waste facility siting		Prêtre Serge	00.0484	'FIKW-CT-2000-20072
CT-TIP: Computed tomography - techniques, image quality and patient dose	Hôpital cantonal de Bâle	Bongartz Georg	00.0320	'FIGM-CT-2000-20078
SPI: Evaluation of alternative approaches for assessment of safety performance indicators for nuclear power plants	Centrale nucléaire de Beznau des Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) SA	Habermacher Hans-peter	01.0032-3	'FIKS-CT-2001-20145
UPC X-IM: Unification of physical and clinical requirements for medical X-ray imaging and its relevance to European industrial and socio-economic development	Service des Hospices Cantonaux	Verdun Francis R.	99.0739	'FIGM-CT-2000-00036
HE : heater experiment: rock and bentonite thermo-hydro-mechanical (THM) processes in the near field	Rothpletz, Lienhard + Cie SA	Ammon Christian	01.0072-4	'FIKW-CT-2001-00132

Titre du projet	Institution responsable	Chef de projet	N° SER	N° Commission eur.
SELFAC : Fractures and self-healing within the excavation disturbed zone in clays	EPFL	Labieuse Vincent	01.0075-2	'FIKW-CT-2001-00182
LISSAC: Limit strains for severe accident conditions	LFEM/EMPA	Kieselbach Rolf	99.0498-2	'FIKS-CT-1999-00012
PARSOAR: Hydrogen hazard, passive autocatalytic recombiners state-of-the-art	Electrowatt Eng. SA	Ferroni Ferruccio	99.0685	'FIKS-CT-1999-20002

Tableau 7 Recherche EURATOM, 5^e PCRDT, projets avec participation suisse

Dans le cadre du 6^e PCRDT, des institutions suisses participent à cinq des sept projets en cours actuellement dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs (consultables à l'adresse :

http://dbs.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=PROJ_EURATOM_FP6&QM_EP_PGA_D=FP6-EURATOM-RADWASTE). On recense jusqu'ici (état au mois de juillet 2004) les participations suisses suivantes :

Titre du projet	Institution	N° Commission eur.
Understanding and physical and numerical modelling of the key PROCESSES IN THE NEAR-FIELD and their coupling for different host rocks and repository strategies (NF-PRO)	PSI	FI6W-CT-2003-002389
COmmunity WAste Management 2 : Improving the Governance of Nuclear Waste Management and Disposal in Europe (COWAM 2)	EPFZ	FI6W-CT-2003-508856
Network for Actinide Sciences (ACTINET-6)	PSI	FI6W-CT-2004-508836
Support Action: Pilot Initiative for European Regional Repositories (SAPIERR)	ARIUS	FI6W-CT-2003-509071
Engineering Studies and Demonstrations of Repository Designs (ESDRED)	NAGRA	FI6W-CT-2004-508851

Tableau 8 Recherche EURATOM, 6^e PCRDT, domaine de la gestion des déchets radioactifs, projets avec participation suisse

7. Évaluation de la stratégie de recherche

La présente évaluation s'appuie sur les éléments présentés aux chapitres précédents et sur les résultats des entretiens avec les experts.

7.1. Unanimité sur le plan international concernant le modèle de dépôt

Le modèle de stockage en formations géologiques profondes est, en l'état actuel des connaissances, la meilleure option pour la gestion des déchets radioactifs.

Stockage en profondeur : plusieurs décennies d'expérience, des avantages évidents

En 1957 déjà, le modèle du stockage géologique en profondeur avait fait l'objet d'une recommandation par la *National Academy of Science* (États-Unis).⁵⁴ En Suisse, la loi sur l'énergie nucléaire (LENu) en pose les fondements légaux, tout en précisant certaines particularités helvétiques : à côté du « dépôt principal », des zones expérimentales sont prévues, dans lesquelles on cherchera à mieux connaître les caractéristiques de la roche d'accueil afin d'étayer le justificatif de la sécurité (art. 65 de l'OENu). On prévoit également des dépôts pilotes permettant d'étudier le comportement des déchets, du matériau de remplissage et de la roche d'accueil jusqu'à la fin de la phase d'observation (art. 66 de l'OENu). Dans l'UE, la Commission européenne a souhaité entériner ce modèle via une directive, contraignante pour tous les États membres, sur la gestion des déchets radioactifs ; cette directive s'est cependant heurtée à l'opposition du Conseil des ministres au printemps 2004 (cf. chap. 3.3). Le stockage géologique en profondeur est un concept dans lequel la science totalise plusieurs décennies d'expérience. Depuis 25 ans environ – une longue période pour la science de la gestion des déchets radioactifs – il existe un consensus général sur le fait que le stockage géologique en profondeur est la meilleure solution qui soit, et il ne faut pas s'attendre à un revirement d'opinion dans les prochaines décennies.⁵⁵

(Aucune) alternative au modèle du stockage en profondeur

Bien que le stockage géologique en profondeur soit considéré à l'unanimité comme le procédé le plus sûr, trois stratégies de gestion des déchets radioactifs font en France, conformément à la loi du 30.12.1991 sur la gestion des déchets, l'objet d'études approfondies jusqu'en 2005 (stockage géologique en profondeur, stockage contrôlé en surface, séparation et transmutation, P&T). Néanmoins, de l'avis unanime des experts interrogés, il n'existe pas aujourd'hui d'alternative au stockage en profondeur. Par rapport au stockage géologique en profondeur, le stockage en surface des déchets radioactifs pendant une durée illimitée porte l'évidence de risques plus importants et d'un fardeau plus lourd pour les générations futures. Les processus de séparation et de transmutation (P&T) ne constituent pas une alternative, mais un simple complément.⁵⁶ Cependant, la recherche en matière de P&T n'a de sens que dans le cadre d'une utilisation à long terme de l'énergie nucléai-

⁵⁴ Papay (2003).

⁵⁵ Entretien avec W. Wildi, 30.03.2004.

⁵⁶ Cf. exposé de Ralph G. Bennett sur le thème "*Alternatives to Direct Spent Nuclear Fuel Disposal : Advanced Nuclear Fuel Cycles*" à l'occasion du *National Meeting 2003* de la *National Academy of Engineering* (consultable à l'adresse www.nae.edu).

re.⁵⁷ Les autres possibilités de gestion des déchets radioactifs (stockage dans les centrales nucléaires, « expédition » dans l'espace cosmique, stockage au centre de la Terre, sous la calotte glaciaire, etc.) sont considérées comme irréalistes.⁵⁸ Le tableau suivant, qui répertorie les différents modèles, est tiré du rapport du Groupe d'experts sur les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA 2000) :

Modèles de gestion des déchets radioactifs	Type, matériau	Remarques	Auteur, année	Source, référence bibliographique
DHR : fixation dans l'argile	Montmorillonite essentiellement		Ginell et al., 1954	Nucleonics 12/12
DHR : vitrification et céramique		Vitrification proposée depuis 1951	Rodger, 1954	Nucl. Engineering 50/5
DHR et DFMR : stockage en couches géologiques proches de la surface	Dépotoir ou enfouissement dans le sol (<i>dump</i> ou <i>land-burial</i>)	Dans le cadre du modèle de cycle du combustible nucléaire	Goodman, 1949	Nucleonics 4/2
DFMR (et DHR) : dilution	Ventilation des gaz et évacuation des liquides		Beers, 1949 Scott, 1950	Nucleonics 4/4 Nucleonics 6/1
DHR et DFMR : compactage	Dans des trous de forage ou des puits		Struxness et al., 1955	AIEA, Genève, P/554
DFMR liquides : infiltration	Au moyen de bassins d'infiltration		Morton, 1952	NSA 6, 1212
Stockage géologique en profondeur	Sédiments (argile, sel), puis roches cristallines, tuf, etc.	Développement progressif des modèles	Theis, 1955 Warde et al., 1955	AIEA, Genève, P/564 J. of Metals, oct. 55
DFMR : immersion dans l'océan	<i>dumping</i>	À partir de 1972, régi par la Convention de Londres, moratoire depuis 1985. Doit être interdit dans le cadre cette Convention.	Claus, 1955	AIEA, Genève, P/848
DHR : Subseabed-Disposal	Stockage dans des sédiments marins non consolidés et non remaniés	Depuis 1977, projet poursuivi sous le nom de " <i>sub seabed</i> "	Evans, 1952	NSA 8, 1954: 4929
DHR : stockage définitif en zones de subduction	Stockage sous-marin définitif dans une plaque océanique en subduction	Danger lié au volcanisme	Bostrom et al., 1970	Nature 228
DHR : stockage définitif dans des zones de fracture	Enfouissement dans les fosses océaniques		Bogorov et al., 1958	AIEA, Genève, P/2058
DHR : stockage définitif dans la glace	Dépôt définitif en Antarctique	<i>Meltdown</i> des déchets dégageant de la chaleur (fonte de la glace)	Philbert, 1959	Atomkern-Energie, 4/3
DHR : auto-fusion en sous-sol profond	<i>deep underground melting</i>	DHR liquides dans une cavité produite par l'énergie nucléaire	Cohn et al., 1972	Nuclear Technol., avril 1972
« Expédition » dans l'espace cosmique			Hollocher, 1975	MIT Press
Transmutation			Cecille et al., 1977 Hage W., 1978	AIEA, Vienne, 36/366 EUR-5897

Tableau 9 Modèles de gestion des déchets proposés depuis 1949
Source : EKRA 2000 : 13.

⁵⁷ Entretien avec J. Hadermann, 22.04.2004. Cf. également le rapport de l'AEN sur une réunion (AEN 2003e) présidée par J. Hadermann.

⁵⁸ Une présentation sous forme vulgarisée des variantes et compléments est consultable sur le site du DOE (US Departement of Energy), à l'adresse www.ocrwm.doe.gov.

Stockage en profondeur : un modèle dont le développement n'est pas encore définitif

Les questions soulevées, du type « Les déchets doivent-ils (pendant une période déterminée) être récupérables ? » ou « Le dépôt doit-il rester longtemps ouvert à des fins de surveillance ? » ne remettent pas non plus en cause le consensus fondamental qui existe à propos du stockage géologique en profondeur.⁵⁹ Il va de soi que celui-ci ne constitue une solution idéale que s'il est développé et mis en œuvre de la meilleure façon possible.⁶⁰ Dans le cadre d'une évaluation comparative sur les différentes options de gestion des déchets radioactifs, une étude allemande a débouché sur la conclusion que le stockage géologique direct – c'est-à-dire sans possibilité de récupération et sans surveillance ni contrôle – était le plus approprié sur le plan de la sécurité technique et de l'éthique.⁶¹ Plusieurs pays travaillent actuellement au développement de ce modèle. Il existe aussi à l'heure actuelle un débat autour de la question de savoir si une association entre plusieurs pays aux fins de construction d'un dépôt commun est envisageable.⁶² Dans la plupart des États, cela impliquerait des amendements législatifs, étant donné que l'importation et l'exportation de déchets radioactifs sont interdites ou autorisées uniquement dans des conditions bien précises.

Quelles ressources allouer aux alternatives et aux solutions complémentaires au stockage géologique en profondeur ?

À la lumière du 6^e Programme-cadre de recherche et de développement technologique (6^e PCRDT) de l'UE (cf. chap. 5.5) et du *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération* pour la période en cours (chap. 4.5, voir remarques sur l'OFEN), il est indéniable que des travaux de recherche ciblés sur les alternatives au modèle du stockage géologique en profondeur (sur la séparation et la transmutation (P&T), par exemple) s'imposent. Néanmoins, la question est de savoir quelles ressources il convient de consacrer à ces travaux. Un pays qui, comme la France, s'engage dans des travaux de recherche considérables sur le stockage en surface et sur les procédés de séparation et transmutation (P&T), court le risque de se disperser et de disposer d'un volant financier trop faible pour l'élaboration complète de la meilleure solution qui est celle du stockage en profondeur.⁶³

⁵⁹ Ainsi, M. Sailer (entretien du 05.04.2004) a plaidé contre la possibilité de récupération et pour une fermeture rapide, tandis que W. Wildi (entretien du 30.03.2004) privilégie la solution d'un dépôt définitif avec dépôt pilote et possibilité de récupération. Pour R. Kipfer (entretien du 07.04.2004), l'idée de la récupération est tout à fait justifiée sur le plan politique, mais constitue une régression sur le plan de la sécurité. Pour R. Scholz (entretien du 06.04.2004), le concept de stockage définitif est une erreur : selon lui, seul un stockage intermédiaire dans des dépôts en profondeur adéquats, à durée indéterminée, est un concept sensé, étant donné que les déchets [notamment les ECI] sont, eux aussi, des matières premières dont on aura peut-être besoin un jour.

⁶⁰ Entretien avec J. Hadermann, 22.04.2004.

⁶¹ Gruppe Ökologie (2001) : 6. Cf. également McCombie (2003).

⁶² Cf. www.arius-world.org ainsi que le projet SAPIERR (*Support Action for a Pilot Initiative on Regional Repositories*) dans le 6^e PCRDT de l'UE .

L'association ARIUS (= *Association for Regional and International Underground Storage*) a pour objectif la promotion de modèles pour des solutions nationales et internationales en faveur du stockage définitif et intermédiaire. Membres fondateurs : ONDRAF-NIRAS (Belgique), Kozloduy Nuclear Power Plant (Bulgarie), PURAM (Hongrie), ENEA (Italie), Obayashi Corporation (Japon) et Colenco Power Engineering (Suisse). Et depuis 2004 également : COVRA (Pays-Bas), ARAO (Slovénie) et les autorités lettones de protection contre les radiations. Selon les informations du site www.arius-world.org, l'ONDRAF-NIRAS s'est retiré de l'Association en 2004.

⁶³ Entretien avec M. Sailer le 05.04.2004.

7.2. Le point sur les connaissances scientifiques et techniques en matière de recherche en gestion des déchets sur le plan international

De l'avis des experts interrogés, le niveau des « connaissances scientifiques et techniques sur la gestion des déchets radioactifs » dans le domaine de la recherche internationale est élevé, voire très élevé. Néanmoins, très peu, voire aucun des scientifiques et des autorités responsables dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs n'est en mesure de répondre à la question de savoir si, en l'état, il est possible de se suffire des connaissances acquises.

Niveau très élevé de connaissances = niveau de connaissances suffisant ?

De l'avis des personnes qui travaillent dans la recherche en gestion des déchets radioactifs, le niveau des connaissances scientifiques et techniques au niveau international est très élevé et les lacunes existant encore ont été identifiées. Néanmoins, il convient de souligner que la manière de traiter les inconnues qui subsistent dans le domaine des déchets radioactifs soulève des problèmes particuliers⁶⁴: par exemple, de quelle manière faut-il appliquer le principe de précaution au vu du caractère de long terme des dépôts en projet ?

Les besoins de recherche sont déterminés par la « politique »

Les scientifiques (seuls) ne sont pas en mesure de répondre à la question de savoir si l'homme possède un niveau de connaissances « suffisant » dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs pour pouvoir gérer les déchets de manière « sûre ». C'est davantage le système politico-administratif qui définit quel niveau de risques lié aux lacunes en matière de savoir dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs est acceptable. C'est lui aussi qui fixe du même coup l'importance des moyens à mettre à la disposition de la recherche, et qui établit le calendrier : s'il accorde un délai trop court (reproche formulé à l'encontre du projet de directive sur la gestion des déchets radioactifs de la Commission européenne, qui a échoué entre-temps), cela signifie que les connaissances nécessaires ne pourront être mises à disposition⁶⁵ ou que certaines incertitudes, qui auraient pu être dissipées par des travaux de recherche complémentaires, persisteront. Actuellement, c'est plutôt l'inverse qui se produit : le système politico-administratif préfère en savoir « trop » que « trop peu ». Par ailleurs, la recherche, à la différence du processus de gestion des déchets radioactifs, ne connaît pas de fin : la majorité des travaux de recherche se terminent, comme chacun sait, par un chapitre « Questions non résolues ».

7.3. Orientation et état de la recherche en Suisse

L'état de la recherche en Suisse correspond à celui des sciences et techniques au niveau international. Il arrive même que ce soit notre Pays qui donne le ton.

« Le meilleur au monde »

De l'avis des experts interrogés, le niveau des travaux de recherche suisses en matière de stockage définitif, notamment ceux financés par la Nagra, rivalise avec le niveau international ; il figurerait même le parmi les meilleurs dans le domaine

⁶⁴ Entretien avec J. Vigfusson le 06.04.2004.

⁶⁵ Entretien avec S. Löw le 24.03.2004.

de la recherche sur les roches cristallines et argileuses⁶⁶. Une équipe d'experts internationaux (IRT) de l'AEN a attribué à la Nagra d'excellentes notes pour son rapport sur la sécurité dans le cadre du projet « Argiles à Opalinus ». À son sens,⁶⁷ la Nagra a apporté la « preuve irréfutable » que la roche d'accueil, l'« Argile à Opalinus », était appropriée ; l'analyse de sécurité a montré une « excellente (*solid*) compréhension du comportement du système dans son ensemble ».

Un réseau international d'excellente qualité et un système de *Review* éprouvé, intégrant les connaissances de l'ensemble des pays concernés, permettent de garantir que les travaux de recherche conduits en Suisse sont en accord avec le niveau des connaissances à l'échelon international. La Nagra juge essentiel d'appuyer ses travaux sur les connaissances les plus récentes. Que celles-ci viennent de Suisse ou de l'étranger est secondaire pour elle.⁶⁸

La recherche s'étend déjà actuellement à tous les domaines

Un aperçu de la recherche nationale et internationale a révélé que tous les domaines ayant servi à établir la structure du premier cycle d'entretiens avec les experts sont concernés par la recherche (Tableau 2), dans la mesure où celle-ci s'impose (par exemple, nature des déchets gérés, protection contre toute influence extérieure, phase d'observation, décision de fermeture). Néanmoins, les travaux de recherche sont plus ou moins approfondis suivant les thèmes.

Un véritable engagement est nécessaire

Il faut apporter à la question de la gestion des déchets radioactifs une solution technique parfaitement au point. Cependant, cela ne suffit pas : le sujet exige – et cela va de soi – un véritable engagement des milieux politiques et de l'économie. Les exploitants des centrales espèrent une décision rapide,⁶⁹ ce qui implique, de la part de la Confédération, des décisions claires et intervenant au bon moment.⁷⁰ La Nagra espère que l'instrument constitué par le programme de gestion des déchets radioactifs, ancré dans la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire (art. 32 de la LENu), parviendra à supprimer les incertitudes qui persistent.⁷¹ L'établissement de ce programme de gestion est du ressort des organismes tenus de gérer les déchets radioactifs ; c'est le Conseil fédéral qui doit ensuite l'approuver. Il doit contenir des indications relatives au plan de réalisation des dépôts définitifs en profondeur. Une fois approuvé par le Conseil fédéral, ce plan de réalisation engage aussi bien les organismes tenus de gérer les déchets radioactifs que la Confédération.

7.4. Gestion des connaissances, maintien à leur niveau actuel

La tâche qui consiste à diffuser en temps utile et de manière adéquate les connaissances acquises est une gageure perpétuelle. Le maintien, à leur niveau actuel, des connaissances relatives aux dépôts déjà réalisés représente un défi.

⁶⁶ Entretien avec S. Löw le 24.03.2004.

⁶⁷ AEN (2004) et NZZ du 28.04.2004, p. 13.

⁶⁸ Entretien avec M. Fritschi le 22.04.2004.

⁶⁹ Entretiens avec P. Hufschmied le 14.04.2004 et J. Hadermann le 22.04.2004. Pour M. Fritschi (entretien du 22.04.2004), la solution au problème de la gestion des déchets radioactifs ne doit pas être repoussée inutilement à une date indéterminée si elle peut être trouvée aujourd'hui.

⁷⁰ Entretiens avec M. Fritschi et P. Zuidema le 22.04.2004 et avec J. Hadermann le 22.04.2004.

⁷¹ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 22.04.2004.

Gestion des connaissances jusqu'à la réalisation des dépôts définitifs

La mise à disposition, en temps utile et de manière adéquate, des connaissances relatives à la gestion des déchets radioactifs représente un défi qu'il n'est possible de relever qu'à la condition de disposer d'un système de gestion des connaissances approprié,⁷² notamment compte tenu du fait que le processus d'autorisation est long et passe par plusieurs étapes. À cet effet, la Nagra a mis en place un système particulier,⁷³ fondé sur l'établissement de rapports classés de façon hiérarchique, sur un système de documentation électronique et « physique » (c.-à-d. sur des supports plus traditionnels) et sur des relations régulières avec des experts internes et externes. Pour la Nagra, il n'est pas essentiel (et ce ne serait pas possible non plus) de demander à ses propres spécialistes de couvrir l'ensemble du savoir technique. Il est néanmoins nécessaire que ceux-ci puissent évaluer ces connaissances de manière appropriée et dans leur contexte. Ce savoir-là doit être disponible au sein de la Nagra.

Soutien à la nouvelle génération

Il est capital, compte tenu de la durée du processus de gestion des déchets radioactifs (notamment celui de la surveillance des dépôts), qu'un volume suffisant de connaissances soit disponible. Il convient notamment d'éviter qu'avec le départ à la retraite des chercheurs actifs dans ce domaine, un trop grand nombre de connaissances ne disparaissent (définitivement ?).⁷⁴ « *Know-how cannot be put on ice.* »⁷⁵ L'*ITC-School of Underground Waste Storage and Disposal*, à Meiringen/BE, à laquelle la Nagra apporte un soutien actif, constitue, par exemple, un instrument à cet effet. L'objectif du premier cursus de formation (oct./nov. 2003) était « le maintien du niveau et le transfert du savoir-faire » entre scientifiques, ingénieurs et responsables de projet du monde entier impliqués dans la gestion des déchets radioactifs.⁷⁶

7.5. Orientation de la recherche en gestion des déchets radioactifs

L'orientation de la recherche scientifique et technique en gestion des déchets radioactifs vise un objectif concret (« la gestion sûre des déchets radioactifs », et en Suisse en premier lieu le « stockage géologique en profondeur »). Cela a l'avantage de garantir une utilisation efficace des moyens, mais induit aussi le risque que des travaux de recherche qui ne seraient pas considérés comme concourant directement à la réalisation de cet objectif soient négligés.

La part de la recherche fondamentale est modeste

La recherche en gestion des déchets radioactifs est avant tout l'affaire de la recherche appliquée (cf. p. 10 pour la définition de recherche fondamentale).⁷⁷ La Nagra et les autorités fédérales concernées consacrent la plus grande partie des ressources à la recherche orientée vers la gestion des déchets et n'attribuent qu'un faible pourcentage de celles-ci aux autres études des processus géologiques et des propriétés des roches, qui ne contribuent pas à l'objectif visé. En Suisse, les

⁷² Entretiens avec W. Wildi le 30.03.2004, R. Scholz le 06.04.2004 et M. Sailer le 05.04.2004.

⁷³ Jusqu'à la fin du paragraphe, d'après un entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 22.04.2004.

⁷⁴ Entretien avec R. Scholz le 06.04.2004.

⁷⁵ LES/PSI (2004) : 11.

⁷⁶ Communiqué de presse de la Nagra (22.10.2003) : *Start der "School of Underground Waste Storage and Disposal" in Meiringen (BE)* ; cf. www.itc-school.org.

⁷⁷ Entretiens avec S. Löw le 24.03.2004.

travaux fondamentaux et pertinents pour la gestion des déchets radioactifs sont essentiellement entrepris par le Laboratoire de Gestion des Déchets (LES) du PSI, dans les domaines suivants : éléments de chimie appliquée aux dépôts définitifs, chimie des interfaces solides/liquides et transport de matière dans les phases solides concernées, transposition des résultats obtenus aux analyses de sécurité.⁷⁸ Pour J. Hadermann, chef du LES, la différence entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée est également de nature temporelle :⁷⁹ tandis que la recherche appliquée doit être directement utile, le profit qui peut être tiré de la recherche fondamentale n'apparaît souvent que (beaucoup plus) tardivement.

Objectif : la gestion sûre des déchets radioactifs

Le fait que la recherche fondamentale joue un rôle de second plan dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, par rapport à la recherche appliquée, tient principalement à l'objectif fixé à l'avance pour cette gestion. Aux termes de la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire, la gestion des déchets radioactifs doit se faire de manière à « assurer la protection durable de l'homme et de l'environnement » (art. 30, al. 3 de la LENU). Tous les pays confrontés à la tâche de devoir gérer leurs déchets radioactifs poursuivent des objectifs analogues. Une trentaine d'États (dont la Suisse) ont également ratifié la *Convention internationale sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs*, Convention qui vise à atteindre et à préserver un niveau élevé de sécurité en matière de gestion des déchets radioactifs dans le monde entier. Ce niveau est certes fixé par la loi, mais pas de manière définitive dans son application, puisqu'il doit s'adapter aux connaissances et à l'avancement des sciences et des techniques. Ainsi, la recherche n'est pas terminée dès lors qu'un modèle de gestion des déchets radioactifs a été établi sur la base de l'état actuel des sciences et techniques.

Objectif de la recherche en sciences humaines au sujet de la gestion des déchets radioactifs

L'objectif des sciences humaines dans la recherche en gestion des déchets radioactifs est bien moins clair que celui des sciences naturelles. Sous le titre « *Geisteswissenschaften in der Krise* » (Les sciences humaines en crise), le journal *Die Zeit* a consacré en 2004 plusieurs articles au rôle des sciences humaines. La question de l'utilité des sciences humaines « [se révèle] aussi dépourvue (..) ou pleine de sens que celle relative à l'utilité de l'être humain ».⁸⁰ Cela est notamment lié à l'objet de la recherche : les sciences naturelles étudient le monde du point de vue de la causalité, les sciences humaines de celui de l'interprétation.⁸¹ Les sciences humaines se consacrent « aux questions qui ne s'imposent pas à elles de l'extérieur, mais surgissent au travers de la recherche elle-même ».⁸² Dans ce monde de l'interprétation, il est beaucoup plus difficile que dans les sciences naturelles d'obtenir des « résultats spectaculaires » ou de développer « des connaissances intéressantes du point de vue économique ».⁸³ Cet éclairage permet aussi de comprendre la

⁷⁸ Description des domaines de recherche au LES/PSI (2004).

⁷⁹ Entretien avec J. Hadermann le 22.04.2004.

⁸⁰ D'après Müller Achatz (22.04.2004) : *Selige Apathie – Welchen Nutzen haben Germanistik, Philosophie oder Kunstgeschichte? Die Geschichte einer falsch gestellten Frage*. *Die Zeit* 18/2004.

⁸¹ Seel Martin (22.04.2004) : *Weltverstrickt – Das Verstehen verstehen. Über den Sinn der Geisteswissenschaften*. *Die Zeit* 18/2004.

⁸² Assheuer Thomas (13.05.2004) : *Der Wissensunternehmer*. *Die Zeit* 21/2004.

⁸³ Nassehi Armin (06.05.2004) : *Wasser auf dem Mars, Leben auf der Erde – Warum die Sozialwissenschaften nützlicher sind, als ihre Kritiker ahnen*. *Die Zeit* 20/2004.

définition, souvent défensive, que les sciences humaines donnent d'elles-mêmes : suivi critique des processus de mondialisation et de modernisation, fonction essentielle des mémoires collectives, références à l'éthique, rôle éducatif.⁸⁴ Les contributions de *Die Zeit* permettent de tirer les conclusions suivantes par rapport à la recherche en gestion des déchets radioactifs : si l'on attend des sciences humaines qu'elles apportent des « solutions » en faveur de la « meilleure manière de faire », fondées sur l'éthique, la culture, l'histoire et la société, on risque d'être déçu. Ce n'est pas de cette manière que les chercheurs en sciences humaines peuvent accepter de se mettre au service de la recherche en gestion des déchets radioactifs.

L'objectif doit être régulièrement remis en question

L'orientation, vers un objectif précis, de la recherche scientifique et technique en gestion des déchets radioactifs doit être considérée comme fondamentalement positive : en effet, seul celui qui a un but clair a des chances d'y arriver. Quand on sait ce qu'on veut, on se donne toujours les moyens d'y parvenir. Cet avantage se transforme en inconvénient lorsque l'objectif n'est pas ou n'est plus pertinent. Il faut donc (1°) que les organes dirigeants remettent régulièrement en question l'objectif et (2°) qu'ils prennent en considération le résultat de cette remise en question (« organisations qui continuent d'apprendre »). Dans ce sens, la procédure par étapes, inhérente à la gestion des déchets radioactifs, constitue un instrument essentiel, notamment la procédure d'autorisation. Ce n'est qu'une fois assurés les résultats d'une étape que l'on peut passer à la suivante.⁸⁵

7.6. Les sciences humaines dans la recherche en gestion des déchets

La gestion des déchets est un thème qui intéresse beaucoup le grand public, notamment dans les régions où la construction de dépôts est envisagée. Cet intérêt repose bien davantage sur des préoccupations en rapport avec les sciences humaines⁸⁶ que sur des questions relevant de la science et de la technique.

Preuve de nature scientifique et technique

Pour se voir octroyer une autorisation générale, les organismes tenus de gérer les déchets radioactifs doivent apporter la preuve que la protection de l'homme et de l'environnement est assurée (art. 13, al. 1 let. a de la LENu). Cette preuve exigée par la loi (art. 13, al. 1 let. a – g de la LENu) doit être apportée sur les plans scientifique et technique. Comme expliqué plus haut, cet aspect est largement pris en considération à un haut niveau.

Questions d'ordre socio-économique

Néanmoins, ceci ne suffit pas aux personnes concernées ; elles sont aussi intéressées par d'autres questions de nature totalement différente. Ainsi, le groupe de travail « Opalinus », de Benken ZH, a rassemblé de nombreuses questions sur les conséquences de la gestion des déchets sur l'évolution du prix des terrains, sur l'artisanat et sur la population. Ces questions d'ordre socio-économique sont en rapport si étroit avec le dépôt à construire éventuellement dans le Weinland zurichois que les coûts liés à cette étude « seront facturés à la Nagra selon le principe

⁸⁴ Nassehi Armin (06.05.2004) : *Wasser auf dem Mars, Leben auf der Erde – Warum die Sozialwissenschaften nützlicher sind, als ihre Kritiker ahnen*. Die Zeit 20/2004.

⁸⁵ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 03.12.2003.

⁸⁶ Voir plus haut pour une définition, p. 10.

Autres questions touchant
aux sciences humaines

du pollueur-payeur ». ⁸⁷ Même si la Nagra, de son propre avis, n'est pas en principe l'organe approprié pour la conduite de ce genre d'études, elle est cependant disposée, par intérêt pour une discussion aussi objective que possible, à assumer les coûts découlant de tels projets de recherche. ⁸⁸

En matière de gestion des déchets radioactifs, le domaine de recherche relatif aux sciences humaines est beaucoup moins bien couvert que celui des sciences et des techniques. Une communauté de chercheurs en sciences humaines n'existe encore que sous une forme embryonnaire (par exemple, le groupe de travail FSC de l'AEN). Même si les chercheurs d'orientation scientifique et technique en gestion des déchets radioactifs jugent généralement important de s'intéresser aux sciences humaines, on observe néanmoins (et cela ressort nettement des entretiens avec les experts) certaines réserves à l'encontre des résultats « mous » issus des sciences sociales. On attend très souvent de la recherche en sciences humaines (de manière analogue à la recherche scientifique et technique) qu'elle mette en évidence les raisons d'ordre social, politique, psychologique, etc. qui s'opposent à la réalisation d'un dépôt définitif, et qu'elle montre comment en venir à bout. Or, dans ce domaine, les sciences humaines n'apportent que très peu de réponses, voire aucune (cf. à ce sujet le chapitre précédent).

7.7. Détermination de l'orientation de la recherche

Les producteurs de déchets radioactifs sont responsables de la gestion de ces derniers ; c'est donc à eux que revient en premier lieu l'orientation de la recherche dans ce domaine. Les autres acteurs en la matière jouent un rôle de second plan.

Principe du pollueur-payeur

Aux termes de la LENu, les producteurs de déchets radioactifs sont responsables de la gestion de ces derniers, gestion qui doit répondre aux critères de sécurité (art. 31, al. 1 de la LENu). Les responsables de la gestion des déchets radioactifs jouent aussi actuellement un rôle déterminant dans l'orientation de la recherche. W. Wildi, président de la Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA), estime la part des contenus de recherche dont l'orientation est déterminée par les producteurs de déchets à plus de 80% de l'ensemble des travaux de recherche ; en comparaison, la part des travaux demandés par les autorités de sécurité est modeste. ⁸⁹ Aucun des experts interrogés n'a cependant estimé que la Nagra limitait excessivement ses mandataires dans l'élaboration de leurs projets de recherche. Ainsi, le Laboratoire de Gestion des Déchets du PSI, qui assume depuis plusieurs années des mandats de grande envergure pour la Nagra (plus de 2 MCHF/an au total), en détermine en grande partie lui-même l'orientation. ⁹⁰

⁸⁷ Office fédéral de l'énergie (06.04.2004) : communiqué de presse intitulé „Conséquences socio-économiques des installations d'élimination des déchets“.

⁸⁸ Entretien avec M. Fritschi le 22.04.2004. Dans quelle mesure les coûts des projets de recherche qui ne sont pas liés à la sécurité et à la sûreté de l'homme et de l'environnement peuvent être répercutés sur la Nagra, selon le principe du pollueur-payeur, est une question qui pourrait gagner en importance, si la gestion des déchets radioactifs avançait trop lentement.

⁸⁹ Entretien avec W. Wildi le 30.03.2004.

⁹⁰ Entretien avec J. Hadermann le 22.04.2004.

Alternatives	Néanmoins, d'autres possibilités seraient envisageables selon le principe du pollueur-payeur : l'État déterminerait l'objet des projets de recherche et les producteurs de déchets financeraient ces derniers. La moitié environ des experts qui ont exprimé leur avis sur ce point estiment que la Confédération doit jouer un rôle plus important dans l'orientation de la recherche en gestion des déchets radioactifs.
Rôle de la Confédération	L'engagement de la Confédération dans la recherche en général (par exemple, le Fonds national suisse de la recherche scientifique, FNS) et dans la politique technologique (par exemple, la Commission pour la technologie et l'innovation, CTI) s'est accru entre 1970 et 1998. ⁹¹ Cette évolution n'est perceptible qu'en partie dans la recherche en gestion des déchets radioactifs : d'un côté, la Confédération a augmenté sa participation, en instituant, par exemple, le Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs, EKRA (EKRA [2000], EKRA [2002]). D'autre part, il est prévu une réduction des crédits fédéraux consacrés à la recherche nucléaire. ⁹² Dans l'ensemble, le rôle joué par la Confédération dans l'orientation des projets de recherche en gestion des déchets radioactifs est (resté) modeste ⁹³ , et ce en partie intentionnellement, puisque, si elle déterminait le contenu des travaux dans ce domaine, elle en prendrait la responsabilité. ⁹⁴ En Allemagne, le partage des compétences est organisé différemment. Les projets de recherche relatifs au stockage définitif sont conduits sous la responsabilité du gouvernement fédéral qui (contrairement à la Suisse) est compétent pour la construction du dépôt définitif (§ 9a, al. 3 de la loi atomique). Un changement est prévu en faveur d'une cession de la responsabilité aux exploitants de centrales nucléaires. ⁹⁵
En particulier, le rôle de la DSN	Dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, la DSN ne dispose pas de ressources suffisantes pour jouer un rôle plus marqué dans l'orientation des projets de recherche. De son propre avis sur la stratégie en matière de recherche (cf. chap. 6.3, p. 43), elle aurait besoin de compétences techniques plus importantes. Il faudrait également laisser plus de place à la recherche indépendante. ⁹⁶
Et la recherche indépendante ?	En ce qui concerne la recherche, le Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA) mis en place par le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), est parvenu aux conclusions suivantes : ⁹⁷ « Il existe un besoin dans le domaine de la recherche indépendante et de la recherche aux fins de la mise en application du stockage géologique en profondeur. La recherche en gestion des déchets radioactifs dépend aujourd'hui principalement des producteurs de déchets. La Nagra donne des mandats pour des études sur des thèmes spécifiques, liés à des projets particuliers. Dans les Universités, la recherche (fondamentale) indépendante est très insuffisante ; l'offre de formations sur le thème de la gestion des déchets nucléai-

⁹¹ Braun (1999) : 843.

⁹² Commission fédérale pour la recherche énergétique (2004) : 57.

⁹³ Même si la Confédération est également membre de la Nagra, elle ne prend en charge que 3% des coûts (Nagra [2003]).

⁹⁴ Entretien avec J. Vigfusson le 06.04.2004.

⁹⁵ Cf. note de bas de page n° 40.

⁹⁶ E-mail de J. Vigfusson du 13.05.2004.

⁹⁷ EKRA (2002) : 9.

res est limitée. Cela est valable non seulement pour le domaine des sciences naturelles et techniques, mais aussi pour celui des sciences humaines et sociales. Les experts compétents et motivés sont difficiles à trouver. » Il semble difficile de répondre à ces attentes en ce qui concerne la recherche indépendante, et ce pour deux raisons : d'une part, la notion d'indépendance dans la recherche en gestion des déchets radioactifs n'est pas facile à définir. De qui ou de quoi la recherche doit-elle être indépendante ? Les personnes qui sont impliquées dans la recherche en gestion des déchets radioactifs sont dépendantes au moins des paiements réguliers de leur employeur ou de leur mandant. D'autre part, les avantages et les inconvénients concrets des dépendances actuelles dans la recherche en gestion des déchets radioactifs n'ont pas été démontrés de façon concluante. Les organisations qui sont partenaires depuis des années (que ce soit dans le cadre de mandats ou de relations de travail) peuvent ajouter à cela que l'élaboration et la préservation de la connaissance sont des processus de longue haleine, qui se trouveraient menacés si des partenariats de court terme, qui réduiraient fortement les dépendances, venaient à voir le jour.

7.8. Réseau international de chercheurs

Les scientifiques œuvrant dans le domaine de la recherche en gestion des déchets entretiennent des relations extraordinairement solides au niveau international.

Raisons de la solidité de ce réseau

L'une des spécificités de la plupart des domaines de la recherche – notamment dans les sciences naturelles – est la qualité de ses réseaux au niveau international. Dans le 6^e PCRDT de l'UE, en cours actuellement, les équipes de recherche sont particulièrement encouragées à tisser des relations étroites au sein de réseaux. Entre les chercheurs en gestion des déchets, la collaboration est aujourd'hui déjà bien installée. Cela est dû aux éléments suivants :

- L'objectif commun (trouver une solution au problème de la gestion des déchets radioactifs). Ainsi, la Nagra entretient des liens très étroits avec ses organisations sœurs⁹⁸ ;
- La répartition judicieuse des thèmes de recherche au niveau international ;
- Le grand nombre d'organismes internationaux (notamment l'AEN, l'AIEA, les programmes communs de recherche, la Commission européenne) ;
- La petite communauté bien organisée des chercheurs⁹⁹ ;
- L'infrastructure onéreuse que nécessitent les expérimentations¹⁰⁰ (laboratoire souterrain, par exemple) ;
- L'excellente diffusion des résultats de recherche, qui n'est pas à mettre uniquement sur le compte de l'intérêt du grand public, mais qui s'explique aussi par le fait qu'il serait quasiment impossible de trouver de nouveaux marchés si les savoirs n'étaient pas diffusés.

⁹⁸ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 22.04.2004.

⁹⁹ E-mail de J. Hadermann du 21.04.2004.

¹⁰⁰ E-mail de J. Hadermann du 21.04.2004.

Avantages et risques du travail en réseau

Une collaboration étroite présente des avantages (échanges sur le plan scientifique, coopération bénévole et informelle) et des risques (absence de concurrence, entrave à l'innovation, népotisme). Selon les experts, le soutien accordé à une direction particulière de recherche garde sa raison d'être aussi longtemps que, au sein d'un groupe, les chercheurs se citent entre eux ; les mécanismes d'autorégulation n'ont, en effet, qu'une influence limitée.¹⁰¹ Pour prévenir les risques, certaines actions sont nécessaires (obligation de publier les résultats ; débat international sur les résultats, si possible également avec des représentants qui n'appartiennent pas à la petite communauté de recherche en gestion des déchets radioactifs ; organisation d'évaluations par des pairs ; éthique professionnelle¹⁰² ; commissions de recherche ; organes politiques de surveillance, etc.).

Mise en réseau des partenaires « appropriés »

Pour la Nagra, qui rassemble les résultats scientifiques et techniques nécessaires en matière de gestion des déchets radioactifs et qui a, de ce fait, besoin d'un grand nombre de données au niveau international, il est particulièrement important que le travail en réseau ne se limite pas aux seuls « chercheurs en gestion des déchets radioactifs » au sens strict, mais s'étende à l'ensemble des chercheurs susceptibles d'apporter une contribution à la résolution du problème de cette gestion.¹⁰³

7.9. Information et communication

Les experts expriment des avis très différents sur les concepts de communication employés dans le cadre de la recherche en gestion des déchets radioactifs.

Connaissances ; confiance

L'information et la communication, qui font partie des sciences sociales, revêtent une grande importance. En Suisse, le grand public sait peu de choses au sujet de la gestion des déchets radioactifs.¹⁰⁴ On reproche à la « Confédération » de ne pas faire suffisamment d'efforts en matière de diffusion des informations.¹⁰⁵ Néanmoins, selon un sondage mandaté par la Nagra, 61% des Suisses font confiance à nos scientifiques pour parvenir à un processus de gestion des déchets radioactifs sûr sur le plan technique.¹⁰⁶ Manifestement, le public en sait donc assez pour qu'une majorité puisse se forger une opinion en la matière. Dans l'UE, un sondage a révélé des différences considérables sur l'évaluation des informations reçues : tandis qu'en Suède et en Finlande, 12 et 16% respectivement des personnes interrogées se déclaraient « pas du tout bien informées » (*not at all well informed*), en Belgique, presque la moitié d'entre elles se considéraient dans cette situation.¹⁰⁷

Stratégie d'information de la Nagra

La Nagra s'est fixé pour objectif de communiquer avec les personnes concernées et de les informer de façon claire et transparente. Cela implique en premier lieu

¹⁰¹ Entretien avec W. Wildi le 30.03.2004.

¹⁰² E-mail de J. Hadermann du 21.04.2004.

¹⁰³ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 22.04.2004.

¹⁰⁴ Entretien avec R. Scholz le 06.04.2004. Cette affirmation vaut également pour l'UE (cf. Taylor [2003], qui résume différents sondages dans l'UE (eurobaromètres 50, 56.2 et 57) sur le thème de la gestion des déchets radioactifs).

¹⁰⁵ Entretien avec S. Löw le 24.03.2004.

¹⁰⁶ Communiqué de presse de la Nagra le 16.03.2004.

¹⁰⁷ Bulletin de l'AIEA 44/2/2002, p. 44.

des compétences sociales.¹⁰⁸ Car si la Nagra souhaite améliorer l'information et la communication en favorisant la recherche dans le domaine des sciences sociales, cela pourrait facilement passer pour une tentative de « rouler les gens dans la farine par la psychologie des profondeurs ».¹⁰⁹ De l'avis du prof. R. Scholz, scientifique du domaine des sciences naturelles et psychologue, la Nagra mise à l'excès sur la transmission du savoir. Dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, il est, selon lui, primordial de faire comprendre en priorité aux gens où se situent les limites de la connaissance.¹¹⁰

Rôle de l'État

Dans son *Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pendant les années 2004 à 2007*, du 29 novembre 2002, le Conseil fédéral, sous le titre « Le dialogue entre la science et la société et l'évaluation des choix technologiques » écrit :

... le fossé se creuse si la communauté scientifique n'est pas suffisamment à l'écoute des inquiétudes, des questions et des attentes de la société et si la société ne s'intéresse pas suffisamment à la science. Ce fossé ne profite à personne – ni à la société qui risque de perdre les bénéfices réels de certaines technologies et leurs retombées économiques, ni à la science qui risque de voir ses développements bloqués, freinés ou délocalisés dans des pays connaissant des législations moins restrictives. C'est pourquoi l'amélioration de la compréhension entre la science et la société et la création d'un espace public pour le questionnement des progrès de la science font désormais partie des tâches des pouvoirs publics, et des responsabilités de l'État...¹¹¹

Information et communication
via l'OFEN

Une stratégie d'information et de communication transparente joue un rôle décisif dans un domaine aussi sensible sur le plan politique que la gestion des déchets nucléaires. C'est pourquoi l'OFEN a renforcé son travail de relations publiques. Dans le contexte de la démonstration de faisabilité de la gestion des déchets dans les « Argiles à Opalinus » du Weinland zurichois, quatre manifestations ont été organisées depuis 2001 pour informer les autorités suisses et allemandes sur cette gestion. Le 25 octobre 2003, la population a été invitée pour la première fois à une réunion d'information. C'est à Trüllikon (ZH) que le public intéressé a été informé sur l'avancement des études de faisabilité d'un dépôt définitif et sur la suite de la procédure, par le biais d'une exposition, de plusieurs exposés et d'une table ronde. En outre, l'OFEN a publié deux brochures d'information sur le sujet et, dans le contexte de la démonstration de faisabilité dans le Weinland zurichois, a mis en place un groupe de travail transfrontalier pour l'information et la communication.¹¹²

¹⁰⁸ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 03.12.2003.

¹⁰⁹ Entretien avec M. Fritschi et P. Zuidema le 03.12.2003.

¹¹⁰ Entretien avec R. Scholz le 06.04.2004.

¹¹¹ [Feuille fédérale n° 11, 25 mars 2003, p. 2166.](#)

¹¹² Paragraphe d'après M. Aebersold, Office fédéral de l'énergie, 15.06.2004.

8. Besoins en recherche

Sur la base des résultats de la présente étude, il est possible de conclure aux besoins suivants dans le domaine de la recherche :

8.1. Questions d'ordre scientifique et technique

Remarque préliminaire

La recherche scientifique et technique sur le stockage en profondeur est un domaine spécialisé bien à part, qui ne peut être évalué correctement que par des scientifiques œuvrant eux-mêmes dans ce domaine et qui appartiennent donc à la communauté des chercheurs en gestion des déchets radioactifs.

Le stockage en profondeur : un modèle incontesté

Loin de remettre en question le modèle du stockage géologique en profondeur, le développement continu des connaissances a, au contraire, contribué à le renforcer. Dans la loi sur l'énergie nucléaire (LENu), la Suisse s'est prononcée en faveur de ce modèle, en l'adaptant toutefois aux spécificités du Pays (possibilité de récupération, phase d'observation).

Besoins en recherche scientifique et technique

Il n'existe aucun élément susceptible de remettre fondamentalement en cause les besoins en recherche scientifique et technique mis en avant par la Nagra. La procédure choisie – par étapes – doit permettre de répondre, en temps utile et avec la précision qui s'impose, aux questions qui restent en suspens. Le groupe d'experts internationaux qui a évalué le projet « Argiles à Opalinus » (AEN 2004, cf. liste au chap. 6.1), la DSN (chap. 6.3) et les experts interrogés par les auteurs de la présente étude recommandent d'apporter certains compléments ou de modifier légèrement certaines orientations et priorités. Ci-dessous sont présentés les besoins en recherche mis en avant par les différents protagonistes pour les ECI et les DHR (Nagra, AEN, cf. chap. 6.1) ou pour la gestion des déchets radioactifs en général (Laboratoire de Gestion des Déchets du PSI, cf. chap. 6.2 ; DSN, cf. chap. 6.3 ; experts) :

Besoins en recherche selon la Nagra (2002a)

- Reconnaissance de sites : clarifications ciblées, par exemple, concernant les conditions que l'on peut s'attendre à rencontrer à des profondeurs importantes et qui auraient des conséquences sur les techniques de construction.
- Caractéristiques du transport des matériaux dans la roche d'accueil et processus le régissant : essais en laboratoire et expérimentations dans le laboratoire souterrain du Mont Terri en vue de mieux cerner les processus de diffusion.
- Capacité d'auto-colmatage : études dans le laboratoire souterrain du Mont Terri.
- Conditions géochimiques : approfondissement des connaissances, concernant, par exemple, le potentiel d'oxydo-réduction ou le pH/pCO₂ par la mise en œuvre de méthodes plus élaborées.
- Rejets gazeux : amélioration de l'état des connaissances en la matière par des essais complémentaires en laboratoire et des expérimentations relativement complexes sur le terrain.

Recommandations de l'AEN
(2004)

- Données relevant de la technique de construction, mécanique des roches : profondeur de référence = 600 ± 50 m. Pour les profondeurs plus importantes et en vue de mieux cerner les conditions que l'on peut s'attendre à rencontrer dans le cadre de la construction de tunnels en grande profondeur, des études complémentaires s'imposent.
- Inventaire et termes-sources : dans ses analyses de sécurité futures, la Nagra doit s'efforcer d'affiner ses évaluations de radionucléides pour les déchets de type DHR et DMRL.
- Conteneurs et fûts pour ECI et DHR : bien que l'acier soit considéré par l'IRT comme un matériau approprié pour les conteneurs, il faut maintenir l'option de conteneurs en cuivre.
- Matrice de déchets pour DHR vitrifiés : la Nagra doit s'inspirer des programmes de recherche internationaux qui visent une meilleure compréhension des processus régissant, en condition de stockage, la dissolution à long terme des DHR vitrifiés, ainsi que le développement de modèles mathématiques correspondants
- Matériaux de remplissage pour ECI et DHR : il convient de poursuivre les travaux de recherche portant sur le comportement à haute température de la bentonite et d'approfondir les activités de R&D ainsi que les essais à grande échelle concernant l'utilisation de granulés de bentonite comme matériau de remplissage ; les études sur les interactions possibles entre la barrière de bentonite et d'autres composants du système de dépôt doivent être poursuivies.
- Matériaux de remplissage pour DMRL : les travaux de développement relatifs à d'autres types de ciment visant à réduire les interactions chimiques entre les matériaux de remplissage et la géosphère doivent être poursuivis.
- Barrière des « Argiles à Opalinus » : il convient de poursuivre les efforts dans les domaines suivants : la rétention géochimique ; l'analyse du bien-fondé de l'utilisation par la Nagra, dans ses analyses de sécurité, de valeurs de constantes de dissociation (K_d) obtenues par des essais de sorption en mode par lot (*batch*) ; la preuve de la pertinence de l'utilisation d'analogies avec des phénomènes naturels ; les processus de diffusion dans les « Argiles à Opalinus ».
- Production et transport de gaz : les études expérimentales concernant les processus de transport des gaz doivent être poursuivies ; la modélisation de ces processus dans le cadre d'une augmentation de la perméabilité suite à la production de micro-fissures doit être améliorée.
- Formations avoisinantes : il est recommandé de procéder à des analyses complémentaires des formations avoisinantes locales et régionales, afin de mieux cerner les possibilités de passage des radionucléides vers la biosphère.
- Mise au point du système : avant d'arrêter un projet définitif concernant les constructions en profondeur, il convient d'étudier plus en détail l'étape de resaturation après fermeture du dépôt ; dans les rapports futurs, une place plus importante doit être consacrée aux conséquences du réchauffement de la planète sur la mise au point du système.
- Biosphère : il faut veiller à conserver les connaissances des experts en matière de modélisation de la biosphère et à se tenir au courant des avancées en ma-

tière d'analyse des risques écologiques ; les futures analyses de sécurité devront aborder explicitement le problème de la diffusion des gaz issus des déchets.

Besoins de la recherche réglementaire en sécurité nucléaire (DSN)

- Méthodologie des analyses de sécurité et de scénarios en rapport avec le justificatif de la sécurité du stockage définitif : poursuite de la mise au point de méthodes pour les analyses de sécurité et de scénarios, élaboration d'indicateurs et de critères de sécurité complémentaires pour la gestion des déchets radioactifs. Évaluation des barrières techniques du dépôt définitif du point de vue de la science des matériaux (capacité de rétention des radionucléides qu'elles enserrent).
- Comportement à long terme des barrières géologiques : détermination de l'état actuel et de leur comportement à long terme, suite à la création du dépôt, en tenant compte des processus biologiques, chimiques et physiques. Mécanique des roches.
- Comportement à long terme des barrières techniques dans le voisinage du dépôt : analyse et évaluation des processus physiques et chimiques lents dans un dépôt en profondeur (resaturation, propagation de la chaleur, corrosion, diffusion, sorption, etc.).
- Concrétisation du modèle de dépôt géologique en profondeur : identification des questions techniques qui se posent à l'application de la législation (ordonnance) relative aux dépôts géologiques en profondeur, notamment la conception du dépôt pilote, les processus nécessitant un suivi et les instruments de mesure correspondants.

Recommandations issues des entretiens avec les experts

- Approfondissement des aspects biologiques
- Poursuite de la mise au point de méthodes pour l'évaluation des risques dans le domaine de l'analyse de sécurité des dépôts géologiques en profondeur
- Études d'autres types de roches sédimentaires

Utiliser le programme de gestion des déchets radioactifs comme instrument de la politique de recherche

Dans la nouvelle législation sur l'énergie nucléaire, le programme de gestion des déchets radioactifs est un instrument décisif (art. 32 de la LENu et art. 52 de l'OENu). Il permet aux organismes tenus de gérer les déchets radioactifs (Nagra) de déterminer l'orientation future de la recherche dans ce domaine et de faire approuver celle-ci par le Conseil fédéral. Il a également vocation à devenir un instrument de poids dans le dialogue avec le grand public. Son adaptation périodique exige un échange permanent entre les acteurs de la recherche.

Alternatives et compléments au modèle du stockage géologique en profondeur

La question suivante demeure sans réponse : la Suisse doit-elle participer aux recherches relatives à des « alternatives »¹¹³ et des compléments¹¹⁴ au modèle de stockage géologique en profondeur et si oui dans quelle mesure, ou doit-elle miser entièrement sur ce dernier dans le sens d'une concentration des moyens ?

Le débat concernant l'orientation de la recherche est en cours au sein de la communauté de recherche scientifique et technique ; il est mené de façon ouverte. La présente étude n'est pas en mesure de mettre en avant des besoins complémentaires au niveau des questions scientifiques et techniques liées à la gestion des déchets radioactifs.

Il y a peu de recherches en sciences humaines ayant trait à la gestion des déchets radioactifs

8.2. Recherche en sciences humaines

En termes d'allocation des ressources, la recherche en sciences humaines ayant trait à la gestion des déchets radioactifs est insignifiante comparée à la recherche scientifique et technique. Le champ de recherche reste donc encore en grande partie inexploré. Cependant, cette affirmation n'est valable que si l'on considère la partie de la recherche en sciences humaines qui est directement liée à la gestion des déchets radioactifs. La majeure partie des thèmes cités dans les pages suivantes sont et ont été étudiés dans les sciences humaines, mais rarement avec une focalisation sur la gestion des déchets radioactifs. La recherche en sciences sociales dans ce domaine ne part donc pas de zéro : il s'agit plutôt d'exploiter les connaissances existantes pour et dans la recherche en gestion des déchets radioactifs.

Consensus sur les principes, mais pas sur les contenus de la recherche

Les experts interrogés ne partagent pas les mêmes avis sur l'orientation à donner aux contenus de recherche. En règle générale, ils s'accordent à dire que la recherche en sciences humaines est nécessaire, même si certains émettent des réserves à l'encontre des résultats apportés par les sciences sociales. À leur sens, les résultats issus des études dans ce domaine reposent généralement sur des projets concrets et sont donc difficilement généralisables ou alors uniquement d'une façon très globale.

Les thèmes proposés dans les entretiens avec les experts ainsi que par la DSN dans son plan d'action intitulé « *Regulatorische Sicherheitsforschung* » et complétés par les auteurs de la présente étude peuvent être classés comme suit :

- Théorie, processus et mécanismes décisionnels dans le cas d'incertitudes inévitables (notamment scénarios de l'évolution sociale), planification institutionnelle et déroulement dans le temps, participation, mise en évidence des facteurs

¹¹³ Au premier plan figurent le stockage en surface à long terme — qui, comme expliqué précédemment, n'offre pas une alternative équivalente au stockage géologique en profondeur (c'est pourquoi le terme „alternatives“ figure entre guillemets) —, ainsi que la recherche d'un site de dépôt commun (cf. le projet SAPIERR (*Support Action for a Pilot Initiative on Regional Repositories*) qui s'inscrit dans le cadre du 6^e PCRDT de l'UE et bénéficie de la participation d'un partenaire suisse ; cf. également à ce sujet le site www.arius-world.org).

¹¹⁴ Séparation et transmutation (P&T).

critiques dans le cadre de la réalisation de projets de gestion des déchets radioactifs.

- Questions d'ordre économique (conséquences sur le développement économique des régions d'implantation des sites, financement à long terme).
- Questions d'ordre juridique (statut juridique ou militaire du site de dépôt définitif), intégration de la gestion des déchets radioactifs à la planification nationale.
- Perception et acceptation des risques ; communication en rapport avec ceux-ci.
- Gestion des connaissances, maintien du savoir-faire, garantie de continuité.
- Étude de l'histoire de la gestion des déchets radioactifs¹¹⁵.
- Dynamique des questions de la société sur l'échelle des valeurs.
- Analyse systématique du concept de « durabilité » dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs.

Clarification d'une question préalable

Les problématiques des sciences humaines dans la recherche en gestion des déchets radioactifs ne sont pas aussi élaborées et structurées que celles des recherches scientifiques et techniques. Avant de déterminer l'orientation des contenus de recherche, il convient de clarifier une question : quel rôle la recherche en sciences humaines doit-elle jouer dans la recherche en gestion des déchets radioactifs ? Ses résultats doivent-ils servir à atteindre l'objectif d'une gestion sûre des déchets radioactifs (comme ceux de la recherche scientifique et technique) ? Les connaissances relevant des sciences humaines doivent-elles d'une certaine façon servir de fondement à des actions marketing susceptibles de se rapprocher de l'objectif d'une « acceptation légitimée démocratiquement d'un projet concret de gestion des déchets radioactifs » ?¹¹⁶

Dans le domaine de la recherche en sciences humaines ayant trait à la gestion des déchets radioactifs, de nombreuses questions restent en suspens. Dans un premier temps, il convient de déterminer quels projets de recherche relevant de domaines « apparentés » sont pertinents pour la recherche en gestion des déchets radioactifs. Dans un deuxième temps, les problématiques doivent être approfondies, structurées et classées en fonction de leur pertinence pour la recherche.

8.3. Recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire

La recherche en gestion des déchets radioactifs étudie des questions qui concernent souvent plusieurs domaines. « *L'évolution de la recherche montre que les grandes percées scientifiques et l'innovation surviennent aujourd'hui surtout aux*

¹¹⁵ Sur l'histoire du stockage définitif des déchets radioactifs entre 1945 et 1987, cf. Buser (1988). Sur les processus décisionnels en matière de gestion des déchets radioactifs, cf. thèse de Flüeler (2002).

Boos (2000) propose un aperçu critique sur un demi-siècle d'énergie nucléaire suisse. Deux thèses ont été publiées récemment sur les thèmes du développement de la technologie atomique et la centrale nucléaire de Kaiseraugst (Kupper [2003], Wildi [2003]).

¹¹⁶ Cf. à ce sujet l'un des six objectifs du 5^e PCRDT d'EURATOM (1998-2002) : « Mettre en place de meilleures méthodes pour gagner la confiance du grand public ».

interfaces entre disciplines voisines. »¹¹⁷ Par conséquent, il semble justifié, également dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, de soutenir de façon plus marquée les projets interdisciplinaires et transdisciplinaires. Les organismes de recherche doivent créer les conditions structurelles préalables nécessaires à une participation accrue des sciences humaines dans la recherche en gestion des déchets radioactifs. Jusqu'à présent, il n'a été possible qu'en partie d'éveiller l'intérêt des sciences humaines pour la recherche en gestion des déchets radioactifs. Par ailleurs, il faudrait impliquer dans les projets de recherche – dès le début – un nombre plus important de spécialistes n'appartenant pas au monde de la science, ainsi que des personnes qui se trouvent au niveau décisionnel et opérationnel, par exemple, via des conférences régulières en commun. Dans ce domaine, le groupe de travail FCS (*Forum on Stakeholder Confidence*) de l'AEN organise ainsi des ateliers de travail dans différents pays, qui rassemblent des représentants d'intérêts les plus divers (voir chap. 4.1).

Il convient de porter une attention plus soutenue à la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire en gestion des déchets radioactifs.

8.4. Compétences et financement de la recherche en gestion des déchets radioactifs

Rôle de l'État

Sur la question de savoir jusqu'où doivent aller les obligations et les compétences de l'État dans la recherche en gestion des déchets radioactifs, les experts interrogés sont très divisés. Les auteurs de la présente étude n'ont pas trouvé d'arguments percutants en faveur d'une influence accrue de l'État sur l'orientation du contenu des projets en la matière en Suisse. Cependant, cela n'exclut pas une participation plus active de l'État dans la coordination de la recherche en gestion des déchets radioactifs. Les conditions préalables à une influence accrue de l'État dans ce domaine sont déjà réunies : on peut citer, par exemple, la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) ou encore la compétence expresse de l'État fédéral figurant dans la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire, qui lui donne le droit de prélever des émoluments auprès des requérants et des détenteurs d'installations nucléaires dans le cadre des projets de recherche portant sur ces dernières (art. 83, al. 1, let. d de la LENu). L'État peut donc réaliser lui-même ou faire réaliser des projets de recherche sans devoir puiser dans les recettes fiscales.

Il est recommandé que les institutions fédérales (la CSA ou le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), par exemple) jouent un rôle plus important dans la coordination de la recherche scientifique et technique en matière de gestion des déchets radioactifs et plus particulièrement dans le domaine des sciences humaines.

¹¹⁷ Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pendant les années 2004 à 2007 du 29 novembre 2002 ([Feuille fédérale n° 11, 25 mars 2003, p. 2123](#)).

Orientation scientifique et technique

La Nagra détermine et finance pour une grande part la recherche scientifique et technique ayant trait à la gestion des déchets radioactifs en Suisse, dont l'orientation reste cependant conforme à celle suivie par la communauté de recherche scientifique et technique internationale.

Pour éviter d'être (complètement) dépendantes de la Nagra, la DSN et les universités doivent aussi pouvoir conduire des projets de recherche scientifique et technique dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs et cela en complémentarité avec la Nagra, mais de manière financièrement indépendante.

Orientation dans le domaine des sciences humaines

En Suisse, le concept d'une communauté de recherche en sciences humaines ayant trait à la gestion des déchets radioactifs demeure pour l'instant à l'état embryonnaire. La recherche ayant un lien direct avec les obligations des organismes tenus de gérer les déchets radioactifs (conséquences socio-économiques des projets de dépôts définitifs, par exemple) relève de la compétence de ces mêmes entités. En revanche, il n'est pas du ressort des responsables de la gestion des déchets radioactifs de conduire des projets de recherche ayant trait aux sciences humaines qui ne sont pas en rapport avec l'objectif de « gestion sûre » des organismes tenus de gérer ces déchets. Ces projets de recherche relèvent de la responsabilité de l'État, et en premier lieu de la Confédération (art. 64 de la Constitution fédérale).

Dans la mesure où la recommandation du chap. 8.2 – qui correspond à l'avis des auteurs de la présente étude – démontre un besoin de recherche en sciences humaines ayant trait à la gestion des déchets radioactifs, c'est l'État qui doit mettre à disposition les moyens nécessaires (programme prioritaire du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), par exemple), étant donné que cette recherche ne sert pas directement l'objectif d'une gestion sûre.

9. Bibliographie

- AEN (1999a): Domaines stratégiques de la gestion des déchets radioactifs – Position de l'AEN de la gestion des déchets radioactifs et orientations de ses travaux. OCDE, Paris. 27 p.
- AEN (1999b): *Progress Towards Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand ? An International Assessment*. OCDE, Paris. 27 p.
- AEN (2003a): *Engineered Barrier Systems and the Safety of Deep Geological Repositories. State-of-the-Art Report in co-operation with the European Commission* (EUR 19964 EN). OCDE, Paris.
- AEN (2003b): *SAFIR 2: Belgian R&D Programme on the Deep Disposal of High-level and Long-lived Radioactive Waste*. OCDE, Paris.
- AEN (2003c): *NEA Annual Report 2002*. OCDE, Paris.
- AEN (2003d): *Public Information, Consultation and Involvement in Radioactive Waste Management – An International Overview of Approaches and Experiences. Radioactive Waste Management Committee, Forum on Stakeholder Confidence*. NEA/RWM/FSC(2003)4, 5 mars 2003. OCDE, Paris. 81 p.
- AEN (2003e): *The Potential Impacts on Repository Safety from Potential Partitioning and Transmutation Programme. Radioactive Waste Management Committee, Integration Group for the Safety Case (IGSC). Topical Session Proceedings of the 4th IGSC Meeting, held on 6th November 2002 in Paris, France*. 107 p.
- AEN (2004): *Die Sicherheit der geologischen Tiefenlagerung von BE, HAA und LMA in der Schweiz – Eine internationale Expertenprüfung der radiologischen Langzeitsicherheitsanalyse der Tiefenlagerung im Opalinuston des Zürcher Weinlands*. Rapport n° 5569. 139 p.
- AIEA (2003): *Issues and Trends in Radioactive Waste Management*. Comptes-rendus d'une Conférence internationale, Vienne, 9-13 décembre 2002. 617 p.
- Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte [AkEnd] (2002). Auswahlverfahren für Endlagerstandorte – Empfehlungen des AkEnd*. Cologne, décembre 2002.
- Arzt Gunther (1996): *Einführung in die Rechtswissenschaft*. Helbing & Lichtenhahn, Bâle. 167 p.
- Boos Susan (2000): *Strahlende Schweiz, Handbuch zur Atomwirtschaft*. Éditions Rotpunkt. 440 p.
- Braun Dietmar (1999): *Bildungs-, Wissenschafts- und Kulturpolitik*. Paru dans : Klöti Ulrich et. al: *Handbuch der Schweizer Politik*. Zurich, 2^e édition, p. 841-880.

- Buser Marcos (1988): *Mythos "Gewähr" – Geschichte der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz 1945-1987*. Zurich.
- COM(2003)0032 final: *Proposition de directive (EURATOM) du Conseil définissant les obligations de base et les principes généraux dans le domaine de la sûreté des installations nucléaires. — Proposition de directive (EURATOM) du Conseil sur la gestion du combustible nucléaire irradié et des déchets radioactifs*. Présentées par la Commission européenne le 30.01.2003. [Note du traducteur : version révisée tenant compte des amendements introduits par le Parlement européen : COM(2004)0256 final: ...Propositions présentées par la Commission européenne le 08.09.2004].
- Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE (1999): *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2000-2003*. 31.05.1999. Office fédéral de l'énergie, Berne. 48 p.
- Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE (2004): *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2004-2007*. 01.01.2004. Office fédéral de l'énergie, Berne. 60 p.
- DSN (2003): *Strategiepapier – Regulatorische Sicherheitsforschung der HSK*. Mai 2004.
- EKRA, Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (2000): *Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle*. 31 janvier 2000. Berne. 91 p.
- EKRA, Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (2002): *Beitrag zur Entsorgungsstrategie für die radioaktiven Abfälle in der Schweiz — Contribution à la stratégie de gestion des déchets radioactifs en Suisse*. Octobre 2002. Berne. 15+17 p., plus Appendice (seulement en allemand) 35 p.
- Flüeler Thomas (2002): *Radioaktive Abfälle in der Schweiz – Muster der Entscheidungsfindung in komplexen soziotechnischen Systemen*. Tome I – Texte principal. Thèse de doctorat. EPF de Zurich.
- Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft (2002): Zusammenfassung des Programms Nukleare Sicherheitsforschung*. Édité par les Centres de recherche de Karlsruhe et de Jülich. 23.10.2002. 7 p.
- Gruppe Ökologie (2001): *Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle*. Rapport final. Mandaté par le Forschungszentrum Karlsruhe, chargé de recherche des ministères BMBF et BMWi dans le domaine de l'hydraulique et de la gestion des déchets. 99 p. plus Appendice de 160 p.
- Hadermann Jörg, Hosemann Peter J., de Reyff Christophe (2002): *Gérer sûrement les déchets – Le PSI met au point des méthodes d'évaluation de sites et de systèmes de stockage*. ENET-NEWS n° 53, décembre 2002, p. 36-37.

- Kupper Patrick (2003): *Atomenergie und gespaltene Gesellschaft. Die Geschichte des gescheiterten Projektes KKW Kaiseraugst*. Éditions Chronos, Zurich.
- Laboratory for Waste Management (2003): *Progress Report – September 2002 to September 2003*. 115 p.
- McCombie Charles (2003): *International Perspectives – Reprocessing, Storage and Disposal*. Exposé présenté au *National Meeting 2003* de la *National Academy of Engineering*. À télécharger du site: www.nae.edu.
- Nagra (2002a): *Projekt Opalinuston – Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse – Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle*. NTB 02-03.
- Nagra (2002b): *Projekt Opalinus Ton – Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers. Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle*. NTB 02-02.
- Nagra (2002c): *Project Opalinus Clay – Safety Report. Demonstration of disposal feasibility for spent-fuel, vitrified high level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis)*. NTB 02-05.
- Nagra (2003): *Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle – (Firmenprofil mit Entstehungsgeschichte, Organisation und Kernkompetenzen)*. Wettingen. 4 p.
- NZZ (07.11.02): *Die nukleare Sicherheit als Aufgabe der EU – Konzeptionskonzept für einheitliche Rechtsvorschriften*. p. 3.
- NZZaS (23.11.2003): *Schule für Zauberlehrlinge [rapport sur l'ITC, School of Underground Waste Storage and Disposal]*.
- OFEN (2002): *Recherche énergétique 2001 – Rapports de synthèse des chefs de programme*. Berne 30.04.02.
- Papay Lawrence T. (2003): *The Science and Politics of Radioactive Disposal. The Bridge*, Vol. 33, n° 3.
- Posiva (2003a): *ONKALO – Underground Characterisation and Research Programme (UCRP). Report 2003-3*. 143 p.
- Posiva (2003b): *Strategy for Construction and Investigation Planning. Working Report 2003-28*. 126 p.
- PSI/LES (2004): *Report for the Audit 2004*. 41 p. plus appendices.
- Sander Hans Heinrich (2004): *Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland: Gesamtstaatliche Verantwortung für die Zukunft*. atw, 49^e année, n° 7, p. 482-484.
- SKB (2001): *RD&D-Programme 2001, Programme for research, development and demonstration of methods for the management and disposal of nu-*

clear waste. Technical Report, TR-01-30, Stockholm, septembre 2001.

SKB (2003): *Activities 2002*. Stockholm.

STUK (May 2003): *Safeguards for final disposal of spent nuclear fuel – Methods and technologies for the Olkiluoto site*. Helsinki.

Taylor D. M. (2003): *The Management of Radioactive Waste in the European Union – Opinions, Situation and Proposal for Changes*. Notes personnelles à propos d'un exposé présenté à la conférence "Decommissioning Challenges : an Industrial Reality", Avignon (FR), 23.-28.11.2003. À télécharger du site :

www.europa.eu.int/comm/energy/nuclear/publications/doc/avignon_dmt.pdf

WASSC (2002): *Report of the thirteenth meeting 25-28 March 2002, Vienna*.

Wildi Tobias (2003): *Der Traum vom eigenen Reaktor. Die schweizerische Atomtechnologieentwicklung 1945-1969*. Éditions Chronos, Zurich.

Wildi Walter (2002): *Die richtige Lagerung radioaktiver Abfälle – EKRA-Konzept geht auf viele Dilemmas ein*. NZZ 10.01.01, p. 13.

Williams Laurence, Clein Diana, Subasic Damir (2003): *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management – First Review Meeting of the contracting Parties, 3 to 14 November 2003, Austria. Summary Report. JC/RM1/06/Final version*.

10. Extrait de la LENu (dispositions concernant la gestion des déchets radioactifs)

Chapitre 5 : Déchets radioactifs

Section 1 : Généralités

Art. 30 Principes	<p>1 Les substances radioactives doivent être manipulées de manière à produire le moins possible de déchets radioactifs.</p> <p>2 Les déchets radioactifs produits en Suisse doivent en principe être évacués¹¹⁸ en Suisse.</p> <p>3 Les déchets radioactifs doivent être évacués de sorte que la sécurité durable de l'homme et de l'environnement soit assurée.</p>
Art. 31 Obligation d'évacuation	<p>1 Quiconque exploite ou désaffecte une installation nucléaire est tenu d'évacuer à ses frais et de manière sûre les déchets radioactifs produits par elle. Les travaux préparatoires indispensables, tels que la recherche et les études géologiques, ainsi que la préparation en temps utile d'un dépôt en profondeur¹¹⁹ font partie intégrante de l'obligation.</p> <p>2 L'obligation d'évacuation est remplie lorsque :</p> <p>a. les déchets ont été placés dans un dépôt en profondeur et que les moyens financiers requis pour la phase de surveillance¹²⁰ et pour la fermeture éventuelle¹²¹ sont assurés ;</p> <p>b. les déchets ont été transférés dans une installation d'évacuation à l'étranger.</p> <p>3 En cas de transfert de l'autorisation générale pour une centrale nucléaire à un nouvel exploitant (art. 66, al. 2), l'ancien et le nouvel exploitants répondent de l'évacuation des déchets d'exploitation et des éléments combustibles usés produits jusqu'au transfert.</p> <p>4 La dissolution de la société responsable de l'évacuation est soumise à l'approbation du département.</p>
Art. 32 Programme de gestion des déchets	<p>1 Les personnes tenues d'évacuer les déchets radioactifs élaborent un programme de gestion des déchets. Celui-ci contient également un plan de financement qui s'étend jusqu'à la mise hors service des installations nucléaires. Le Conseil fédéral fixe le délai de mise sur pied du programme.</p> <p>2 L'autorité désignée par le Conseil fédéral examine le programme. Le département le soumet à l'approbation du Conseil fédéral.</p> <p>3 L'autorité désignée par le Conseil fédéral vérifie le respect du programme.</p> <p>4 Les personnes tenues d'évacuer les déchets doivent adapter périodiquement le programme aux conditions nouvelles.</p> <p>5 Le Conseil fédéral informe régulièrement l'Assemblée fédérale de l'état du programme.</p>
Art. 33 Evacuation par la Confédération	<p>1 La Confédération évacue :</p> <p>a. les déchets radioactifs livrés conformément à l'art. 27, al. 1, de la LRAp7 ;</p> <p>b. les autres déchets radioactifs, aux frais du fonds de gestion, si le responsable n'assume pas ses obligations en la matière.</p> <p>2 Elle peut à cette fin :</p> <p>a. participer à des études géologiques ou les effectuer elle-même ;</p> <p>b. participer à la construction et à l'exploitation d'une installation d'évacuation, ou construire et exploiter elle-même une telle installation.</p>
Art. 34 Manipulation de déchets radioactifs	<p>1 Les art. 6 à 11 sont applicables par analogie à la manipulation de déchets radioactifs en dehors des installations nucléaires.</p>

¹¹⁸ Évacuation : le conditionnement, l'entreposage et le stockage des déchets radioactifs dans un dépôt en profondeur (Art. 3 let. b LENu). [Voir aussi la note du traducteur en page III]

¹¹⁹ Dépôt en profondeur : l'installation en couche géologique profonde qui peut être fermée si la protection durable de l'homme et de l'environnement est assurée par des barrières passives (Art. 3 let. c LENu).

¹²⁰ Phase d'observation : la période prolongée de surveillance d'un dépôt en profondeur avant sa fermeture et duquel les déchets radioactifs peuvent être facilement récupérés (Art. 3 let. a LENu)

¹²¹ Fermeture : le remplissage et le scellement de toutes les parties souterraines et de la galerie d'accès d'un dépôt en profondeur, à l'issue de la phase d'observation (Art. 3 let. l LENu).

2 Une autorisation d'importer des déchets radioactifs issus d'installations nucléaires qui ne proviennent pas de Suisse mais sont destinés à être évacués en Suisse peut exceptionnellement être accordée si les conditions énoncées à l'art. 7 sont remplies, et :

- a. si la Suisse a approuvé dans une convention internationale l'importation dans ce but des déchets radioactifs ;
- b. si elle dispose d'une installation d'évacuation appropriée, conforme à l'état de la science et de la technique au niveau international ;
- c. si les États transitaires en ont approuvé le transit ;
- d. si le destinataire a formellement convenu avec l'expéditeur, en accord avec l'État dont proviennent les déchets, que l'expéditeur les reprendra au besoin.

3 Une autorisation d'exporter des déchets radioactifs aux fins de les conditionner est accordée si les conditions énoncées à l'art. 7 sont remplies, et :

- a. si l'État destinataire a approuvé dans une convention internationale l'importation dans ce but des déchets radioactifs ;
- b. s'il dispose d'une installation d'évacuation appropriée, conforme à l'état de la science et de la technique au niveau international ;
- c. si les États transitaires en ont approuvé le transit ;
- d. si l'expéditeur a formellement convenu avec le destinataire, en accord avec les autorités désignées par le Conseil fédéral, qu'il reprendra les déchets radioactifs conditionnés ou issus du conditionnement et, au besoin, les déchets radioactifs non encore conditionnés.

4 L'exportation de déchets radioactifs aux fins de les stocker peut exceptionnellement être autorisée si les conditions énoncées à l'al. 3, let. a à c, sont remplies et si, de plus, l'expéditeur et le destinataire ont convenu par contrat, en accord avec les autorités désignées par le Conseil fédéral, que l'expéditeur les reprendra au besoin.

Section 2 : Études géologiques

Art. 35 Régime et conditions d'octroi de l'autorisation

1 Les études géologiques qui sont effectuées dans une région d'implantation envisageable en vue de récolter des informations sur la possibilité de construire un dépôt en profondeur sont soumises à l'autorisation du département.

2 Le département accorde l'autorisation :

- a. si les études prévues sont de nature à fournir des enseignements qui permettront par la suite d'apprécier la sécurité d'un dépôt en profondeur sans porter atteinte à l'adéquation du site ;
- b. si aucun autre motif prévu par la législation fédérale, notamment en matière de protection de l'environnement, de protection de la nature et du paysage ou d'aménagement du territoire, ne s'y oppose.

3 Le Conseil fédéral peut exclure du régime de l'autorisation les études qui n'occasionnent que des atteintes mineures.

Art. 36 Teneur de l'autorisation

1 L'autorisation de procéder à des études géologiques fixe :

- a. les grandes lignes des études, en particulier l'emplacement approximatif et l'étendue des forages et des constructions souterraines prévus ;
- b. les études qui ne peuvent être entreprises qu'après la délivrance d'un permis d'exécution par les autorités de surveillance ;
- c. l'ampleur de la documentation géologique.

2 L'autorisation est limitée dans le temps.

Section 3 Dispositions particulières pour les dépôts en profondeur

Art. 37 Autorisation d'exploiter un dépôt en profondeur

1 L'autorisation d'exploiter un dépôt en profondeur est accordée si les conditions énoncées à l'art. 20, al. 1, sont remplies, et :

- a. si les enseignements recueillis lors de la construction confirment que le site s'y prête ;
- b. si la récupération des déchets radioactifs est raisonnablement possible jusqu'à la fermeture éventuelle du dépôt en profondeur.

2 L'autorisation d'exploiter fixe la zone de protection définitive du dépôt en profondeur.

3 Elle fixe les exigences, notamment les valeurs-limites de l'activité des déchets qui seront stockés. Un permis d'exécution délivré par les autorités de surveillance est nécessaire pour le stockage de chaque catégorie de déchets.

Art. 38 Obligations particulières du détenteur d'une autorisation d'exploiter un dépôt en profondeur

1 Le Conseil fédéral peut obliger le détenteur d'une autorisation d'exploiter un dépôt en profondeur à prendre en charge des déchets radioactifs qui proviennent de Suisse, moyennant un dédommagement au prix coûtant, à condition que ces déchets répondent aux exigences fixées dans l'autorisation d'exploiter.

2 Le titulaire d'une autorisation d'exploiter est tenu d'établir une documentation complète sur les enseignements qu'il a recueillis jusqu'à la conclusion de la phase d'observation et qui sont importants pour la sécurité, sur les plans du dépôt en profondeur et sur l'inventaire des déchets stockés.

3 Aussi longtemps que le dépôt en profondeur est régi par la législation sur l'énergie nucléaire, la société exploitante ne peut être dissoute sans l'approbation du département.

Art. 39 Phase d'observation et fermeture du dépôt en profondeur

1 Le propriétaire du dépôt en profondeur doit présenter un projet mis à jour de phase d'observation et un projet de fermeture éventuelle :

a. lorsque la mise en dépôt des déchets radioactifs est terminée ;

b. lorsque l'autorisation d'exploiter lui a été retirée ou qu'elle s'est éteinte conformément à l'art. 68, al. 1, let. a ou b, et que le département a ordonné la présentation d'un projet.

2 Une fois la phase d'observation terminée, le Conseil fédéral ordonne les travaux de fermeture si la sécurité durable de l'homme et de l'environnement est assurée.

3 Après la fermeture dans les règles, le Conseil fédéral peut ordonner une période de surveillance supplémentaire.

4 Après la fermeture ou au terme de la période de surveillance supplémentaire, le Conseil fédéral constate que le dépôt en profondeur n'est plus régi par la législation sur l'énergie nucléaire. La Confédération peut prendre des mesures au-delà de ce délai, notamment des mesures de surveillance de l'environnement.

Art. 40 Protection du dépôt en profondeur

1 La zone de protection est la zone souterraine dans laquelle toute intervention risque de porter atteinte à la sécurité du dépôt en profondeur. Le Conseil fédéral fixe les critères applicables à la zone de protection.

2 Quiconque entend procéder à un forage profond, au percement d'une galerie souterraine, à une opération de minage ou à toute autre opération touchant une zone de protection doit en demander l'autorisation à l'autorité désignée par le Conseil fédéral.

3 L'autorité désignée par le Conseil fédéral annonce, pour mention au registre foncier, la zone de protection provisoire une fois l'autorisation générale délivrée, et la zone de protection définitive une fois l'autorisation d'exploiter délivrée. Le Canton inscrit au registre foncier les immeubles touchés par la zone de protection qui n'y sont pas inscrits. Ceux qui n'ont pas fait l'objet d'une mensuration reconnue sont mesurés à cet effet (mensuration initiale ou renouvellement de la mensuration). Le Conseil fédéral règle les modalités.

4 Le Canton inscrit la zone de protection dans son plan directeur et dans son plan d'affectation.

5 Si le dépôt en profondeur n'est pas construit ou n'est pas mis en service, l'autorité désignée par le Conseil fédéral supprime la zone de protection provisoire et invite le bureau du registre foncier à radier la mention. Le Canton modifie le plan directeur et le plan d'affectation en conséquence.

6 Le Conseil fédéral veille à ce que les documents relatifs au dépôt en profondeur, aux déchets qui y sont déposés et à la zone de protection soient conservés de même que les informations qui les concernent. Il peut communiquer à d'autres États ou à des organisations internationales des données y relatives.

7 Le Conseil fédéral prescrit le marquage durable du dépôt en profondeur.

Art. 41 Remise et utilisation de données géologiques

1 Les données brutes et les résultats recueillis lors des études géologiques et de la construction du dépôt en profondeur seront, à sa demande, remis gratuitement à la Confédération.

2 Le Conseil fédéral règle l'accès à ces données et leur utilisation. Il veille à préserver les intérêts des propriétaires des données géologiques.

(...)

Chapitre 7 : Garantie du financement de la désaffectation et de l'évacuation des déchets

Art. 77 Fonds de désaffectation et fonds d'évacuation des déchets

1 Le fonds de désaffectation assure le financement de la désaffectation et du démantèlement des installations nucléaires mises hors service ainsi que celui de l'évacuation des déchets ainsi produits (coûts de désaffectation).

2 Le fonds d'évacuation des déchets assure le financement de l'évacuation des déchets d'exploitation radioactifs et des assemblages combustibles usés, après la mise hors service des installations nucléaires (coûts d'évacuation).

- 3 Les propriétaires d'installations nucléaires cotisent au fonds de désaffectation et au fonds d'évacuation des déchets. Le Conseil fédéral peut en dispenser les propriétaires d'installations ayant de faibles coûts de désaffectation et d'évacuation.
- Art. 78 Créance
- 1 Tout cotisant dispose d'une créance d'un montant égal à celui qu'il a versé, augmentée du rendement du capital, déduction faite des frais. Cette créance ne peut être ni cédée, ni mise ou prise en gage, ni attribuée à la masse en faillite.
- 2 Si la créance d'un cotisant dépasse le montant versé par le fonds, le surplus lui est restitué dans l'année qui suit le décompte final.
- 3 En cas de reprise d'une installation nucléaire d'une masse en faillite, la créance passe au nouveau propriétaire; celui-ci doit alors verser les cotisations dues par la société faillie.
- 4 Si, à l'issue d'une procédure de faillite, une société est radiée du registre du commerce avec l'approbation du département et si l'installation n'est pas reprise par une autre société, les cotisations versées par elle reviennent aux fonds. Elles servent à financer la désaffectation de l'installation et l'évacuation des déchets. Le Conseil fédéral définit l'affectation du solde éventuel.
- Art. 79 Prestations des fonds
- 1 Si la créance d'un cotisant ne couvre pas les coûts, celui-ci s'acquitte de la somme manquante.
- 2 Si le cotisant prouve qu'il n'est pas en mesure de verser cette somme, le fonds de désaffectation ou le fonds d'évacuation des déchets couvre le solde des coûts en y consacrant l'ensemble des moyens disponibles. Il en va de même dans le cas prévu à l'art. 78, al. 4.
- 3 Le fonds d'évacuation des déchets couvre avec les cotisations les frais d'évacuation des déchets radioactifs que la Confédération doit assumer en vertu de l'art. 33, al. 1, let. b. Si les cotisations ne suffisent pas, l'ensemble des moyens disponibles du fonds y sont consacrés.
- Art. 80 Versements complémentaires
- 1 Si les versements d'un fonds à un ayant droit dépassent le montant de la créance, l'ayant droit doit rembourser la différence, augmentée d'un intérêt calculé au taux usuel du marché.
- 2 Si l'ayant droit ne peut fournir le remboursement dans le délai fixé par le Conseil fédéral, les autres cotisants et créanciers du fonds en question sont tenus de couvrir la différence au moyen de versements complémentaires proportionnels à leur cotisation.
- 3 L'obligation de fournir des versements complémentaires existe également :
- a. dans le cas prévu à l'art. 78, al. 4, si les montants revenus au fonds ne suffisent pas à couvrir les coûts de désaffectation ou d'évacuation des déchets ;
- b. dans le cas prévu à l'art. 79, al. 3, si le responsable de l'évacuation des déchets ne restitue pas la différence au fonds.
- 4 Si la couverture de la différence représente une charge économique insupportable pour les exploitants astreints aux versements complémentaires, l'Assemblée fédérale décide si la Confédération participe aux frais non couverts et si oui, dans quelle mesure.
- Art. 81 Forme juridique et organisation des fonds
- 1 Les fonds disposent de la personnalité juridique. Ils sont soumis à la surveillance de la Confédération.
- 2 Le Conseil fédéral nomme pour chacun d'eux une commission administrative faisant fonction d'organe directeur. Les commissions fixent le montant des cotisations versées par chaque cotisant aux fonds et le montant des prestations de ces derniers.
- 3 Au besoin, les fonds peuvent s'accorder des avances et la Confédération peut leur en accorder de son côté; celles-ci sont rémunérées aux conditions habituelles du marché.
- 4 Les fonds sont exonérés de tous les impôts directs fédéraux, cantonaux et communaux.
- 5 Le Conseil fédéral règle les modalités; il fixe les bases du calcul des cotisations et les grandes options de la politique de placement de cet argent. Il peut réunir les fonds.
- Art. 82 Garantie du financement des autres opérations d'évacuation des déchets
- 1 Pour financer l'évacuation des déchets qui leur incombe avant la mise hors service des installations nucléaires, les propriétaires de ces installations constituent des provisions en application de l'art. 669 du Code des obligations et en s'appuyant sur les coûts calculés par le fonds d'évacuation des déchets.
- 2 Ils doivent en outre :
- a. soumettre le plan de constitution des provisions pour risques et charges à l'approbation de l'autorité désignée par le Conseil fédéral ;
- b. désigner des actifs réservés à la couverture des coûts d'évacuation, pour un montant correspondant aux provisions pour risques et charges ;
- c. présenter à l'autorité désignée par le Conseil fédéral le rapport de l'organe de révision attestant le respect du plan de constitution des provisions pour risques et charges et l'affectation exclusive de ces provisions.

3 L'organe de révision vérifie les plans de financement et d'investissement à long terme et examine si les montants disponibles suffisent à couvrir les coûts d'évacuation des déchets avant la mise hors service des installations nucléaires et si des réserves ont été constituées conformément au plan.

Chapitre 8 : Émoluments, dédommagements et mesures d'encouragement

Art. 83 Émoluments et taxes de surveillance perçus par la Confédération

1 Les autorités fédérales prélèvent des émoluments auprès des requérants et des détenteurs d'installations nucléaires, d'articles nucléaires et de déchets radioactifs, et elles exigent d'eux le remboursement des frais résultant en particulier :

- a. de l'octroi, du transfert, de la modification, de l'adaptation ou du retrait d'une autorisation ;
- b. de l'établissement d'une expertise ;
- c. de l'exercice de la surveillance ;
- d. des travaux de recherche et de développement qu'elles exécutent ou font exécuter pour exercer leur devoir de surveillance d'une installation donnée.

2 Elles prélèvent en plus auprès des détenteurs d'installations nucléaires une taxe annuelle de surveillance destinée à couvrir les coûts de surveillance non imputables à une installation spécifique. Cette taxe est calculée sur la base des coûts moyens des cinq années précédentes; elle est répartie entre les installations nucléaires au prorata des émoluments dus par leurs détenteurs.

3 Le Conseil fédéral règle les modalités.

Art. 84 Émoluments perçus par les Cantons

Les Cantons peuvent prélever des émoluments auprès des détenteurs d'installations nucléaires, d'articles nucléaires et de déchets radioactifs, et exiger d'eux le remboursement des frais résultant en particulier :

- a. de la planification et de la réalisation des mesures de protection d'urgence ;
- b. de la protection par la police des installations nucléaires et du transport de matières nucléaires et de déchets radioactifs ;
- c. de la formation de l'équipe de surveillance ;
- d. de la mensuration des immeubles dans la zone de protection et de leur immatriculation ainsi que des inscriptions au registre foncier.

Art. 85 Dédommagement pour atteinte à la souveraineté cantonale

1 S'il exerce des droits régaliens des Cantons, que ce soit en raison des études géologiques visées à l'art. 35, de la construction d'un dépôt en profondeur ou de l'établissement d'une zone de protection, le titulaire de l'autorisation doit verser au Canton un dédommagement intégral.

2 Un dédommagement intégral au sens de l'al. 1 doit également être versé lorsque la construction d'une centrale nucléaire entraîne l'utilisation de droits d'eau cantonaux.

3 En cas de litige, la commission d'estimation fixe le montant du dédommagement par la procédure réglée aux art. 57 à 75 et 77 à 86 LEx24.

Art. 86 Encouragement de la recherche et de la formation de spécialistes

1 La Confédération peut encourager la recherche appliquée sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, en particulier sur la sécurité des installations nucléaires et sur l'évacuation des déchets radioactifs.

2 Elle peut soutenir la formation de spécialistes ou les former elle-même.

3 En règle générale, une aide financière n'est accordée à un particulier que s'il prend en charge au moins 50% des coûts.

11. Sigles et abréviations avec leur signification ; sigles en allemand

ADS	<i>Accelerator-Driven Systems</i> (systèmes sous-critiques assistés par accélérateur ; systèmes pilotés par accélérateur, SPA)
AEN	Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (Paris) ; <i>NEA</i>
AGNEB	<i>Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung</i> (Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires)
AIE	Agence Internationale de l'Énergie (OCDE, Paris) ; <i>IEA</i>
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique (ONU, Vienne) ; <i>IAEO</i>
AkEnd	<i>Arbeitskreis Endlager</i> (groupe de travail dépôt définitif, Allemagne)
ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (France)
ARIUS	<i>Association for Regional and International Underground Storage</i> (Association pour un stockage souterrain régional et international)
ATW	<i>Accelerator-driven Transmutation of Waste</i> (transmutation de déchets assistée par accélérateur)
BWR	<i>Boiling Water Reactor</i> (réacteur à eau bouillante)
BZL	<i>Bundeszzwischenlager</i> (dépôt intermédiaire fédéral pour déchets radioactifs), Würenlingen (AG)
CCR	Centre Commun de Recherche de l'UE (<i>Joint Research Centre, JRC</i>)
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique (France)
CEPE	<i>Centre for Energy Policy and Economics</i> (Centre de recherche pour la politique et l'économie énergétique, à l'EPFZ)
CERN	Laboratoire européen pour la physique des particules
CGD	Commission de gestion des déchets radioactifs ; <i>KNE</i>
CIRP	Commission internationale pour la radioprotection ; <i>ICRP</i>
CLI	Commissions locales d'information (France)
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires (France)
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique
CSA	Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires ; <i>KSA</i>
CSSIN	Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaire (France)
CTI	Commission pour la technologie et l'innovation ; <i>KTI</i>
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication ; <i>UVEK</i>
DFMR	déchets faiblement et moyennement radioactifs [à vie courte] / déchets de faible et de moyenne activité [à vie courte] (DFA) ; <i>SMA</i>
DGRSN	Direction générale de la sûreté et de la radioprotection nucléaire (France)
DHR	déchets hautement radioactifs / déchets de haute activité (DHA) ; <i>HAA</i>
DMRL	déchets moyennement radioactifs à vie longue / déchets de moyenne activité à vie longue (DMA) ; <i>LMA</i>

DOE	U.S. Department of Energy (Ministère américain de l'énergie)
DSMR	Département de sécurité des matières radioactives (France)
DSIN	Direction de la sûreté des installations nucléaires (France)
DSN	Division principale de la sécurité des installations nucléaires ; <i>HSK</i>
EA	<i>Energy Amplifier</i> (amplificateur d'énergie)
EBS	<i>Engineered Barrier System</i> (système de barrière protectrice ouvragée)
ECI	éléments de combustible irradiés ; <i>BE</i>
EDZ	<i>Excavation Disturbed Zone</i> (zone d'excavation perturbée)
ENET	Service d'information de l'OFEN pour la recherche énergétique
EKRA	<i>Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle</i> (Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs)
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (agence de protection de l'environnement, USA)
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne ; <i>ETHL</i>
EPFZ	École polytechnique fédérale de Zurich ; <i>ETHZ</i>
EURATOM	Communauté européenne de l'énergie atomique
FMA	déchets de faible et moyenne activité à vie courte (France)
FNS	Fonds national suisse de la recherche scientifique ; <i>SNF</i>
FP	<i>Fission Products</i> (produits de fission)
FSC	<i>Forum on Stakeholder Confidence</i> (RWMC, AEN)
GNW	<i>Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg</i> (Coopérative pour la gestion des déchets nucléaires au Wellenberg)
HAA	<i>Hochradioaktive Abfälle</i> (déchets hautement radioactifs, DHR / déchets de haute activité, DHA)
HAVL	déchets de haute activité à vie longue (France)
HFR	<i>High Flux Reactor</i> (réacteur à haut flux de neutrons)
HLW	<i>High-Level Waste in solidified form</i> (déchets solides de haute activité, DHR)
ICRP	<i>International Commission on Radiation Protection</i> (Commission internationale pour la radioprotection, CIRP)
IGSC	<i>Integration Group for the Safety Case</i> (Groupe d'intégration pour le dossier de sûreté de l'AEN/OCDE)
IPSN	Institut de protection et de sûreté nucléaire (France)
IRMM	<i>Institute for Reference Materials and Measurements</i>
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (France)
IRT	<i>International Review Team</i> (Groupe d'experts international de l'AEN)
KSR	<i>Kompetenzzentrum für Sicherheit und Risikoprävention</i> (Centre de compétences pour la sécurité et la prévention des risques, à la ZHW)
LEnu	Loi fédérale sur l'énergie nucléaire (21 mars 2003) ; <i>KEG</i>

LES	<i>Labor für Endlagersicherheit</i> — <i>Waste Management Laboratory</i> (Laboratoire de Gestion des Déchets du PSI)
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches ; <i>EMPA</i>
LLR	<i>Long-Lived Radionuclides</i> (radionucléides à longue période)
LMA	<i>Langlebige mittel[radio]aktive Abfälle</i> (déchets moyennement radioactifs à vie longue, DMRL / déchets de moyenne activité à vie longue, DMA)
LWR	<i>Light Water Reactor</i> (réacteur à eau légère)
MA	<i>Minor Actinides</i> (actinides minoritaires : Np, Am et Cm)
MIF	<i>Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung</i> (déchets provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche)
MOX	<i>Mixed Oxide Fuel</i> (Oxyde mixte d'uranium et de plutonium)
Nagra	<i>Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle</i> (Société coopérative nationale pour l'entreposage des déchets radioactifs, autrefois dite CEDRA en français)
NAS	<i>Newly Associated States</i> (<i>États récemment associés à l'UE</i>)
NES	<i>Forschungsbereich Nukleare Energie und Sicherheit</i> — <i>Nuclear Energy and Safety Research Department</i> (Département de recherche en Énergie et Sécurité Nucléaires du PSI)
NRC	<i>U.S. Nuclear Regulatory Commission</i> (Commission américaine de surveillance nucléaire)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques ; <i>OECD</i>
OENu	Ordonnance sur l'énergie nucléaire (10 décembre 2004) ; <i>KEV</i>
OFEN	Office fédéral de l'énergie ; <i>BFE</i>
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie ; <i>BBT</i>
OFSP	Office fédéral de la santé publique ; <i>BAG</i>
OPRI	Office de protection contre les rayonnements ionisants (France)
PA	<i>Performance Assessment</i> (évaluation de la performance)
PCRDT	Programme-cadre de recherche et de développement technologique (UE)
P&C	<i>Partitioning and Conditioning</i> (séparation et conditionnement)
P+D	installations pilotes et de démonstration
PDS	<i>Preliminary Design Studies</i> (études préliminaires de modèle)
Posiva	pendant finlandais de la Nagra
PSI	Institut Paul Scherrer
P&T	<i>Partitioning & Transmutation</i> (séparation et transmutation)
P&T/C	<i>Partitioning, Transmutation and Conditioning</i> (séparation, transmutation et conditionnement)
RFC	<i>Reprocessing Fuel Cycle</i> (cycle de retraitement du combustible)
RTD	<i>Research and Technical Development</i> (recherche et développement technologique)

RWM	<i>Radioactive Waste Management</i> (gestion des déchets radioactifs)
RWMC	<i>Radioactive Waste Management Committee</i> (Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN/OCDE)
SER	Secrétariat d'État à l'éducation et à la recherche ; <i>SBF</i>
SFR	<i>Repository for Radioactive Operating Waste</i> (dépôt définitif suédois pour les déchets radioactifs à Forsmark)
SKB	<i>Svensk Kärnbränslehantering AB</i> (<i>Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co</i>)
SKI	<i>Swedish Nuclear Power Inspectorate</i> (Autorité suédoise de surveillance pour la sûreté nucléaire)
SMA	<i>Schwach- und [kurzlebige] mittel[radio]aktive Abfälle</i> (déchets faiblement et moyennement radioactifs [à vie courte], DFMR / déchets de faible et de moyenne activité [à vie courte], DFA)
SPA	systèmes pilotés par accélérateur (<i>Accelerator Driven Systems, ADS</i>)
SPCMNS	Service de protection et de contrôle des matières nucléaires et sensibles (France)
SSI	<i>Swedish Protection Radiation Authority</i> (Autorité suédoise responsable en matière de protection contre les radiations)
STUK	<i>Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland</i> (Autorité finlandaise pour la sûreté nucléaire)
TFA	déchets de très faible activité (France)
THM	<i>Thermo-HydroMechanical</i> (thermo-hydro-mécanique)
UE	Union Européenne ; <i>EU</i>
UKAEA	<i>United Kingdom Atomic Energy Authority</i> (Autorité britannique pour l'énergie atomique)
UOX	<i>Uranium diOxide</i> (dioxyde d'uranium, UO_2)
WASSC	<i>Waste Safety Standards Committee</i> (fait partie de la division <i>Radiation and waste safety</i> de l'AIEA)
WIPP	<i>Waste Isolation Pilot Plant</i> (installation pilote pour l'isolement des déchets, USA)
WP	<i>Work Packages</i> (modules de travail)
WPDD	<i>Working Party on Decommissioning and Dismantling</i> (groupe de travail de l'AEN/OCDE sur la désaffectation et le démantèlement)
XADS	<i>EXperimental Accelerator-Driven System</i> (système expérimental sous-critique assisté par accélérateur)
YMP	<i>Yucca Mountain Project</i> (projet Yucca Mountain, USA)
ZHW	<i>Zürcher Hochschule Winterthur</i> (HES zurichoise de Winterthur)
ZWILAG	<i>ZWILAG Zwischenlager Würenlingen AG</i> (ZWILAG Dépôt intermédiaire central pour déchets radioactifs de Würenlingen SA)
ZZL	<i>Zentrales Zwischenlager</i> (entrepôt central pour déchets radioactifs)

Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Adresse postale : CH-3003 Berne

Tél. : 031 322 56 11, fax : 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/ofen