

CHAPITRE I : COMPTE RENDU STENOGRAPHIQUE DE L'AUDITION PUBLIQUE DU JEUDI 20 JANVIER 2005 - AXE 1 : LA SEPARATION ET LA TRANSMUTATION - 7

MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis, de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur 7

M. Henri REVOL, Sénateur, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : Allocution d'ouverture.....	7
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur : Propos introductifs	9
M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Premier vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques : Propos introductifs	10
M. Henri REVOL, Sénateur, Président de l'Office parlementaire	10
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	10
M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA : Le contexte scientifique et technique général des recherches sur la gestion des déchets radioactifs en France et dans le monde	10
Dr Hermann GRUNDER, Directeur du laboratoire national d'Argonne – DOE, Etats-Unis.....	13
M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA : Synthèse des recherches menées par le CEA sur l'axe 1... 15	
M. Bernard BOULLIS, Chef du département radiochimie et procédés, CEA : Les résultats obtenus sur la séparation poussée.....	17
Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, AFCI/GIV, Technical Director for fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL), Etats-Unis : Les nouveaux types de combustibles et de réacteurs au service de la réduction des déchets	20
Débat avec les participants.....	22
Pr. Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique.....	22
M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA	22
Mme Monique SENÉ, Présidente du GSIEN	23
Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week :	23
M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA	24
Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, Technical Director for Fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL).....	24
M. Jacques MAILLARD	24
Dr Hermann GRUNDER, Directeur du Laboratoire national d'Argonne (DOE), Etats-Unis	25
Reprise des présentations	25
M. Jean-Louis CARBONNIER, CEA : La démonstration scientifique et technique de la transmutation	25
Pr. Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique : Une vision à long terme de la gestion des déchets radioactifs par incinération	29

M. CHRISTIAN BATAILLE, DEPUTE, RAPPORTEUR.....31

M. Hamid AÏT ABDERRAHIM, SCK CEN (Centre d'études nucléaires), Belgique : Les projets européens et le projet MYRRHA de réacteur sous-critique piloté par accélérateur.....	31
--	----

M. CHRISTIAN BATAILLE, DEPUTE, RAPPORTEUR.....34

Pr. Wacław GUDOWSKI, KTH, Institut royal polytechnique de Stockholm (Suède) : L'optimisation de l'aval du cycle nucléaire par la séparation et la transmutation	34
---	----

M. CHRISTIAN BATAILLE, DEPUTE, RAPPORTEUR.....36

APRÈS-MIDI : Présidence de M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Rapporteur 36

M. Michel SPIRO, Directeur de l'IN2P3 – CNRS : Les nouvelles perspectives de la transmutation.....	36
Débat avec les participants.....	39
M. Jean-André GALEYRAND, CFE/CGC	39
Pr Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique.....	39
M. Jacques MAILLARD	40
Pr Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique.....	41
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	41
M. Claudio PESCATORE, AEN-OCDE	42
Pr Carlo RUBBIA.....	42
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	43
Pr Carlo RUBBIA.....	43
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	43

Pr Carlo RUBBIA.....	43
M. Jean-Louis CARBONNIER, CEA	43
M. Hamid Aït ABDERRAHIM, SCK-CEN	43
Pr Waclaw GUDOWSKI	44
M. Jean-Paul SCHAPIRA, Commission nationale d'évaluation	44
M. Claudio PESCATORE, AEN-OCDE	45
Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, Technical Director for Fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL).....	45
Reprise des présentations	45
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection : La sûreté nucléaire et la R&D sur la séparation-transmutation et ses applications potentielles	45
Mme Michèle VIALA, Directrice du programme « Gestion des déchets » - IRSN : Le point de vue de l'appui technique de l'autorité de sûreté sur la séparation-transmutation	47
M. Bernard DUPRAZ, Directeur général adjoint production-ingénierie – EDF : La vision de l'exploitant nucléaire pour la gestion des déchets radioactifs.....	49
Mme Florence FOUQUET, Sous-directrice de l'industrie nucléaire, DGEMP : Les déchets radioactifs du futur.....	51
M. Bernard TISSOT, Président de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation par la CNE des recherches relatives à l'axe 1 de la loi du 30 décembre 1991.....	53
M. Jean-Paul SCHAPIRA, Membre de la Commission nationale d'évaluation	53
Mme Anne LAUVERGEON, Présidente du directoire d'AREVA : Les progrès dans la gestion des déchets radioactifs : la contribution d'AREVA.....	56
M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, transports, environnement, ressources naturelles – Ministère délégué à la recherche : Bilans et perspectives des recherches sur la séparation-transmutation.....	59
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	60
M. Bernard FROIS.....	60
Débat avec les participants.....	62
M. Jacques PEREIRA, CFE/CGC	62
Dr Hermann GRUNDER, Directeur du Laboratoire national d'Argonne (DOE), Etats-Unis	63
Pr Waclaw GUDOWSKI	64
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	64
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	65
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	65
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	65
Mme SENÉ, Présidente du GSIEN	65
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	65
Mme McLACHLAN, Nucleonics Week	65
M. Bernard DUPRAZ, Directeur général adjoint – production, ingénierie - EDF	65
Mme LAUVERGEON, Présidente du Directoire d'AREVA.....	65
Pr Waclaw GUDOWSKI	66
Mme LAUVERGEON, Présidente du Directoire d'AREVA.....	66
M. Maurice ALLÈGRE, consultant.....	66
Mme Michèle VIALA, IRSN	66
M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA.....	67
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	67
M. Hamid Aït ABDERRAHIM, SCK-CEN	67
Dr Kemal PASAMEHMETOGLU	68
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.....	69
M. Alain REGENT, Cabinet du haut-commissaire à l'énergie atomique	69
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	69
Allocution de clôture de M. François d'AUBERT, Ministre délégué à la recherche.....	70
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	72

CHAPITRE II : AUDITION DU JEUDI 27 JANVIER 2005 – AXE 2 : LE STOCKAGE REVERSIBLE OU IRREVERSIBLE DANS DES FORMATIONS GEOLOGIQUES PROFONDES73

MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis, de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur 73

M. Henri REVOL, Sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques	73
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur : Propos introductifs	74
M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie, Rapporteur : Propos introductifs.....	76
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	77

M. Édouard BRÉZIN, Président de l'Académie des sciences : Le contexte scientifique de la gestion des déchets radioactifs	77
Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	78
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	78
M. Didier LOUVAT, Directeur de la sûreté des déchets radioactifs, AIEA : L'approche de sûreté de l'AIEA	79
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	81
M. Jean-Paul MINON, Directeur général de l'ONDRAP, Belgique : Les études internationales de milieux géologiques : résultats, projets et applications concrètes	81
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	85
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA : Le programme de recherche de l'ANDRA sur les déchets de haute activité à vie longue : structure, acquis et perspectives	85
M. John ARTHUR, OCRWM, DOE, Etats-Unis : Bilan et projets de stockage géologique de déchets radioactifs et de combustibles usés aux Etats-Unis	89
Débat avec les participants	92
Mme Monique SENÉ, GSIEN	92
M. Francis SORIN, Revue générale nucléaire	92
M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne	92
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA	93
M. Jean-Luc BOUZON, conseiller général de la Haute-Marne	94
M. François DOSÉ, Député de la Meuse	94
M. John ARTHUR, OCRWM, DOE, Etats-Unis	95
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	95
M. Didier LOUVAT, Directeur de la sûreté des déchets radioactifs, AIEA	96
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	96
Reprise des présentations	96
Mme Sylvie JOUSSAUME, Directrice de l'INSU – CNRS : Le partenariat scientifique CNRS-ANDRA pour l'étude du stockage géologique	96
M. Christian FOUILLAC, Directeur scientifique du BRGM : L'expertise scientifique autour des expérimentations du laboratoire de Meuse / Haute-Marne	98
M. Philippe LALIEUX, Manager du programme de dépôt profond ONDRAP : Les recherches et les projets de la Belgique pour le stockage géologique des déchets radioactifs à vie longue	100
M. Jürg SCHNEIDER, NAGRA – Suisse : La situation des déchets radioactifs en Suisse	103
Dr Siegfried KÖSTER, Ministère de l'économie et du travail – Allemagne : Les recherches conduites en Allemagne sur les conditions de sûreté d'un stockage géologique	105
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	107
Mme Michèle TALLEC, chef de projet conditionnement, entreposage, stockage des déchets de moyenne activité et à vie longue – CEA : La performance à long terme des colis de déchets en condition de stockage géologique	107
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	109
APRÈS-MIDI : Présidence de M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie, Rapporteur	110
M. Jack-Pierre PIGUET, Directeur du laboratoire de Meuse/Haute-Marne, ANDRA : Les avancées technologiques mises en œuvre par l'ANDRA pour l'étude des milieux géologiques	110
M. Patrick LANDAIS, Directeur scientifique, ANDRA : Les grands acquis de la recherche conduite par l'ANDRA, à Bure, depuis la surface ou en profondeur	113
M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, transport, environnement et ressources naturelles, Direction de la technologie, ministère délégué à la Recherche : Bilan et perspectives des recherches conduites par l'ANDRA	116
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	119
Mme Saïda LAÂROUCHI ENGSTRÖM, Directrice du Département information et EIA, SKB, Suède : Les acquis scientifiques et techniques des recherches conduites en Suède sur le stockage géologique	119
Mme Anna VÄÄTÄINEN, Directrice générale adjointe, ministère de l'Industrie et du Commerce, Finlande : La politique finlandaise pour l'aval du cycle du combustible nucléaire	122
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	124
M. Philippe STOHR, Directeur général adjoint, ANDRA : Les dimensions de la réversibilité, selon les études scientifiques et d'ingénierie	124
Débat avec les participants	127
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	127
M. Jean-Louis CANOVA, Conseiller général de la Meuse	127
M. Antoine ALLEMEERSCH, maire de Cirfontaines-en-Aulnoy, Conseiller général de la Haute-Marne	128
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	131
Mme Monique SENÉ, GSIEN	131
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	131
M. André MOUROT, membre du Bureau du CLIS de Bure	132

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne	132
M. Alain DORANGE, président de la Commission énergie des Verts.....	133
M. Jean-Baptiste POISSON, CGT FNME	133
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur	134
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	135
M. Robert FERNBACH, maire d'Houdelaincourt (Meuse), vice-président du CLIS du laboratoire de Meuse / Haute-Marne	135
M. Jean-André GALEYRAND, CFE CGC	135
Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week.....	136
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	136
Mme Saïda LAËROUCHI ENGSTRÖM, SKB	136
M. Jean-Luc BOUZON, Conseiller général de la Haute-Marne	137
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	137
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	138
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	138
Reprise des présentations	138
M. Christophe DELLIS, Ingénieur projet, Direction simulation et outils expérimentaux, CEA : Les outils de la modélisation et de la simulation numérique d'un centre de stockage géologique.....	138
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	140
M. Jacques REPUSSARD, directeur général, IRSN : Les acquis de l'appui technique de l'autorité de sûreté pour évaluer un projet de stockage	141
M. Jean-Claude DUPLESSY, membre de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation par la CNE des recherches relatives à l'axe 2 de la loi du 30 décembre 1991	143
M. André-Claude LACOSTE, directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, DGSNR : Le stockage, réversible ou irréversible, en formations géologiques profondes	146
Mme Sophie GALEY-LERUSTE, directrice des ressources énergétiques et minérales : Le stockage des déchets radioactifs de haute activité dans la stratégie énergétique de la France.....	148
Débat avec les participants.....	150
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA	150
M. Patrick LANDAIS, Directeur scientifique de l'ANDRA	150
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	151
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA	151
M. Philippe LALIEUX, ONDRAF.....	151
M. Bruno SIDO, Sénateur de la Haute-Marne, membre de l'OPECST, Président du Conseil général de la Haute-Marne	151
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	152
M. Francis SORIN, Revue générale nucléaire	152
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA	153
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.....	153
M. François DOSÉ, Député de la Meuse	153
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	154
Allocution de clôture de M. Patrick DEVEDJIAN, Ministre délégué à l'industrie	154
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	157

CHAPITRE III : AUDITION DU JEUDI 3 FEVRIER 2005 – AXE 3 : LE CONDITIONNEMENT ET L'ENTREPOSAGE DE LONGUE DUREE159

MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis, de M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Rapporteur 159

M. Henri REVOL, Sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques	159
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur	160
M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie, Rapporteur.....	161
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection : La gestion des déchets radioactifs – bilan et perspectives en termes de sûreté nucléaire.....	162
M. Andris PIEBALGS, Commissaire européen à l'énergie, Union européenne : L'énergie nucléaire et les déchets radioactifs – une perspective européenne	164
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	167
Professeur Burton RICHTER, Prix Nobel de physique, États-Unis : Une vision à long terme de la question des déchets radioactifs	167
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	171

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA : Les perspectives technologiques établies par le CEA pour le conditionnement et l'entreposage à long terme	171
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	173
M. Claes THEGERSTRÖM, Président, SKB, Suède : Le conditionnement et l'entreposage, deux problématiques centrales dans la gestion des déchets en Suède	173
Débat avec les participants.....	175
Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week.....	175
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.....	175
M. François DOSÉ, Député de la Meuse	176
M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA	176
M. Claude BIRRAUX.....	176
M. Claes THEGERSTRÖM, Président, SKB, Suède	177
M. François DOSÉ, Député de la Meuse	177
M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA.....	177
M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne	177
M. François JACQ, Directeur général, ANDRA.....	178
M. Arsène LUX, Conseiller général de la Meuse, Maire de Verdun.....	179
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur	180
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	180
Reprise des présentations	181
Dr. Jukka LAAKSONEN, Directeur général STUK – Finlande : La politique finlandaise des déchets radioactifs au crible de la sûreté nucléaire	181
M. Gilles BORDIER, Chef du département d'études du traitement et du conditionnement des déchets – CEA : La caractérisation et le conditionnement des déchets	183
M. Jean-Pierre MONCOUYOUX, Centre d'expertise sur le conditionnement et l'entreposage des matières radioactives (CECER)- CEA : Les concepts d'entrepôts de longue durée.....	185
M. Jacques BESNAINOU, Directeur de la branche traitement/recyclage – AREVA : Un regard transatlantique sur la gestion des déchets	187
M. Jean-Christophe NIEL, Directeur de la stratégie – IRSN : Les outils de l'appui technique de l'autorité de sûreté pour l'évaluation du conditionnement et de l'entreposage	189
Débat avec les participants.....	191
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.....	192
M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne	192
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	192
M. Pierre BACHER.....	193
M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur	193
M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA.....	193
APRÈS-MIDI : Présidence de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur	193
M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques	193
Reprise des présentations	194
M. François JACQ, directeur général de l'ANDRA : Les outils de la flexibilité dans la gestion des déchets radioactifs	194
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	196
M. Bernard TISSOT, Président de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation de la CNE	196
M. Robert GUILLAUMONT, membre de la CNE.....	197
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	199
M. Bernard FROIS, directeur du département énergie, transport, environnement et ressources naturelles, ministère délégué à la Recherche : l'état actuel et les perspectives des technologies modernes de conditionnement et d'entreposage à long terme.....	199
Débat avec les participants.....	203
M. Arsène LUX, Conseiller général de la Meuse, Maire de Verdun.....	203
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	203
Pr. Burton RICHTER	204
Mme Monique SENÉ, présidente du Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire	204
M. André MOUROT, membre du bureau du CLIS	205
M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, Direction de la technologie	205
M. le Secrétaire du Comité de groupe COGEMA.....	205
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur.....	206
M. Bernard TISSOT, Président de la CNE	206
M. Bernard FROIS, Directeur du département, Direction de la technologie	206

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne	207
M. Roland CORRIER, Conseiller général de la Meuse	207
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	207
M. Bernard TISSOT, Président de la CNE	208
M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA	208
Reprise des présentations	209
M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection	209
M. Christian NAMY, Président du Conseil général de la Meuse	210
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	211
M. Alain BUGAT, administrateur général du CEA : Bilan et perspectives des recherches conduites par le CEA en application de la loi du 30 décembre 1991	211
M. Pierre GADONNEIX, président d'Électricité de France : La vision d'EDF pour l'aval du cycle du combustible nucléaire	215
M. Dominique MAILLARD, directeur général de l'énergie et des matières premières, DGEMP, ministre délégué à l'Industrie : quelle gestion pérenne des déchets radioactifs ?	217
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	221
Allocutions de clôture des trois journées d'auditions publiques	221
M. Claude BIRRAUX, député de Haute-Savoie, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques	221
M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur	222
Message de M. Serge LEPELTIER, ministre de l'écologie et du développement durable	223

**Chapitre I : Compte rendu sténographique de l'audition publique du
jeudi 20 janvier 2005 - Axe 1 : la séparation et la transmutation -**

**MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis,
de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur**

La séance est ouverte à 9 heures 05 sous la présidence de M. Henri REVOL, Sénateur, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

**M. Henri REVOL, Sénateur, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix
scientifiques et technologiques : Allocution d'ouverture**

Cette journée d'audition publique est organisée par les rapporteurs de l'Office Christian BATAILLE, député du Nord, et Claude BIRRAUX, député de Haute-Savoie, premier vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, dans le cadre de la préparation de leur rapport sur « *l'état d'avancement et les perspectives des recherches sur la gestion des déchets radioactifs* ». Cette première journée sera consacrée au premier axe de la loi du 30 décembre 1991. Les journées du 27 janvier et du 3 février seront consacrées aux deuxième et troisième axes de la loi.

La loi du 30 décembre 1991 est souvent présentée comme la « loi Bataille » en raison du rôle très important joué par Christian BATAILLE dans sa préparation. Il avait, en effet, rédigé un rapport en 1990 pour l'Office, l'un des premiers grands rapports de l'Office parlementaire. Il avait également été rapporteur du texte en 1991 à l'Assemblée Nationale tandis que j'avais été rapporteur de ce texte au Sénat.

Claude BIRRAUX a, pour sa part, réalisé dans le cadre de l'Office parlementaire onze rapports sur la sûreté des installations nucléaires. Vous conviendrez ainsi qu'il était souhaitable, compte tenu de l'expérience accumulée dans le domaine de l'énergie nucléaire, que l'Office parlementaire soit à nouveau saisi et participe à l'évaluation des recherches dont la loi de 1991 a prescrit la réalisation.

Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX nous exposeront le contexte et la méthode de préparation de leur rapport. En tant que président de l'Office parlementaire, je voudrais restituer leur travail dans l'activité générale de l'Office. Celui-ci a été créé par la loi du 8 juillet 1983 à la suite d'un vote unanime du Parlement. L'Office a pour mission « *d'informer le Parlement des conséquences des choix de caractère scientifique et technologique afin notamment d'éclairer ses décisions* ». Dans ce but, « *l'Office recueille des informations, met en œuvre des programmes d'étude et procède à des évaluations* ». Énergies, environnement, risques technologiques, santé, bioéthique, espace, informatique, télécommunications, recherche : tels sont les domaines très divers sur lesquels l'Office a travaillé grâce à ses trente-six membres, députés et sénateurs, qui investissent dans ces travaux une part très importante de leur temps lorsqu'ils sont en charge d'un rapport.

Pour vous donner une idée de l'étendue du domaine de nos investigations, je citerai quelques titres des derniers rapports publiés par l'Office :

- « *Les conséquences des modes d'appropriation du vivant* », par M. Alain CLAEYS, Député ;

- « *La science et la technologie au service de la qualité et de la sûreté des aliments* », par M. Claude SAUNIER, Sénateur ;
- « *Les nano sciences et le progrès médical* », par MM. Jean-Louis LORRAIN et Daniel RAOUL, Sénateurs ;
- « *Les télécommunications à haut débit au service du système de santé* », par M. Jean DIONIS DU SÉJOUR, Député, et M. Jean-Claude ÉTIENNE, Sénateur.

Les rapports en cours portent sur l'évaluation des lois sur la veille sanitaire et le contrôle de la sécurité sanitaire, les biotechnologies, les techniques de restauration des œuvres d'art, le concept de voiture propre, le risque épidémique, les recherches sur le fonctionnement des cellules vivantes. Ces sujets sont très divers. C'est donc avec un regard multidisciplinaire et une variété de sensibilités politiques - Claude BIRRAUX appartient à la majorité, Christian BATAILLE à l'opposition - que les études de l'Office sont conduites - rappelons que les différents groupes politiques de l'Assemblée Nationale et du Sénat sont représentés au sein de l'Office parlementaire en proportion de leurs effectifs au sein des Assemblées -. C'est donc avec une pluralité de points de vue que les rapports de l'Office examinent les problèmes et proposent des recommandations aux pouvoirs publics.

S'agissant de la gestion des déchets radioactifs, le problème d'aujourd'hui est d'accroître encore le niveau de sûreté - déjà très correct - des pratiques françaises de la gestion des déchets radioactifs et de mettre en place des solutions pérennes à très long terme qu'il est de notre responsabilité de ne pas laisser à la charge des générations futures. Grâce à la loi de 1991, la France a considérablement avancé dans la connaissance de ces déchets, de leur composition, de leur volume, de leur localisation, comme l'a montré l'excellent inventaire national des déchets radioactifs, récemment publié par l'ANDRA.

La France a déjà mis en place des solutions pérennes pour le stockage de déchets de faible ou très faible activité. Notre pays met en œuvre, par ailleurs, des techniques de conditionnement et des installations d'entreposage des déchets de moyenne ou haute activité dont le niveau de sûreté est déjà très haut. C'est précisément l'objet de nos auditions que de faire le point sur les technologies disponibles ou que l'on peut entrevoir pour gérer dans la longue durée les déchets radioactifs de moyenne ou de longue activité. Au cours de ces auditions, des chercheurs, des ingénieurs de notre pays ainsi que des scientifiques européens et américains, qui nous font l'amitié de venir et que je remercie particulièrement au nom de l'Office parlementaire, vont nous exposer leurs résultats, leurs projets et leurs visions pour gérer l'aval du cycle du combustible nucléaire dans les prochaines décennies.

Des termes techniques (actinides mineurs, produits de fission, réacteurs rapides de Génération IV, réacteurs sous-critiques pilotés par accélérateur) seront énoncés, invoqués, discutés. Grâce à la clarté de nos interlocuteurs, je suis convaincu qu'ils deviendront accessibles à tous. Non seulement l'Office parlementaire doit informer le Parlement, mais il doit aussi informer nos concitoyens. En tant que vigie scientifique du Parlement, l'Office travaille à cette clarification depuis 1984. Délégation commune à l'Assemblée et au Sénat, l'Office veut bien entendu au premier chef informer les parlementaires et il faut absolument que l'information se transmette à nos concitoyens de la manière la plus vulgarisée et la plus accessible.

Au final, il est de notre responsabilité à tous, pour qui l'électricité joue un rôle si important dans notre vie quotidienne - en France, ce rôle est assuré à 80 % par l'électronucléaire - d'avancer dans la voie que la loi de 1991 a tracée, à savoir prendre nos responsabilités face aux générations futures.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur : Propos introductifs

Je voudrais tout d'abord vous remercier pour votre présence lors de cette audition publique. Les auditions publiques sont l'une des méthodes de travail de l'Office désormais éprouvée : elles représentent la confrontation des idées proposées par les acteurs de la recherche sur un problème spécifique, ayant un impact à la fois sur l'économie mais également sur la société dans son ensemble.

La question de la gestion des déchets radioactifs à l'Office parlementaire date d'une quinzaine d'années, donc de 1990, année pendant laquelle j'ai préparé mon premier rapport sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité. Ce rapport avait été adopté par l'Office en décembre 1990. Cette question avait déjà une forte résonance sociale et politique. Ceci explique que le Gouvernement ait sollicité la réflexion du Parlement.

La loi du 30 décembre 1991, largement inspirée des recommandations de l'Office, a été en somme préparée par l'Office, ce qui n'est pas une méthode de travail courante. Bien souvent, l'Office réfléchit pour le long terme et non pour la législation immédiate. Cette loi a été adoptée à la quasi-unanimité dans chacune des deux Assemblées. Je me souviens précisément que l'opposition, la droite à cette époque, s'était abstenue, ce qui valait approbation. Nous avons obtenu, lors des lectures suivantes, une unanimité qui n'était pas de circonstance.

Je souhaite, dans ce court propos introductif, ajouter deux remarques. La première concerne la prise en compte du long terme par la puissance publique. Le dossier des déchets nucléaires a été antérieurement considéré, de par sa technicité, comme un domaine réservé pour l'exécutif. Une réflexion, menée au sommet de l'Etat, semblait s'imposer. Par ailleurs, depuis 1990, le Parlement assure un rôle pilote car ce dossier avait un fort impact social, suscitant des remous sociaux et politiques ; depuis, les majorités ont changé... Même si les dossiers se transmettent d'un responsable à un autre, le Parlement dispose aujourd'hui d'une mémoire plus stable que le Gouvernement. Il possède la mémoire vivante de la problématique des déchets et cette mémoire s'enrichit régulièrement des réflexions successives des uns et des autres. C'est par leur travail que les parlementaires, élus du peuple, se sont approprié une partie de la légitimité politique et intellectuelle sur cette question. Personne ne le conteste. Je souligne, à cet égard, qu'aucune des majorités qui se sont succédé depuis la loi de 1991, n'a remis en cause cette loi ni les crédits de recherche prévus par ce texte. Pourtant, chacun sait que pour Bercy, la tentation est forte... Par ailleurs, avec leur succès technique, la continuité des efforts de la recherche et de l'industrie nucléaire française est à la base de notre réputation d'excellence dans ce domaine.

La seconde de mes remarques concerne la nécessité immédiate d'action, qui suit le temps de la réflexion. Vis-à-vis de la gestion des déchets radioactifs, les bases de notre action sont bonnes. Le cas des déchets de faible ou de très faible activité est désormais réglé grâce aux centres de stockage de l'ANDRA à Soulaïnes et à Morvilliers. Il nous faut maintenant apporter une solution aux déchets de moyenne ou haute activité à longue durée de vie. Le choix du retraitement s'avère gagnant, non seulement en termes d'optimisation des ressources énergétiques mais également en termes de gestion des déchets. Le retraitement ouvre en effet le champ du possible pour l'aval du cycle et ouvre la voie du progrès décisif qui est, ou sera, la réduction de la radiotoxicité des déchets. Sans retraitement, il n'existe aucune autre possibilité que le stockage. Le stockage définitif des combustibles usés avec les volumes et les coûts d'entreposage et de stockage est considérablement plus élevé.

Sur la base de la continuité de l'action de l'Etat, les recherches sur la gestion des déchets ne sauraient, à l'évidence, s'arrêter en 2006. Le Parlement aura à en débattre, mais cela semble tomber sous le sens. 2006 ne marquera pas l'arrêt ou la suspension des recherches à l'expiration d'une période de

quinze ans qui vaut comme rendez-vous législatif mais non comme fin d'une période de recherche. La loi du 30 décembre 1991 a prévu cette période de quinze années de recherches avant de prendre une décision. Henri REVOL a évoqué notre responsabilité face aux générations futures. Prolonger les recherches est une nécessité, ce qui ne signifie pas pour autant qu'il ne faut pas agir.

L'audition de ce jour, ainsi que les deux suivantes, nous permettront – j'en suis convaincu – de mieux discerner et préciser les directions à prendre. Je vous remercie et cède la parole à Claude BIRRAUX.

M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Premier vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques : Propos introductifs

Je souhaite remercier les participants à cette audition et tout particulièrement nos invités étrangers : le Professeur Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique, le Dr GRUNDER, le Dr PASAMEHMETOGLU, le Dr ABDERRAHIM et le Professeur GUDOWSKI.

Vous connaissez les méthodes de l'Office parlementaire : visites sur le terrain et rencontres des différents acteurs. Nous nous sommes rendus en Suisse, en Allemagne, en Belgique, en Suède, en Finlande, aux Etats-Unis, sur les sites de Marcoule et de Cadarache, dans les Départements de la Haute-Marne et de la Meuse, sur le site de Bure et nous avons auditionné environ deux cents acteurs.

L'Office parlementaire a été saisi par les quatre présidents de groupes parlementaires sur un rapport sur l'état d'avancement et les perspectives de la recherche et de la gestion des déchets radioactifs. Nous rendrons ce rapport au mois de mars. Il a pour objectif d'éclairer le Parlement sur les progrès accomplis sur les trois axes fixés par la loi Bataille pour la recherche, de manière à ce que le Parlement soit parfaitement informé avant d'aborder le débat de 2006. La loi avait prévu la saisine ; je ne vois pas de méthode qui soit plus démocratique. Mon « *brevet de démocratie* » m'a été confié par les électeurs et je conteste à quiconque d'autre de s'arroger le droit de nous donner des leçons de démocratie.

M. Henri REVOL, Sénateur, Président de l'Office parlementaire

Je vous propose de débiter les travaux de la matinée sous la présidence de Christian BATAILLE.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je cède immédiatement la parole à Alain BUGAT, qui va nous présenter le contexte scientifique et technique général des recherches sur la gestion des déchets radioactifs en France et dans le monde.

M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA : Le contexte scientifique et technique général des recherches sur la gestion des déchets radioactifs en France et dans le monde

M. le Président, MM. les Rapporteurs, MM. les Sénateurs et Députés, bien que la mémoire de l'Assemblée soit très présente sur ce sujet, je voudrais revenir sur quelques éléments de contexte général de manière à ce que les plus jeunes d'entre nous, qui n'ont pas vécu les années 1990-1991, puissent mesurer les changements intervenus depuis lors/

À ce jour, dans le monde, 440 réacteurs nucléaires fournissent 17 % de la production mondiale d'électricité. 80 % de ses réacteurs sont de type « eau légère », avec un fluide de refroidissement ordinaire. C'est le cas, en particulier, des 58 réacteurs français.

Typiquement, après avoir produit de l'énergie pendant trois ou quatre ans dans le cœur d'un réacteur à eau légère, un combustible REP, usé, de type oxyde uranium, UO₂, contient 94 % d'uranium et 1 % de

plutonium, qui sont des matières énergétiques recyclables. Il contient également 5 % de déchets, constitués des produits de fission ainsi que de 0,1 % d'actinides mineurs, principalement le neptunium, l'américium et le curium. Le combustible UO₂ utilisé présente une toxicité qui est fortement supérieure à celle du minerai d'uranium naturel qui a servi à préparer le combustible initial. Ce supplément de radiotoxicité est dû principalement aux produits de fission pendant environ 300 ans, aux actinides mineurs pendant environ 20 000 ans et au plutonium produit pendant environ 300 000 ans.

Les déchets de l'énergie nucléaire sont caractérisés par des masses très petites en comparaison des autres moyens de production d'énergie. À titre d'illustration, les déchets produits en France par les réacteurs électrogènes représentent environ 1 kilogramme par an et par habitant, dont seulement 10 grammes sont des déchets de haute activité, à comparer à 2 500 kilogrammes de déchets industriels par habitant ou à 6 600 kilogrammes de dioxyde de carbone rejetés directement dans l'atmosphère. Néanmoins, leur toxicité potentielle nécessite des méthodes de gestion très spécifiques.

La gestion de ces déchets, dans les stratégies de tous les pays du monde, est réalisée avec l'objectif de protéger durablement l'homme et l'environnement du risque associé. Dans cette optique, deux grandes voies de gestion de ces matières, que l'on appelle le cycle du combustible, sont envisagées.

La première est nommée le cycle fermé. Elle consiste à retraiter les combustibles usés pour séparer les matières encore valorisables et les déchets ultimes. Elle permet actuellement de récupérer, pour les recycler, les matières énergétiques (uranium et plutonium) et de conditionner de façon sûre et durable (vitrification) les déchets ultimes (produits de fission et actinides mineurs), qui représentent un faible volume. Dans cette option, les éléments radioactifs des déchets sont conditionnés par intégration dans une matrice de verre, elle-même entourée d'une enveloppe métallique de protection. Les colis de déchets ainsi constitués sont placés d'abord dans des entreposages, installations industrielles qui vont permettre de les gérer pendant des durées d'environ cinquante à cent ans. Au-delà, l'une des possibilités est de les stocker en couches géologiques profondes pour en assurer le confinement à long terme.

La deuxième voie est nommée le cycle ouvert. Les combustibles usés sont considérés comme des déchets et sont destinés à être conditionnés tels quels dans des conteneurs. Après une période d'entreposage, ils pourraient être stockés en couches géologiques profondes, avec le même objectif que celui du cycle fermé.

La France s'est engagée dans une première étape du cycle fermé, en traitant les combustibles UO₂ usés et en recyclant dans les réacteurs le plutonium extrait sous forme de combustible MOX. Cette option présente l'avantage de consommer une fraction du plutonium produit initialement pour produire de l'énergie et de concentrer la fraction restante de plutonium dans le combustible MOX utilisé, en attendant son traitement ultérieur. Je précise que nous disposons déjà d'expériences de retraitement du combustible MOX, à l'échelle de laboratoire.

D'autres pays ont également adopté une politique de traitement de leurs combustibles usés : le Japon, la Grande-Bretagne, la Russie, la Belgique, la Suisse, la Hollande et l'Inde. À l'opposé, la Suède, la Finlande, le Canada et les États-Unis ont choisi le cycle ouvert, en entreposant leurs combustibles usés et en étudiant la possibilité de les placer définitivement en stockage géologique. Les États-Unis ont choisi le cycle ouvert à la fin des années 1970 ; ils ont cependant depuis trois ans repris les travaux sur le traitement/recyclage dans le cadre du programme AFCI (Advanced Fuel Cycle Initiative).

Certains pays n'ont pas encore opéré de choix entre ces deux options et pratiquent l'entreposage d'attente des combustibles usés en piscine puis à sec dans des conteneurs. C'est le cas de la Corée du

Sud ou de la République de Taiwan. À ce jour, aucun pays n'a mis en service effectif un stockage géologique de combustibles usés ou de colis de déchets vitrifiés. Toutefois, il existe aux Etats-Unis, pour les combustibles issus de l'industrie militaire, un centre au Nouveau-Mexique, le WIPP (Waste Isolation Pilot Plant).

Tout comme la radiotoxicité des déchets, la puissance thermique résiduelle des déchets est dominée par celle des produits de fission pendant un siècle, du plutonium et de l'américium pendant les quelques siècles suivants. La faisabilité d'un stockage est logique - plus ou moins chaud initialement selon les déchets considérés, et la durée de l'entreposage préalable - nécessite que soient finalisées la démonstration et la garantie d'absence de remontée significative de radioéléments vers la surface. La durée de l'entreposage et le contenu des colis de déchets sont donc des paramètres importants dans le choix et l'implémentation d'une méthode de gestion.

La production d'énergie nucléaire en France a été conduite depuis ses débuts avec le souci d'organiser une gestion responsable sur le long terme de ses déchets radioactifs. La séparation et le recyclage des matières énergétiques valorisables permettent ainsi de réduire, de conditionner et de préparer leur stockage. Les opérations de traitement du combustible usé permettent de réduire fortement la radiotoxicité en retirant le plutonium, principal contributeur de la radiotoxicité à long terme. Elles permettent également de conditionner les déchets à vie longue. Au cours de ces quinze dernières années, des progrès considérables ont été accomplis au plan industriel pour réduire le volume déjà faible des déchets et le flux des effluents radioactifs.

L'évolution depuis la fin des années 1980 a été rapide : à cette époque, le nouveau parc de réacteurs français venait d'être terminé ; la nouvelle unité de traitement UP-3 de La Hague démarrait et l'usine UP 2 800 destinée au traitement des combustibles EDF était en construction. Le recyclage industriel dans les combustibles MOX en était à ses débuts.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte, environ 15 000 m³ par an, proviennent principalement de la maintenance et de l'exploitation des installations nucléaires. Ils sont gérés par l'ANDRA et stockés en surface au centre de l'Aube. À La Hague, à l'issue des opérations de traitement des combustibles usés, les déchets de haute activité à vie longue (HA-VL) concentrent plus de 90 % de la radioactivité totale et représentent un volume de 130 m³ par an. Leur conditionnement actuel assure un confinement durable. Les autres déchets à vie longue, de moyenne activité (MA-VL) représentent un volume réduit (pour La Hague, 320 m³ par an).

La question de la gestion à long terme des déchets de haute activité avait conduit le Gouvernement en 1990 à ordonner un moratoire et à préparer une loi. Le CEA avait la responsabilité des axes 1 et 3 de la loi. Les recherches ont été menées de façon très soutenue depuis 1992 et ont bénéficié d'une importante coopération nationale (EDF, AREVA, ANDRA, CNRS, Universités), ainsi que de coopérations européenne et internationale. Elles ont été également continuellement évaluées par la Commission nationale d'évaluation, à laquelle nous venons de remettre notre rapport 2004 sur les axes 1 et 3.

Les dépenses cumulées depuis la mise en place des recherches (1992-2003) représentent sur l'axe 730 M€ sur l'axe 1 et 614 M€ sur l'axe 3, dont la plus grande part revient au CEA. Le rythme actuel est d'environ 110 M€ par an dont une partie est consacrée au fonctionnement de deux installations lourdes indispensables : Atalante et Phénix à Marcoule.

Enfin, je voudrais mentionner quatre spécificités du paysage mondial. Tout d'abord, il existe une relative disparité entre pays sur le mode de gestion des déchets. En France, et dans la plupart des pays, la

responsabilité de la gestion appartient aux producteurs. Dans certains pays, un système de fin de cycle associe un gestionnaire, qui n'est pas le producteur, et un fonds associé. Existe-t-il un intérêt, pour la communauté nationale, à avoir une gestion séparée de la fin de cycle ?

Deuxièmement, il existe un problème réel de rapport coût/bénéfice pour les petits pays nucléaires. La Slovénie, par exemple, partage un réacteur avec la Croatie. La Slovénie n'a pas les moyens de s'équiper d'un centre de stockage profond. Ainsi, sous l'impulsion de l'AIEA (Agence Internationale à l'Énergie Atomique), des idées se font jour, comme des stockages régionaux.

Troisièmement, le cloisonnement est trop important entre les recherches de chaque pays. Chaque pays mène sa propre politique, malgré les échanges scientifiques réels. L'idée a germé, reprise par l'Union européenne, d'une entreprise commune européenne (Joint Undertaking) pour mettre en commun les résultats des recherches, promouvoir et financer les recherches complémentaires, informer de manière cohérente les publics nationaux et montrer des objets.

Enfin, quatrième, les outils d'étude de la transmutation vont être de plus en plus rares. Phénix sera arrêté en 2008, le réacteur Monju n'a toujours pas redémarré au Japon. Restent aujourd'hui les possibilités russes et indiennes. Une menace très claire pèse donc sur les outils de transmutation. Pour le CEA, les recherches sur les déchets après l'arrêt de Phénix et celles sur le système nucléaire de quatrième génération se rejoignent.

En conclusion, des éléments nouveaux de première importance résultent des travaux de recherche qui ont été développés dans le cadre de la loi. Ils constituent désormais une base scientifique et technologique solide qui devrait permettre un choix clair des grands principes à retenir par la France pour la gestion à long terme. La mise en œuvre des scénarii retenus va exiger des études complémentaires. Elle pourrait être différée de quelques années pour des raisons technico-économiques. Les résultats des travaux de recherche et développement conduits depuis treize ans montrent que les choix possibles demeureront longtemps largement révisables en fonction des progrès de la science.

M. Christian BATAILLE

Merci, M. BUGAT. Je donne maintenant la parole au Dr Hermann GRUNDER, que je remercie du parfait accueil que nous avons reçu avec Claude BIRRAUX lorsque nous nous sommes rendus dans son laboratoire d'Argonne près de Chicago. Même si tout ne va pas de soi entre nos deux pays, dans le domaine qui nous occupe aujourd'hui, nous échangeons de manière claire et amicale. Le Docteur GRUNDER nous présente les technologies de la séparation et de la transmutation.

Dr Hermann GRUNDER, Directeur du laboratoire national d'Argonne – DOE, Etats-Unis

Merci, M. BATAILLE. C'est un très grand plaisir de me trouver ici aujourd'hui. Il est très intéressant pour moi de m'exprimer dans un pays qui a énormément œuvré dans le domaine de l'énergie et qui suit de très près les avancées dans ce domaine.

Premièrement, je souhaiterais revenir sur le contexte de l'énergie. L'énergie recouvre différents points de vue : ce qui peut être pertinent dans un pays ne l'est pas forcément dans un autre. Ceci étant dit, je pense que l'énergie nucléaire doit évoluer significativement dans l'intérêt de l'ensemble du monde.

La France a montré qu'une économie basée sur le nucléaire peut parfaitement fonctionner. Il ne faut pas oublier ce point. Je ne sais qui je dois féliciter pour ce fait : la politique énergétique de la France

existe et j'ai déjà demandé à certains ce qu'ils pensaient de leur facture énergétique ; les réponses ont été très positives. Aux Etats-Unis, la situation est différente.

Nous sommes d'accord pour dire qu'il doit être possible d'acheter son énergie en provenance de plusieurs sources différentes ; il suffit de signer un chèque et l'énergie est livrée. Peut-être ne connaissez-vous pas les nouvelles technologies ; il faut alors aller en Chine. Vous y trouverez des réacteurs à eau pressurisée d'origine française, qui sont magnifiquement bien construits. Ceci n'est pas un problème.

En revanche, un problème vient de l'énorme quantité de déchets. Certes, cette quantité est réduite par rapport à d'autres déchets industriels, mais le sens de ces déchets est particulièrement important aux yeux de l'opinion publique. Nous parlons de volumes relativement importants, dont plus de 90 % sont composés d'énergie non utilisée mais qui pourraient l'être.

Le problème ne concerne donc pas seulement l'extraction. Il s'agit de savoir également que faire des déchets émis par ce mode de fonctionnement. Il faut donc avoir recours aux méthodes de stockage géologique mais il faut également prendre en compte l'aspect économique. L'Université de Chicago, qui a très bonne réputation, s'est intéressée au coût du nucléaire. Il s'avère que celui-ci est la forme d'énergie la moins onéreuse. Les conclusions sont très claires. Moins de dépenses sont impliquées dans ce cas. Aux Etats-Unis, d'ailleurs, les débats portent toujours sur ce sujet. Or, en quelque sorte, le nucléaire a déjà fait ses preuves. Des centrales ou des usines, déjà construites, prouvent la validité d'une telle solution.

Concernant l'environnement, la situation est identique. En termes écologiques, le nucléaire est la meilleure solution. Bien entendu, il existe des désavantages que je ne nierai pas ; toutefois, ils se limitent essentiellement à un problème de prolifération, problème que l'on peut traiter même si l'on ne peut le résoudre totalement. Ce sujet ne doit pas être sous-estimé, il faut le traiter sérieusement. Ceci est particulièrement vrai pour un système pouvant avoir des applications militaires. Il faut savoir également qu'il s'agit d'une méthode durable. Arriver à séparer du plutonium et les minerais qui en sont extraits revient à effectuer un grand pas en avant en ce qui concerne la toxicité des déchets finaux stockés à des profondeurs géologiques importantes.

Comment recycle-t-on ? Comment incinère-t-on les produits fissiles que l'on obtient ? Malheureusement, les Présidents FORD et CARTER ont remis en cause une politique énergétique tout à fait sensée. Pour 2005, nous souhaitons corriger cette évolution afin de suivre la voie la plus sensée et la plus logique pour minimiser les coûts tout en maximisant les quantités d'énergie, tout en disposant des centres de stockage géologiques les plus sûrs qui soient. M. CARTER lui-même n'a jamais empêché la recherche et le développement en ce qui concerne la gestion des déchets. Toutefois, il a empêché l'utilisation commerciale du recyclage.

Le CEA et les Etats-Unis ont mis en œuvre un système de pyrométallurgie et d'électrométallurgie. Cette méthode de recyclage diffère du procédé PUREX. Je vous rappelle que nous ne réfléchissons pas en tant qu'entité mondiale. Ainsi, la seule raison pour laquelle nous avons développé le procédé PUREX était la construction de bombes. N'est-il pas surprenant de constater aujourd'hui que ce même PUREX est utilisé pour l'énergie nucléaire à usage civil ? Pour essayer de réduire la prolifération, on cherche à éviter que le plutonium et les actinides mineurs soient séparés. On parle par exemple d'électroaffinage ou de séparation par métaux liquides. Toutefois, l'important est de pouvoir les incinérer, ce qui suppose une démarche de recyclage appropriée ainsi que des réacteurs à neutrons rapides.

Dans ces conditions, les spectres à neutrons rapides sont nécessaires. Cela suppose un accélérateur ou un réacteur, ce qu'il appartient à chacun de décider sur des bases économiques. Il me semble que la méthode la plus économique est celle des réacteurs. Concernant le cycle du combustible, des études menées sur le ratio entre les réacteurs à neutrons rapides et les réacteurs traditionnels montrent qu'il faut quatre ou cinq réacteurs traditionnels pour un réacteur à neutrons rapides. Finalement, je suis d'accord pour dire que nous avons besoin d'un accélérateur, mais c'est simplement à la fin du processus que ce besoin se fait ressentir.

Les propos qui vont suivre concernent davantage les Etats-Unis et l'avancée de la technologie. Cette technologie doit progresser tout en évitant d'avoir à forcément partir sur des projets à très grande échelle. C'est pour cela que nous avons étudié un réacteur de faible puissance (« pile nucléaire »). Avec de la chance, d'ici deux ans, nous aurons un rapport de conception pour ce projet, peut-être avec un partenaire. Il s'agit d'un projet qui utilise une technologie très intéressante pour recycler et incinérer le plutonium et les actinides. C'est également une solution qui peut servir de niche pour ce type de besoins.

Pour conclure, la France a montré au reste du monde que l'énergie nucléaire constituait une source d'énergie durable et économique, pouvant être utilisée dans l'ensemble du monde. Par ailleurs, nous sommes en train d'épuiser nos réserves de pétrole et d'autres sources d'énergie. Il faut que nous traitions ensemble, en collaboration, la recherche et développement qu'il reste à effectuer. La coopération a montré qu'elle se réalisait formidablement bien lorsqu'il existe ce sens du partage international.

M. Christian BATAILLE

Merci, Dr GRUNDER. J'ai précédemment oublié d'accueillir à cette tribune mes collègues parlementaires, François-Michel GONNOT et François DOSÉ qui participent à longueur d'année et de législature aux travaux de l'Assemblée nationale sur l'énergie. Je donne maintenant la parole à M. Philippe PRADEL, pour une synthèse des recherches menées par le CEA sur l'axe 1.

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA : Synthèse des recherches menées par le CEA sur l'axe 1

Il est ambitieux de vouloir réaliser en quelques minutes une synthèse des recherches menées par le CEA. L'ensemble des recherches du CEA a été mené dans le cadre de très nombreuses collaborations, françaises principalement avec le CNRS au travers de plans de recherches, mais aussi de collaborations internationales avec des laboratoires, américains ou autres. Également, plus en aval, le CEA a conduit des collaborations avec des industriels pour mettre en œuvre les premiers résultats d'une quinzaine d'années de recherches.

Je débute par quelques mots sur le combustible utilisé des réacteurs à eau légère pour en rappeler quelques caractéristiques bien connues, qui permettent d'illustrer les travaux de l'axe 1 mais également les travaux plus globaux en matière de gestion des déchets de haute activité.

Un combustible utilisé comprend, après quelques années d'irradiation, des matières recyclables : 95 % pour l'uranium, 1 % pour le plutonium. Les déchets non recyclables comprennent les produits de fission (4%) et des actinides mineurs (0,1 %). C'est donc sur cette matière de base qu'il faut arriver, au fil du temps, à mener les différentes optimisations de réduction de volume et de toxicité. Il faut noter également que des structures métalliques encadrent le combustible et donnent lieu à des déchets de moyenne activité à vie longue. Par ailleurs, le traitement lui-même du combustible utilisé peut, le cas échéant, conduire à d'autres déchets de moyenne activité à vie longue.

La toxicité, après un certain temps de refroidissement des différentes catégories de matière, se trouve être principalement dans le plutonium, puis, secondairement, dans les actinides mineurs, enfin dans les produits de fission. Ainsi, les objectifs de l'axe 1, et plus généralement de la gestion des déchets, sont d'opérer un tri sélectif de ces matières, de réutiliser ou de conditionner celles que l'on peut recycler et de conditionner au mieux les déchets ultimes, ensuite entreposés.

Dans les années 1990, la situation en France était marquée par des installations de traitement en fonctionnement et en démarrage, notamment pour les usines de Génération III. Après quinze années de recherches et de transfert industriel, des résultats importants ont été obtenus. En particulier, il est à noter que la quantité globale produite de déchets de haute et de moyenne activité à vie longue a été divisée par un facteur 10 par rapport à la valeur prévisionnelle de 1990 pour un flux énergétique donné. Ce résultat est fondamental car il permet d'avoir la sérénité nécessaire à l'établissement d'un débat constructif et au choix de solutions.

La meilleure connaissance des déchets du passé s'effectue au travers de l'inventaire réalisé. Par ailleurs, la croissance du volume total des déchets de moyenne et de haute activité à vie longue est très faible. Ceci donne toutefois un poids plus important aux déchets issus du passé pour lequel nous tentons de trouver des filières de gestion complète. Nous nous trouvons donc dans une situation sereine pour aborder les débats et les choix sur le futur. Il faut cependant avoir ouvert le champ des possibilités de gestion, soit par des réductions de radiotoxicité, soit par d'autres réductions de volumes, soit par l'optimisation de déchets ultimes.

Pour cela, il est important de donner une vision claire et palpable des objets en question, de leur quantité, de leur volume. Ceci est l'objet principal d'installations que le Commissariat a mis en œuvre sur le site de Marcoule : le CECER et le Visiatome qui aura une vocation de communication avec le grand public et qui sera inauguré au mois d'avril prochain. L'objectif en est de voir, de comprendre et de découvrir l'ensemble des recherches et des résultats mais aussi de sortir les déchets d'un imaginaire collectif inquiétant.

J'en viens maintenant à la séparation qui concerne l'uranium et le plutonium, recyclables aujourd'hui, les autres actinides mineurs, principalement neptunium, américium et curium, et les produits de fission non recyclables, vers la vitrification. En quinze années, de nombreux verrous scientifiques sur ce processus ont été levés. Nous avons aujourd'hui à disposition des technologies de séparation en voie aqueuse ou de pyrométallurgie capables d'effectuer ces séparations en laboratoire. C'est donc un résultat fondamental de la recherche de ces quinze dernières années. Nous avons ouvert le champ des possibilités sur ces questions de recyclage et de réduction de la toxicité.

Quelques grandes données sont à retenir de ces recherches. Elles ont été de très grande ampleur et ont représenté un élan important pour la recherche en chimie séparative et génie des procédés. De nombreux laboratoires dans le monde ont été associés de façon à trouver les bonnes molécules et les bons procédés. Pour 2005, une étape plus quantitative est en cours et apportera un atout supplémentaire aux potentialités futures en matière de séparation. Ces acquis sont maintenant potentiellement applicables pour les systèmes nucléaires du futur, bien qu'il reste des qualifications à réaliser et des décisions à prendre.

La séparation sert à la transmutation. Schématiquement, la transmutation pourrait se résumer par : faire des déchets d'hier les combustibles de demain. Ces étapes ont commencé à être franchies à travers le recyclage des premières matières uranium et plutonium. Elles doivent être poursuivies pour réduire encore la toxicité des déchets ultimes. Les verrous scientifiques ne sont pas ici de même nature que

ceux de la chimie. Il a fallu acquérir des connaissances de physique nucléaire et des données de section efficace de capture ou de fission (les deux voies possibles pour un radioélément sous un flux de neutrons). Puis, il a fallu examiner les différentes possibilités à travers les outils (réacteurs de recherche, réacteurs à eau pressurisée, réacteurs à électrons rapides ou ADS) avant d'envisager les méthodes de recyclage et de transmutation. Toutes ces étapes ont nécessité beaucoup de temps.

Si nous souhaitons nous diriger vers l'industrialisation dans les systèmes futurs, cela doit donner lieu à des études complexes puisqu'il s'agira de combustibles plus difficiles à fabriquer en termes d'environnement radiologique. Les programmes, par définition, sont longs ; les irradiations durent au moins cinq ans et il faut ensuite effectuer les expérimentations. Celles-ci permettent également d'examiner ce que pourraient être des combustibles pour les systèmes pilotés par accélérateur.

En conclusion, plusieurs points me semblent notables : des résultats ont été acquis dans ces quinze dernières années, avec une forte réduction quantitative des déchets et une forte réduction de la toxicité ; une ouverture du champ des possibles a été réalisée avec production minimale de déchets ultimes, utilisation optimale des matières énergétiques dans une perspective de développement durable et une résistance à la prolifération. Tout ceci doit nous permettre d'affirmer que nous sommes capables d'avoir des gestions responsables des déchets et des matières dans une perspective de développement durable et que la problématique est suffisamment bien cadrée pour aboutir à des solutions.

M. Christian BATAILLE

Merci, M. PRADEL. Je passe maintenant la parole à M. Bernard BOULLIS qui va nous présenter les résultats obtenus sur la séparation poussée.

M. Bernard BOULLIS, Chef du département radiochimie et procédés, CEA : Les résultats obtenus sur la séparation poussée

Le combustible utilisé comprend quatre grandes familles de constituants : l'uranium, majoritaire ; les produits issus de sa fission ; les transuraniens : plutonium et actinides mineurs. Le procédé PUREX permet de séparer l'uranium et le plutonium et bénéficie de près de cinquante années de retour d'expérience.

La toxicité du combustible utilisé est analysée sur une très longue période, du combustible au déchargement, tout particulièrement en ce qui concerne la contribution respective de chacun des grands composants de ce combustible utilisé. Ainsi l'on constate que le plutonium est le principal contributeur à la toxicité à long terme des combustibles utilisés. Donc disposer d'une stratégie pour la gestion à long terme de la radiotoxicité revient avant tout à disposer d'une stratégie pour le plutonium. En outre, dès que l'on a passé quelques siècles, la contribution des produits de fission s'efface nettement devant celle des actinides mineurs.

Ainsi, si l'on considère que le plutonium est déjà séparé, les actinides mineurs demeurent la seconde principale contribution (américium, curium, neptunium). Nous nous sommes également intéressés à certains produits de fission, intrinsèquement cent à mille fois moins toxiques que les actinides mineurs, qui peuvent compenser cette moindre toxicité intrinsèque par une propension à migrer plus facilement dans la géosphère (iode, césium, technétium). Il faut nuancer le propos en rappelant que nous parlons de centaines de milliers d'années et que la dose délivrée serait mille fois inférieure à la radioactivité naturelle. Depuis le début de nos études, il y a dix ans, les choses ont évolué concernant le césium et le technétium. On s'aperçoit que les éléments migrent moins que ce que l'on pensait au départ.

Les procédés de séparation regroupent différents critères : sûreté, performance, coût, absence de déchets toxiques secondaires. Pour réduire significativement la toxicité, il faut enlever le maximum des éléments toxiques. Il ne faut pas non plus produire de déchets secondaires en essayant de traiter les déchets. Il fallait également une option qui soit potentiellement décidable en 2006. Nous avons donc étudié deux voies principales :

- une voie privilégiée : l'extraction par solvant, dans la continuité de ce qui se réalise à La Hague pour extraire l'uranium et le plutonium ; en outre ces procédés ont une caractéristique très intéressante : les taux de séparation peuvent être très élevés et présentent peu de déchets technologiques ;
- les procédés de pyrochimie ; ils consistent à mettre en solution les éléments dans des sels fondus à très haute température.

Nous avons donc essayé de tirer parti du procédé PUREX tel qu'il est aujourd'hui mis en œuvre dans les usines de retraitement. Nous constatons que ce procédé a des potentialités pour le neptunium, pour le technétium, pour l'uranium. En revanche, il ne présente aucune potentialité pour l'américium, le curium, le césium. Il fallait donc développer des séparations complémentaires avec des molécules adaptées à l'extraction sélective de ces éléments.

La recherche a comporté deux phases : une phase de recherche de base, à la fois exploratoire et fondamentale dans un très large cadre coopératif ; une phase de construction de procédés basés sur les molécules les plus prometteuses avec vérification des performances sur des échantillons de combustibles réels à petite échelle. Cette étape est aujourd'hui terminée et nous nous orientons vers des essais dits « de démonstration » qui permettent d'approcher ce que serait une mise en œuvre industrielle dans des technologies industrielles.

Deux grandes notifications existent pour ces molécules : elles doivent être sélectives et aller chercher l'élément qui nous intéresse parmi de nombreux autres ; elles doivent être résistantes aux intenses radiations présentes lors de leur opération. Pour cela, nous avons bénéficié de nombreuses coopérations et nous avons eu le privilège de disposer de l'installation Atalante, dans le sud de la France, qui permet d'allier les recherches de base aux recherches démonstratives, qui peuvent porter sur plusieurs kilogrammes de réel combustible nucléaire.

L'un des plus grands succès de la recherche a été le procédé DIAMEX basé sur des molécules de diamide pour extraire ces fameux actinides mineurs (américium et curium). Nous avons essayé de transformer le critère de procédé en critère moléculaire pour définir une architecture moléculaire adaptée. Cela a donné lieu à des centaines de molécules qui ont été synthétisées au CEA ou ailleurs. Nous avons ensuite essayé de reproduire à l'échelle du laboratoire ce que serait un procédé basé sur ces molécules. À partir de la fin de l'année 2000, nous étions déjà sûrs, avec des expériences qui portaient sur quelques centaines de grammes de réel combustible usé à l'échelle du laboratoire, d'être capable d'extraire jusqu'à 99,9 % d'actinides mineurs. Ces essais ont d'ailleurs été confirmés par d'autres équipes internationales, notamment l'Institut des transuraniens de Karlsruhe.

Ce procédé DIAMEX et les suivis qui permettent d'améliorer la sélectivité de la récupération recherchée, en particulier vis-à-vis des lanthanides, éléments qui se comportent un peu comme les actinides et qu'il est très difficile de séparer de ces derniers, ont donné de très bons résultats en laboratoire (99,8 %) et des facteurs de séparation entre les éléments de plusieurs centaines. Ainsi, au laboratoire, nous pensons que la séparation est acquise, tant pour le curium que pour l'américium avec des taux de récupération de 99,9 %.

Nous avons également, avec des irradiateurs, essayer d'éprouver l'endurance de l'extractant en essayant de soumettre nos extractants en quelques mois à des doses de radiation qu'ils subiront pendant des années d'exploitation de l'unité industrielle. Nous avons conclu à la viabilité de l'expérience. Nous allons passer cette année à une échelle supérieure pour essayer d'approcher ce que pourrait être une mise en œuvre industrielle de ces procédés dans une installation à une autre échelle, sur quinze kilogrammes de combustible usé et avec des technologies homologues à celles aujourd'hui utilisées dans les opérations industrielles d'extraction (colonnes d'extraction).

Nous avons également obtenu des résultats sur l'iode, sur le technétium, le césium. Pour les deux premiers, nous avons adapté le procédé de retraitement. Le technétium est parfois trouvé sous une forme métallique, difficile à solubiliser. Nous savons donc récupérer la fraction que nous savons solubiliser. Pour le césium, nous avons mis au point des molécules dites molécules cadres, avec lesquelles, sur combustible réel, nous obtenons d'excellents résultats.

Nous avons donc montré que, dans la suite des technologies de la Hague, nous sommes capables, au laboratoire, de mettre au point des procédés qui pourraient récupérer américium et curium. Nous nous sommes intéressés aux procédés pyrochimiques, qui consistent à mettre en solution dans un bain de sels fondus à haute température. Nous réalisons ensuite des opérations classiques de génie chimique, précipitation, électrolyse, extraction par des métaux fondus.

Les avantages escomptés de ces procédés sont que l'on ne rencontre plus le risque de destruction des molécules organiques extractantes par des effets de radiolyse. Ceci peut donc ouvrir la voie au retraitement des combustibles dès qu'ils sortent des réacteurs alors qu'ils sont très radioactifs. Nous avons également une compacité de principe car l'on peut manipuler des concentrations plus élevées. Les étapes de transformation successive de la matière sont également moins nombreuses. Par ailleurs, les sels fondus permettent de solubiliser des composés que l'on peut difficilement solubiliser dans l'eau.

En revanche, il existe des points durs. Nous nous interrogeons sur les performances de ces procédés, en particulier pour les actinides mineurs. Par ailleurs, ce sont des milieux très agressifs, ce qui signifie qu'il y a à la clé des difficultés en matière de corrosion et donc de déchets technologiques associés. Nous avons eu des résultats très prometteurs à l'échelle du laboratoire. Nous avons essayé d'extraire sélectivement des actinides dans un bain de fluorite fondu par un alliage d'aluminium et de cuivre fondus. Nous avons là la base d'un procédé de séparation qui extrairait ensemble tous les actinides et laisserait de côté les produits de fission. Toutefois, sur de tels concepts, nous sommes encore loin d'une idée de mise en œuvre car nous n'avons pas encore résolu l'ensemble des problèmes technologiques.

Pour conclure, les actinides sont pour nous la cible la plus importante car ils sont les plus importants contributeurs. Toutes les études évoquées ont été menées dans une très large ouverture, en mobilisant de nombreuses équipes. Celles-ci comptent, en France, le CNRS, les Universités, les GdR (Groupements De Recherche) PRACTIS et PARIS pour l'extraction par solvant, le GdR GEDEON puis GEDEPEON pour les actions de pyrochimie. En Europe, nous avons été très présents du quatrième au sixième Programme cadre de la Commission européenne avec différents projets intégrés. Tout cela a été la base de la constitution d'un réseau d'excellence qui tente de fédérer toutes les équipes européennes, Universités et institutions qui travaillent dans le domaine des actinides. À l'échelle mondiale, nous comptons des collaborations bilatérales avec le Japon, la Russie et les Etats-Unis.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. BOULLIS de nous avoir permis d'apprécier les avancées remarquables réalisées dans le domaine de la séparation. Nous allons revenir à la recherche américaine en donnant la parole au Docteur Kemal PASAMEHMETOGLU qui nous présente les nouveaux types de combustibles et de réacteurs au service de la réduction des déchets.

Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, AFCI/GIV, Technical Director for fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL), Etats-Unis : Les nouveaux types de combustibles et de réacteurs au service de la réduction des déchets

Je voudrais tout d'abord dire que c'est un grand honneur pour moi de m'exprimer devant vous en tant que représentant du ministère américain de l'énergie. Je fais partie d'un nouveau laboratoire, enfin mis en place aux Etats-Unis. Cela fait deux mois que j'y travaille mais j'ai précédemment rencontré un certain nombre d'entre vous au cours de collaborations passées.

Au cours des dernières années, nous avons mis en place une véritable politique énergétique. Cette politique reconnaît l'énergie nucléaire comme une véritable possibilité, ce qui nous a permis de nous intéresser au cycle du combustible, aux combustibles avancés, à la gestion des déchets, etc. Les aspects économiques ont déjà été évoqués, je n'y reviendrai pas.

En revanche, je voudrais aborder un point sur le CO₂. L'une des raisons pour lesquelles les Etats-Unis s'intéressent de très près à la solution nucléaire est la question des émissions de CO₂. Jusqu'à présent, nous n'avons jamais dépassé 280 ppm et ce, au cours de centaines de milliers d'années. Même au cours d'apogées des émissions, nous n'avons jamais dépassé ce stade. Or, aujourd'hui, nous avons atteint 380 ppm, ce qui donne une idée de ce que nous sommes en train de faire subir à notre environnement. Bien entendu, nous ne savons quel est le seuil précis du véritable danger, mais les estimations indiquent 450 à 700 ppm dans l'atmosphère. Je pense que des effets très importants de cette augmentation des émissions seront bientôt visibles. Il est donc fondamental de conserver à l'esprit cette question des émissions de CO₂ au moment de réaliser des choix énergétiques.

Les Etats-Unis disposent d'une subvention des énergies renouvelables avec des stratégies mises en place à l'échelon national, avec des infrastructures qu'il faudra mettre en œuvre, notamment avec le nucléaire. Par ailleurs, une autre raison du choix du nucléaire concerne non plus la politique nationale mais internationale. Une publication des Nations unies propose l'indice de développement humain mesuré par la consommation d'électricité par personne. Certaines nations ne sont pas représentées comme la Suède ou la Norvège, qui devraient pourtant figurer à côté des Etats-Unis et du Canada. Ces pays ont d'importants besoins, notamment dus au climat. Toujours est-il que le niveau de vie dans le monde développé nécessite 6 000 kWh par personne et par an. Or, une grande partie du monde vit avec quelques milliers de kilowatts par personne, voire moins. Or, avec le développement et les nouveaux besoins énergétiques, des choix devront être réalisés.

Nous passerons donc soit par des énergies fossiles, soit par des énergies renouvelables, soit par des énergies nucléaires. Si le choix porte sur des énergies fossiles, nous revenons au problème du CO₂ évoqué précédemment. Par contre, si le choix porte sur le nucléaire, ce choix est propre et a un impact très faible sur l'environnement. Toutefois, cela supposera des dizaines de milliers de tonnes de déchets nucléaires qui seront générées de par le monde. Il faut donc pouvoir contrôler également cette émission de déchets, qui sont toxiques mais qui obligent à prévenir leur utilisation malveillante, ce qui est un autre problème.

Différentes initiatives ont été mises en place aux Etats-Unis au cours des six dernières années. Je voudrais essentiellement vous présenter l'initiative concernant le cycle de combustible avancé. Les

Etats-Unis n'ont pas vu la construction de nouveau réacteur depuis les trente dernières années. Ceci ne signifie pas que l'énergie nucléaire est en perte de vitesse aux Etats-Unis, bien au contraire. La production a augmenté de 15 % et ce, grâce à la modernisation des réacteurs existants. L'initiative 2010 vise donc à envisager comment mettre en place de nouvelles centrales et de nouvelles technologies, notamment de Génération III.

S'agissant de l'utilisation des énergies fossiles, le problème du transport se pose. Une autre initiative a donc été mise en place : l'initiative hydrogène nucléaire. Nous essayons de voir quels sont les réacteurs avancés qui pourraient être mis en place dans les vingt années à venir, les fameux Génération IV qui devront être des réacteurs plus sûrs, plus fiables, plus durables et plus compétitifs.

S'agissant du cycle du combustible avancé, nous en sommes encore à un stade de recherche et nous n'avons pas encore décidé quelle technologie adopter. Au rythme actuel, nous émettons plus de 2 000 m³ de déchets chaque année. Si nous poursuivons dans cette voie, il faudra construire littéralement des montagnes de déchets tous les dix ou quinze ans. Il faut donc réagir et pour cela nous avons choisi une approche multiphasées. Nous pourrions utiliser des réacteurs tels que ceux qui existent, à eau bouillante ou à eau sous pression. Nous pensons qu'avec une meilleure utilisation de ces réacteurs, nous pourrions réduire leur émission de déchets. Toutefois, cela ne suffit pas.

Nous devons donc trouver de nouvelles approches. Nous considérons également le recyclage dans les réacteurs à neutrons thermiques et d'autres formes de recyclage. Les choix auxquels nous devons procéder comprennent également les systèmes pilotés par accélérateur. Ceux-ci font partie de notre programme et nous étudions actuellement cette solution. Nous pouvons également dire que nous ne voulons qu'une quantité de 70 000 tonnes et que nous ne pouvons supporter plus. Ainsi, tout ce qui excédera cette quantité devra être incinéré. C'est dans ce cadre que l'idée de systèmes pilotés par accélérateur est importante. Les accélérateurs servent à l'incinération des déchets et non à une plus grande production énergétique.

La recherche que nous menons actuellement comporte un certain nombre de dimensions : analyse de systèmes, séparation, technologie des combustibles, transmutation, etc. Dans ces domaines, nous collaborons de très près avec nos collègues français et nous en donnons la preuve aujourd'hui.

Les réussites qui ont marqué ce travail sont les suivantes. Nous nous intéressons aujourd'hui aux solutions thermiques ou de spectres rapides. Nous envisageons également des solutions en termes de résistance à la prolifération, notamment le pyro-recyclage. Nous avons obtenu des résultats à l'échelle de petits laboratoires et essayons de les mener à plus grande échelle, notamment avec l'uranium qui a pu être séparé. S'agissant des combustibles, nous nous intéressons aux combustibles métalliques ou céramiques et des solutions sont envisagées à ce niveau.

Pour conclure, nous pouvons dire qu'au cours des cinquante dernières années, nous avons pu constater le succès d'Atoms For Peace. C'est d'ailleurs en France que nous voyons la preuve de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique et l'utilisation en faveur du bienfait des nations. Le défi porte à présent sur les cinquante années à venir pendant lesquelles il faudra étendre cette vision à l'ensemble des nations. Nous considérons que ces prochaines années verront les Atomes pour la Prospérité. Pour cela, il faut que nous disposions d'une connaissance et d'une maîtrise des matériaux nucléaires. Nous ne pouvons accepter de les voir disséminés dans le monde, sans contrôle. Il faut donc aider les pays les moins développés à gérer leurs déchets nucléaires. Il s'agit là de notre responsabilité en tant que pays avancés. Nous devons travailler ensemble pour trouver une solution aux problèmes de déchets nucléaires et éviter des soucis qui pourraient survenir autrement.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, Docteur pour nous avoir fait partager votre vision en termes forts. Vos préoccupations rejoignent les nôtres. Je souhaite maintenant céder la parole à la salle pour qu'un dialogue puisse s'instaurer.

Débat avec les participants**Pr. Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique**

Je voudrais revenir sur les propos des deux dernières présentations, notamment sur le sujet d'Atoms for Peace. Parallèlement aux déchets de longue durée, un autre problème est fondamental : celui de la prolifération. Les récents problèmes, que nous constatons dans le monde, justifient que nous accordions une plus grande considération à l'aspect de prolifération. Les arguments sont les suivants : d'un côté, nous avons Atoms for Peace qui indique que les pays nucléaires pourraient alimenter les connaissances et les technologies des pays qui ne maîtrisent pas cette énergie. Or, je ne vois pas assez de préoccupations dans la capacité technologique de construire un système qui soit vraiment non proliférant. Je ne vois rien qui puisse garantir que même les pays en voie de développement, dans lesquels les besoins énergétiques sont majeurs, puissent librement procéder dans cette direction sans que d'autres nations n'exercent un pouvoir de vérification.

Ainsi, parallèlement au problème des déchets radioactifs, je pense que le problème de la prolifération devrait être davantage mis en avant, non seulement chez les spécialistes mais également sur la scène internationale afin de savoir comment nous pouvons produire une énergie nucléaire qui soit sûre et qui marque la limite entre une énergie nucléaire pour le civil et les risques de la prolifération du capital nucléaire.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je donne la parole à M. BUGAT, qui souhaite réagir.

M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA

La lutte contre la prolifération est effectivement un sujet que nous devons avoir à l'esprit. Néanmoins, il ne faut pas le placer en priorité première car l'expérience du nucléaire nous montre que les progrès s'accomplissent parfois dans des domaines où l'on ne les imaginait pas. Par exemple, personne n'imaginait de faire fonctionner des sous-marins nucléaires avec des combustibles faiblement enrichis. Il faut certes s'attacher à transformer les progrès scientifiques en outils de lutte contre la prolifération ; toutefois, l'attitude qui consisterait à bloquer des développements en disant que l'on n'arrivera jamais à vaincre ce problème serait très dangereuse.

Le fait de sortir ensemble le plutonium et les trois actinides par un procédé unique marque un pas décisif dans la lutte contre la prolifération sur ces chemins de traitement. Je partage le point de vue de M. RUBBIA. Cependant, il ne faut pas en faire le critère numéro un, comme trop de personnes l'ont fait.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Ceci était effectivement une tendance il y a quelque temps encore. Mme SENÉ souhaite prendre la parole.

Mme Monique SENÉ, Présidente du GSIEN

La transmutation et la séparation sont tout de même des techniques proliférantes, quoi que l'on en dise. Cela risque d'ailleurs d'être l'un des importants problèmes. En effet, la vision « *Atoms for Peace* » laissait à penser que ce ne serait que civil, mais la réalité a montré que ce n'était pas le cas. Si nous souhaitons avoir un développement que l'ensemble des pays du monde puisse saisir, ceci est quasiment impossible. La prolifération devient évidente. À ce propos, l'AIEA vient d'exprimer l'idée qu'il faudrait effectuer un moratoire dans l'acquisition de réacteurs civils et non pas seulement sur la problématique nucléaire. Le suivi du militaire est aussi difficile pour l'AIEA que pour l'ensemble des pays. Ceci signifie donc que ce n'est pas aussi simple.

Par ailleurs, il est louable de faire de la transmutation, tout comme il est louable de faire de la recherche. Toutefois, le problème des déchets de haute activité, même s'il est un axe de la loi, est ridiculement petit dans l'ensemble des déchets. Vous ne transmuterez pas les résidus de mines, pas plus que les gravats des centrales. Il est donc clair qu'il faut réaliser des études pour savoir comment transmuter et séparer mais les sommes mises en œuvre sont très importantes et cela vient par ailleurs contredire un stockage en l'état des combustibles, dont on dit qu'il est cher mais cela ne semble pas si évident. S'agissant de la politique des déchets, il me semble qu'il est grand temps de savoir mettre les armes nécessaires à disposition et d'avoir des équipes travaillant globalement sur l'ensemble des déchets.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je rappelle qu'au cœur de notre problématique, se trouvent les déchets à haute activité à vie longue, sans pour autant négliger les autres catégories de déchets. Il me semble que des réponses sont apportées par l'industrie de ce pays dans ce domaine.

Mme Monique SENÉ, Présidente du GSIEN

Je voudrais ajouter que le passé compte également. La projection dans l'avenir est courante mais l'on en oublie ce qu'il reste à gérer. Or, ceci n'a pas la forme des nouveaux combustibles. Il faut donc y réfléchir et ce, très sérieusement.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Mme Ann McLACHLAN souhaite prendre la parole.

Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week :

J'ai noté que les intervenants français utilisaient les mots « combustible irradié », tandis que l'un des intervenants américains utilisait le mot « déchets » pour faire référence au combustible irradié. Cela me semble intéressant : si l'on veut changer les mentalités aux Etats-Unis, il faut peut-être commencer par changer de terminologie. Nous avons appris, en France, à dire « combustible irradié » et « résidu » ou « traitement » à la place de retraitement.

J'aimerais également revenir à la question de la prolifération. Je partage l'avis de M. RUBBIA car c'est réellement un point qui pose souci. J'ai entendu la réponse de M. BUGAT, qui suscite une question : la France peut-elle mettre en œuvre un système de retraitement poussé qui fonctionne correctement et qui ne soit pas béni par la politique américaine et internationale ? Est-il possible, à l'échelon international, de mettre en œuvre une politique dans ce domaine contre la volonté des Etats-Unis ? Je vous rappelle que pour le Président BUSH, comme pour son adversaire dans les récentes élections, la lutte contre le terrorisme et la prolifération nucléaire était identifiée comme première priorité des Etats-Unis.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Cette question comporte manifestement un volet diplomatique et international. À travers l'expérience que nous avons acquise avec Claude BIRRAUX, je dirais que ce volet est nécessaire. Je pense qu'il faut poursuivre le dialogue avec l'Administration américaine et avec la recherche américaine. Ceci étant, il n'est pas obligatoire que la France considère que la référence américaine est le guide de sa politique nucléaire. Nous disposons de capacités de recherche de part et d'autre qui méritent échange. Quant à la grave question de la prolifération, des discussions doivent se tenir au plan international, sans pour autant tout diaboliser. J'emploie ce dernier terme à dessein, en écho à votre terme « béni ».

Je passe la parole à M. BUGAT.

M. Alain BUGAT, Administrateur général du CEA

Si nous avons dû nous aligner sur la politique américaine, je pense que nous aurions arrêté le retraitement après la décision du Président CARTER de l'arrêter aux Etats-Unis. Par ailleurs, nous avons d'excellentes relations en termes de lutte contre la prolifération avec nos partenaires du Département de l'énergie. La France est en particulier activement associée à l'opération consistant à récupérer sources et combustibles vendus à travers le monde. Si un procédé important est mis au point, je suis certain qu'il recevra la compréhension des autorités américaines. En outre, la politique américaine a ses souplesses : lorsqu'il s'agit de se mettre en position pour vendre des réacteurs en Chine, la politique de non-prolifération américaine s'adapte intelligemment.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Il s'agit de valoriser notre industrie au plan international. M. PASAMEHMETOGLU, vous avez la parole.

Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, Technical Director for Fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL)

Je souhaite réagir à l'intervention de Mme McLACHLAN. Je suis d'accord pour dire qu'il faut utiliser la terminologie appropriée. D'ailleurs, je fais ceci de manière délibérée pour provoquer des réactions aux Etats-Unis. En effet, lorsque l'on parle de « cycle de combustible », on aboutit à des déchets. Tant que ce cycle du combustible n'aura pas changé, nous allons produire des déchets.

S'agissant de la prolifération et de la position des Etats-Unis sur le sujet, même si le Président CARTER à l'époque a décidé qu'il fallait arrêter le retraitement, je crois que les Etats-Unis, que ce soit au Congrès ou au Gouvernement, ont la conscience que le fait de ne pas faire de retraitement ne résout pas la question de la prolifération. Au plan politique, une évolution est à noter aux Etats-Unis : on veut trouver d'autres modes de retraitement car nous n'apprécions pas le PUREX qui avait été conçu au départ pour construire des armes et non dans un but civil. Parallèlement, que de l'ensemble des combustibles utilisés soit extrait d'ici cent ans le plutonium serait également une forme de prolifération. Il faut donc trouver un équilibre entre les différentes solutions proposées et les actions menées.

M. Jacques MAILLARD

Je souhaite poser une question au Dr GRUNDER. Il a parlé de 50 mégawatts électriques par réacteur alors que nos réacteurs actuels de la génération N IV sont prévus à 1 400 ou 1 500 mégawatts électriques. Ceci est un changement considérable dans la gestion du parc de réacteurs, dans la gestion de la répartition de la puissance et du design. Serait-il possible d'avoir un point sur ce sujet ?

Dr Hermann GRUNDER, Directeur du Laboratoire national d'Argonne (DOE), Etats-Unis

Il s'agit de réacteurs expérimentaux mais il faudrait que nous en discussions ensemble car cela est plus complexe qu'il n'y paraît.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Nous reprenons nos travaux en commençant par M. Jean-Louis Charbonnier, du CEA, qui va nous parler de la démonstration scientifique et technique de la transmutation.

Reprise des présentations

M. Jean-Louis CARBONNIER, CEA : La démonstration scientifique et technique de la transmutation

L'objectif de la transmutation est la transformation d'un noyau radioactif à vie longue en un noyau stable ou en un noyau à vie courte conduisant rapidement à un noyau stable. Les modes de transmutation qui peuvent être mis en œuvre sont liés à l'interaction avec des neutrons. Deux types d'interactions avec des neutrons conduisent à des modifications des noyaux : le phénomène de capture qui conduit à la création d'un noyau plus lourd et le phénomène de la fission qui coupe le noyau en deux et produit des noyaux plus légers, généralement à vie courte. Pour certains produits de fission qui ont une vie longue, la transmutation ne peut être réalisée que par le phénomène de capture puisqu'ils ne sont eux-mêmes pas susceptibles de fissionner. En revanche, pour les actinides, le phénomène de capture conduit à un autre actinide plus lourd qui est également un noyau à vie longue autant radiotoxique. Le seul phénomène qui permet alors d'obtenir l'objectif de réduction de la radiotoxicité est la fission.

Les données physiques qui permettent de rentrer dans ces problématiques de la capture et de la fission sont la connaissance des sections efficaces de tous ces noyaux d'actinides. Cela fait l'objet d'un secteur de recherche en amont qui est très ouvert aux collaborations. Il y a plusieurs méthodes : des recherches sur accélérateurs réalisées avec des collaborations européennes et internationales (notamment le CERN et les équipes de Geel en Belgique) et des supports théoriques ; des méthodes plus globales réalisées par des personnes plus proches des activités nucléaires civiles. Dans ce domaine, on a aujourd'hui acquis une précision sur les données nucléaires suffisante pour faire des évaluations, pour avoir une idée de ce qu'il est possible d'obtenir dans les réacteurs et les différentes machines qui seront mises en œuvre pour la transmutation. Ces choses doivent évidemment continuer à faire l'objet de recherches pour atteindre des précisions supérieures qui seront requises dans la phase de mise en œuvre industrielle.

Les sections efficaces sont des données très variables en fonction de l'énergie des neutrons auxquels les noyaux sont confrontés. On distingue donc plusieurs types de réacteurs :

- les réacteurs à neutrons thermiques, essentiellement les réacteurs à eau (REP), qui existent aujourd'hui au niveau mondial et pour lesquels les spectres de neutrons ont été ralentis ;
- les réacteurs à neutrons rapides (RNR), en particulier au sodium ou au gaz ;
- les systèmes dédiés dont je dirai quelques mots ultérieurement et qui fonctionnent également avec des spectres de neutrons rapides.

Les évaluations montrent que, dans les spectres à neutrons rapides, la fission est privilégiée par rapport à la capture alors que l'on observe davantage de capture que de fission dans les spectres thermiques. La conséquence de cette observation est qu'en spectre rapide, les actinides mineurs sont supprimés, c'est-à-dire que l'on parvient plus rapidement à la fission et qu'il y a une moindre formation de noyaux lourds (qui se forment par des captures successives), notamment de curium et d'éléments supérieurs très gênants tels que le californium. De plus, comme les noyaux transmutés permettent plus facilement la fission, ils contribuent à la réaction en chaîne. Nous pouvons donc dire que, en spectre rapide, les noyaux à transmuter sont un véritable combustible alors que, en réacteur thermique, ils sont plutôt un fardeau pour la réaction en chaîne. Les études portent néanmoins sur l'ensemble des réacteurs puisque la plupart des réacteurs existants sont des réacteurs thermiques.

Nous allons maintenant essayer d'aborder les problèmes plus quantitatifs, c'est-à-dire le pourcentage et la vitesse de transmutation observés dans les réacteurs. Sur une durée de cinq ans (qui correspond à la durée moyenne d'irradiation d'un combustible), dans un réacteur à neutrons thermiques, on observe que la moitié des noyaux d'actinides subissent une réaction mais que seulement 5 à 15 % de ces derniers subissent la fission et sont donc traités au sens de l'objectif de la transmutation. Dans un spectre de neutrons rapides, la proportion de ceux qui subissent une réaction est comparable mais le taux de fission augmente jusqu'à 15 ou 30 % selon les noyaux. Ces calculs montrent la meilleure efficacité du spectre rapide mais également que l'on ne peut supprimer les actinides mineurs en un seul passage. Il faudra donc envisager un recyclage des combustibles issus d'un premier passage afin de les réincorporer dans le nouveau combustible.

Nous nous sommes posé la question de savoir s'il était possible d'obtenir une disparition par fission de la majorité des actinides en un seul passage. Cela est envisageable avec un dispositif qui cumule les avantages des réacteurs à neutrons rapides (flux neutronique élevé) et la caractéristique des neutrons thermiques (sections efficaces plus fortes) en modérant à l'intérieur d'un réacteur à neutrons rapides pour obtenir un spectre thermique et des sections efficaces extrêmement intenses. C'est un dispositif qui peut être installé dans un réacteur rapide et que l'on appellera la transmutation hétérogène. Cette transmutation permet de fissionner en un seul passage environ 90 % des actinides présents et les 10 % résiduels ne sont pas destinés à être recyclés.

Après la faisabilité scientifique vient la faisabilité technique. Lorsqu'il s'agit de mettre des actinides dans les réacteurs REP, deux types de contraintes liées au fonctionnement de ces réacteurs apparaissent. Il y a tout d'abord des contraintes de sûreté parmi lesquelles l'effet de vide est un phénomène qui limite la teneur maximale d'actinides dans un REP. Selon les caractéristiques de modération, cette teneur est limitée entre 0,7 et 2 %. Un autre inconvénient dans les réacteurs modérés est le problème de la réactivité. Nous avons dit précédemment que les actinides étaient un fardeau pour la réaction en chaîne, ce qui nécessite d'ajouter de l'uranium 235 dans le combustible. Pour résoudre ce problème, on aboutit au concept qualifié de « concept MOX » sur l'uranium enrichi. Le CEA a réalisé une évaluation de ce que pourrait être un EPR optimisé, c'est-à-dire avec une modération accrue recyclant le plutonium et l'américium. Cette étude a montré que l'on pouvait de cette manière parvenir à stabiliser l'inventaire de plutonium et l'inventaire d'américium puisque l'on recycle ce dernier mais que la contrepartie de ce recyclage sélectif de l'américium était l'accumulation de neptunium et de curium.

En RNR, on retrouve cette contrainte de sûreté, avec des limites un peu moins sévères. La teneur en actinides mineurs est aujourd'hui évaluée à 2,5 % pour les réacteurs à sodium, plus sensibles à l'effet de vide, et environ à 5 % pour les réacteurs à gaz. Il n'y a quasiment pas de pénalité en réactivité puisque les actinides mineurs sont un véritable combustible en réacteur rapide. Des études sont menées sur ce sujet depuis longtemps. La faisabilité en réacteur rapide à sodium en utilisant le mode hétérogène a été démontrée et les taux de fission sont de 90 %. En mode homogène (en mélangeant

les actinides mineurs à l'ensemble du combustible du réacteur), on peut effectivement transmuter le neptunium, l'américium et le curium. Sur les réacteurs à gaz, les études ont commencé depuis moins longtemps mais leurs caractéristiques vis-à-vis de cet objectif de transmutation semblent au moins aussi favorables que celle des réacteurs à sodium. Il faut savoir que le recyclage multiple des actinides mineurs en réacteur à neutrons rapides conduit à une asymptote de teneur en actinides mineurs qui est comprise entre 1,5 et 2 %. Comme les limites admissibles sont supérieures, cela permet de confier à ces réacteurs la résorption des stocks d'actinides mineurs qui auraient été accumulés à l'issue de la séparation poussée des combustibles issus des réacteurs à eau pressurisée.

Pour surmonter les difficultés liées aux problèmes de sûreté créés par l'accumulation d'actinides mineurs, un autre moyen envisageable pour la transmutation est de faire des systèmes pilotés par accélérateurs (ADS en anglais). On réalise de très fortes concentrations en actinides mineurs et, pour résoudre les problèmes de sûreté, on fait des systèmes sous-critiques qui fonctionnent avec une source externe de neutrons fournie par l'accélérateur et une source de spallation. Ce type de système a fait l'objet d'un large programme expérimental dans le cadre européen et avec des collaborations en dehors de l'Europe. Le CEA a apporté sa contribution à ces programmes, en particulier au travers du programme MUSE mené par le CEA et le CNRS sur nos installations à Cadarache ; au travers du programme MEGAPIE qui est la réalisation d'une cible de spallation au plomb-bismuth qui doit être irradié au Paul Scherrer Institute en Suisse ; et au travers d'autres programmes internationaux qui sont en préparation, notamment à Rome. Parallèlement, le projet PDS-XADS a étudié la conception d'un démonstrateur. Il apparaît que le système est certes complexe mais qu'aucun point rédhibitoire vis-à-vis de la faisabilité n'a été identifié. L'étape suivante au niveau européen est le projet EUROTRANS qui vise à disposer en 2008 des réponses techniques et financières pour juger de la viabilité d'un ADS de puissance pour la transmutation. Le CEA apportera là aussi sa contribution.

Le dernier aspect de la faisabilité technique est de pouvoir disposer des actinides mineurs dans des combustibles adaptés à l'intérieur des réacteurs. Tout un volet concerne la qualification de ces combustibles avec l'objectif : d'optimiser les performances de la transmutation ; de s'assurer que leur comportement est aussi bon que celui connu pour les combustibles qui n'ont pas d'actinides puisque l'on ajoute des éléments nouveaux ; d'assurer leur « fabricabilité » puisqu'il s'agit en général d'éléments qui sont davantage radiotoxiques ; d'assurer leur retraitabilité dans les hypothèses où un recyclage multiple est envisagé.

Il y a différentes catégories de combustibles. Je ne les énumérerai pas toutes. Je citerai les combustibles en mode homogène dont on dispose aujourd'hui dans les réacteurs REP ou les réacteurs rapides à sodium qui ont fonctionné. Il a été démontré que le fait de rajouter des actinides mineurs ne pose pas de problème pour les combustibles RNR et nécessite un redimensionnement qui ne devrait pas se heurter à des difficultés pour le combustible REP, en particulier pour accommoder la formation d'hélium consécutive à la transmutation de l'américium. D'autres combustibles se sont développés, en particulier les combustibles à matrice inerte qui visent à assurer la transmutation hétérogène en réacteur critique ou les combustibles de référence pour les systèmes ADS. Il y a une synergie entre ces deux voies de recherche et des résultats ont permis de définir un certain nombre de matrices en matériaux composites qui résistent à l'irradiation et qui sont en bonne voie d'optimisation. Il y a également des développements de combustibles que je qualifierai de « plus avancés » tels que les nitrures ou des combustibles métalliques pour lesquels il y a des collaborations au niveau européen et avec les États-Unis.

Les travaux de recherche nécessitent de longues expérimentations en réacteur. Il faut préparer l'expérience, démontrer qu'elle est bien conçue et sûre, puis faire l'irradiation et les examens post-irradiatoires, ce qui nécessite une dizaine d'années. Les acquis de la première phase ont permis de

déterminer un certain nombre de matrices résistantes qui peuvent être le support des actinides mineurs que l'on veut mettre dans les réacteurs. On a optimisé les structures qui déterminent la résistance du matériau irradié en cas de taux de combustion élevés. Pour ces expériences, on a réalisé des dossiers qui ont montré que l'on maîtrisait la sûreté de ces expérimentations, ce qui est un pas important en vue de la démonstration du potentiel d'industrialisation. Enfin, on a développé des procédés compatibles avec les installations actuelles pour s'assurer que les méthodes réalisées en laboratoire sont transposables au niveau industriel. On aborde maintenant la préparation d'une deuxième phase qui aboutira en 2009 et au cours de laquelle on fera des qualifications en augmentant la charge en actinides et les taux de fission afin de s'approcher des objectifs et d'optimiser le dimensionnement. Ensuite, il faudra s'attaquer au problème de la fabrication des combustibles au curium qui pose des difficultés de manipulation parce que c'est un élément qui a une charge thermique et qui pose des problèmes de radioprotection. Il faudra également s'attaquer à des démonstrations à plus grande échelle qui puissent éventuellement être transposées au niveau industriel dans l'étape suivante. L'un des réacteurs qui pourra être utilisé à ce terme est le réacteur Monju s'il redémarre.

En conclusion, on a montré qu'il est possible de transmuter l'américium dans les réacteurs à eau pressurisée avec des combustibles MOX sur support uranium enrichi. Cela suppose deux inconvénients : la nécessité d'une consommation accrue d'uranium enrichi qui limite donc un peu l'intérêt économique de l'opération et la production d'une grande quantité de curium. En ce qui concerne les réacteurs à neutrons rapides, la faisabilité de la transmutation du neptunium et de l'américium est acquise.

Le point suivant concerne les études qui ont débuté sur le recyclage global des actinides mineurs. C'est-à-dire qu'après avoir séparé l'américium, le neptunium, le curium et le plutonium, on vise à les recycler ensemble dans les réacteurs de quatrième génération. C'est une option qui fait aujourd'hui l'objet d'un consensus international, en particulier parce qu'elle apporte des garanties supplémentaires sur le plan de la résistance à la prolifération. La faisabilité scientifique ne pose pas de problème mais il y a encore des démonstrations à faire sur la faisabilité technique.

S'agissant des systèmes ADS, la faisabilité est acquise du point de vue scientifique. Ce sont des systèmes complexes et des programmes sont aujourd'hui engagés pour établir la démonstration de leur faisabilité.

S'agissant de la transmutation des produits de fission, il est apparu qu'elle se heurtait à certaines difficultés techniques qui ne sont finalement pas très préoccupantes parce que ces éléments sont beaucoup moins radiotoxiques et les études, dont a également parlé Bernard BOULLIS, montrent que ces éléments sont moins mobiles qu'on l'avait craint au début.

Tel est l'essentiel des recherches du CEA sur ce sujet.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. CARBONNIER. Votre propos était évidemment très dense puisqu'il faisait le point sur un volume de recherches important. J'ai le plaisir de saluer à cette tribune notre collègue Bruno SIDO, Sénateur de la Haute-Marne, membre de l'Office parlementaire et Président du Conseil général de la Haute-Marne.

Ce matin, j'ai remercié les chercheurs américains, le Dr GRUNDER et le Dr PASAMEHMETOGLU. Je ne remercierai jamais assez les intervenants internationaux qui ont pris sur leur temps et fait l'effort de venir. Je veux remercier tout particulièrement le Pr Carlo Rubbia, Prix Nobel de physique, de sa présence parmi nous. Il va notamment nous parler de sa vision à long terme de la gestion des déchets radioactifs par incinération.

Pr. Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique : Une vision à long terme de la gestion des déchets radioactifs par incinération

Il est bien connu que les réacteurs nucléaires produisent des quantités considérables de déchets radioactifs. Tandis que les fragments de fission sont caractérisés par une durée de vie moyenne tout à fait raisonnable (30 ans ou moins), les actinides sont le véritable problème. Récemment, surtout en France, l'utilisation du plutonium avec le MOX est devenue plutôt un *asset* qu'une *liability*. Le véritable problème qui se pose à nous est celui des actinides mineurs, en particulier le neptunium, l'américium et le curium. Même s'ils sont très actifs, ces éléments représentent une quantité très modeste de matière. Par exemple, dans le cas de la France, la production totale est de l'ordre de trois tonnes par an. Si l'on pouvait réduire la période d'un actinide d'un facteur 1 000 ou 10 000, la réduction de la radioactivité totale (les fragments de fission plus les actinides qui survivent) attendrait une durée raisonnable (quelques centaines d'années au lieu de deux millions d'années).

Tout cela se base sur le *reprocessing* des matières. Aujourd'hui, il y a trois éléments fondamentaux du *reprocessing* dans un cas comme La Hague : l'uranium qui est récupéré et qui peut être utilisé ultérieurement ; le plutonium qui est récupéré pour la production du MOX ; et le *high level waste* qui est représenté par les produits de la fission et les actinides mineurs. L'objectif est de séparer les produits de la fission des actinides mineurs pour incinérer ces derniers avec un processus de fission qui produit d'autres produits de fission qui seront ajoutés aux premiers.

La composition typique des actinides mineurs est la suivante : la moitié d'américium 241, un quart d'américium 243, un quart de curium 244 et de neptunium 237 à quantités égales. La séparation peut se faire de deux façons qui ont été évoquées précédemment. La première est l'utilisation d'une technologie liquide qui donne, au moins en laboratoire, des résultats intéressants. La seconde est le *pyroprocessing* qui a commencé à être utilisé par le Laboratoire d'Argonne et qui est maintenant connu mondialement. Il donne une bonne efficacité de la séparation. Il n'y a pas de *process waste*. Il peut être construit dans des dimensions extrêmement modestes.

Un exemple vient du Japon et a son équivalent en France : la méthode liquide-liquide qui permet de purifier l'américium et le curium à 99,9 % et le neptunium à 99,95 %. Une séparation extrêmement intéressante est donc possible. Une autre alternative est le *pyroprocess*. C'est un processus très compliqué que je ne vais pas exposer maintenant mais il permet de séparer les transuraniens, les *nobles metals*, l'uranium et les *high level wastes*. Le scénario typique est celui de la France où il y a des réacteurs thermiques, des MOX et éventuellement des *fast reactors*. Tout cela permet le recyclage du plutonium tandis que les actinides mineurs sont séparés et optimisés dans un *accelerator driven system* (ADS) qui ferme leur cycle. Une quantité de plutonium de l'ordre de 150 tonnes se « promène » entre les réacteurs et les usines. La totalité des matériels représente trois tonnes par année (1 tonne d'uranium, 1,5 tonne de MOX et 0,5 tonne pour les *fast reactors*). Cela requerrait une puissance thermique pour incinérer ces matières en ligne qui serait équivalente à un réacteur additionnel de la même puissance que les réacteurs classiques. C'est-à-dire qu'au lieu d'avoir 58 réacteurs, il y en aurait 59 et le 59^e serait un brûleur. C'est une quantité d'énergie additionnelle extrêmement modeste comparée à tous les réacteurs électrogènes en exploitation actuellement.

Un incinérateur n'est pas un réacteur ordinaire. Il faut ajouter beaucoup d'autres choses pour être certain d'obtenir l'incinération. Le processus d'incinération est un processus fermé dans lequel se développe une chaîne. Soit l'élément est fissionné, soit il devient le prochain élément qui peut être fissionné ou devenir encore un autre élément. À chaque étape, on obtient une certaine quantité de fission mais il y a également des captures. Pour que ce système fonctionne, le nombre de neutrons et de fissions doit être suffisamment important pour pouvoir alimenter les neutrons qui produisent les

captures. Le système doit donc être un processus avec un gain net de neutrons. S'il n'y a pas suffisamment de neutrons, l'incinération ne fonctionnera pas.

Dans le système thermique (REP), le nombre d'éléments qui donnent le phénomène de capture modeste est suffisamment large pour que l'on ne puisse pas imaginer de soutenir l'incinération de façon correcte. Mais si l'on passe du neutron thermique au neutron rapide, on peut assurer une incinération soutenue par le processus lui-même. Dans ces conditions, il faut observer que la quantité d'énergie produite par le processus est déterminée par la fission (930 gigawatts par tonne de matériel incinéré). Cela est valable pour n'importe quel phénomène d'incinération.

La raison pour laquelle l'incinération est fondamentalement différente de la fission, c'est que quelques éléments tels que le plutonium sont fissionables en fonction de l'énergie des neutrons sur un vaste spectre alors que les isotopes des actinides mineurs qui sont fissionables le sont seulement avec des neutrons de très haute énergie. Il faut une énergie de l'ordre de 1 MeV pour parvenir à garantir une section efficace de fission du curium, de l'américium, du plutonium et du neptunium. Pour construire un réacteur à neutrons rapides, il faut tenir compte d'autres éléments essentiels : le *void coefficient*, le *temperature coefficient* et le *multiplication coefficient*. Qu'il s'agisse de configurations au sodium ou au plomb-bismuth, de métal, d'oxyde ou de nitride, le *void coefficient* n'est pas acceptable.

Il y a un autre problème extrêmement sérieux qui est associé au nombre de neutrons retardés. Les neutrons retardés sont nécessaires au fonctionnement d'un réacteur. Par exemple, dans un REP, ils sont de l'ordre de 0,7 %. Si l'on passe aux actinides mineurs, on constate une réduction importante de la fraction de neutrons retardés qui passent à seulement 2 pour 1 000. Cela cause un problème d'instabilité s'il y a un changement imprévu de l'activité (par exemple de 3,6 pour 1 000 comme dans le cas de Phénix). Dans un réacteur sous-critique, la situation est beaucoup plus favorable. Un réacteur critique doit donc résoudre les problèmes de *long delay neutrons*, de *negative void* et de *positive temperature coefficient*. Tous ces problèmes sont facilement résolus en ajoutant un certain nombre de neutrons sous forme de *spallation neutrons* produits par un faisceau de particules. Pour parvenir à transformer les actinides mineurs au même niveau qu'un REP ordinaire, il faut un *K* effectif de 0,995 qui correspond à un gain d'environ 500. C'est-à-dire que les barres de contrôle sont de l'ordre de 2 mégawatts pour chaque gigawatt de puissance thermique. Si l'on descend à un *K* effectif de 0,99, le gain est toujours de 140 à 150. La quantité nécessaire est donc extrêmement modeste.

Pour modifier le réacteur d'un ADS, on peut centrer un tube à l'intérieur du réacteur dans lequel on envoie les faisceaux de protons qui vont trouver des interactions dans une source de spallation. Pour obtenir un gigawatt thermique dans le réacteur, il faut 3,5 milliampères avec un *K* de 0,995 et 7 milliampères avec un *K* de 0,99 en énergie de 600 MeV. Il existe aujourd'hui un magnifique accélérateur en Suisse (PSI) qui produit 600 MeV d'énergie et est capable de produire 1 mégawatt. Il peut aller jusqu'à 3 mégawatts. Des caractères techniques montrent qu'il est possible d'étendre ce système de l'accélérateur à 10 milliampères en GeV, ce qui permettrait de produire un *driving power* de fission qui pourrait être considérable. Par exemple, pour 0,99, il est possible d'atteindre 2,4 gigawatts thermiques d'énergie.

Comment simuler la situation d'un cycle fermé ADS ? Les actinides mineurs produits sont brûlés puis le *reprocessing* rejette les fragments de fission et récupère la partie des actinides mineurs qui est ajoutée à la fraction d'actinides mineurs déjà brûlée précédemment. Après une certaine période d'utilisation, on peut ajouter à nouveau des actinides mineurs et répéter le cycle indéfiniment afin de conserver une situation qui devient rapidement équilibrée. Avec une machine à très haute énergie, les fragments de fission sont rares. Par exemple, avec 400 gigawatts, seulement 15 % de neutrons sont capturés par les fragments de fission. Il est également possible de capturer le technétium avec la transmutation.

En conclusion, l'incinération des actinides mineurs et éventuellement de quelques fragments de vie moyenne ou longue a pour objectif de fermer le cycle nucléaire en exceptant les *fission fragments* qui sont le seul matériel qui se retrouve dans l'environnement. Un réacteur *minor actinides* est substantiellement plus difficile à faire fonctionner qu'un réacteur ordinaire à cause du nombre limité de neutrons retardés et de paramètres d'opérations défavorables. Pour résoudre ce problème, l'opération sous-critique est préférable. Le processus énergétique est alors conduit par des neutrons additionnels (entre 1 à 2 %) qui sont alimentés à l'extérieur par un accélérateur qui produit une *spallation target*. Dans ces conditions, le gain énergétique est contrôlé et directement proportionnel à la puissance produite par l'accélérateur extérieur. Grâce à l'efficacité du processus de spallation, il est possible d'obtenir des gains substantiels (entre 250 et 500 fois). C'est-à-dire qu'une puissance thermique d'un gigawatt peut être contrôlée par un faisceau de protons de quelques mégawatts ou quelques milliampères. La séparation et l'incinération des trois tonnes d'actinides mineurs produits annuellement par les 58 réacteurs français semblent faisables. Afin d'obtenir une incinération complète des actinides mineurs, il faut installer un autre type de réacteur ayant une puissance thermique égale à celle d'un réacteur additionnel (3 gigawatts thermiques).

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci Professeur Rubbia. Ce que vous nous avez dit est évidemment très important et c'était suffisamment intéressant pour que vous alliez au-delà de votre temps de parole. Je donne maintenant la parole au représentant de la Belgique, M. Hamid Aït ABDERRAHIM. Il travaille sur des projets européens, notamment le projet MYRRHA de réacteur sous-critique piloté par accélérateur.

M. Hamid AÏT ABDERRAHIM, SCK CEN (Centre d'études nucléaires), Belgique : Les projets européens et le projet MYRRHA de réacteur sous-critique piloté par accélérateur

C'est un très grand honneur pour moi d'être devant vous et je voudrais remercier les membres de l'Office de nous avoir conviés à cette audition publique pour vous donner une idée de ce que nous faisons en Belgique dans le domaine de la gestion des déchets nucléaires et plus particulièrement sur la problématique de l'ADS. La Belgique est un petit pays mais produit 60 % de son électricité par le nucléaire. Toutes les phases du cycle du combustible ont toujours fait partie de notre activité (excepté l'enrichissement), depuis l'extraction minière jusqu'au *reprocessing* et la construction de réacteurs. Nous pensons également qu'un électricien devra en premier lieu produire de l'électricité et non pas gérer les déchets nucléaires. C'est la raison pour laquelle nous avons étudié quelle serait la solution pour les déchets nucléaires.

Aujourd'hui, notre solution de référence est le stockage géologique. Avec le cycle fermé, on fait le retraitement puis on stocke les déchets. Dans les années 70, au démarrage de nos premiers réacteurs, un laboratoire souterrain a été construit et est opérationnel depuis 1980. Malheureusement, nous constatons aujourd'hui que l'implémentation de la solution pose un problème d'acceptation. C'est pourquoi nous menons un travail de recherche sur la transmutation qui pourrait faciliter l'acceptation du stockage géologique.

Je rappellerai ce qu'est l'ADS. Il est souvent qualifié de système hybride, d'amplificateur d'énergie, etc. mais c'est en fait un réacteur sous-critique auprès duquel est placée une source extérieure de neutrons qui sont injectés dans le cœur du réacteur. Un accélérateur fournit un faisceau qui est envoyé au centre du cœur du réacteur. Une cible de neutrons de spallation servira d'allumette pour démarrer la réaction des éléments combustibles qui se trouvent dans le cœur.

L'ADS a-t-il une valeur ajoutée pour la transmutation ? Le Professeur Rubbia et d'autres orateurs ont clairement dit que l'on pourrait faire la transmutation tout aussi bien dans les réacteurs critiques que sous-critiques mais on ne pourra pas mettre de quantités importantes dans les réacteurs critiques, même dans un réacteur à spectre rapide. L'ADS permettra d'obtenir une plus grande flexibilité, même dans un réacteur lourdement chargé d'actinides mineurs. La sous-criticité n'est donc pas une vertu mais une nécessité si l'on veut concentrer le problème de la transmutation.

Qu'en est-il de l'efficacité de la transmutation dans les différents systèmes ? Comparé au réacteur PWR, au REP, aux réacteurs rapides au sodium ou au gaz, à l'ADS contenant du plutonium et des actinides mineurs (TRU), l'ADS contenant seulement des actinides mineurs est le plus efficace pour l'actinide mineur.

Déjà en 2001, un groupe de travail européen, présidé par le Professeur Carlo Rubbia, avait élaboré un planning pour le développement de l'ADS en Europe. Le plan de travail stipulait qu'il serait très intéressant de disposer d'un démonstrateur de l'ordre de la centaine de mégawatts (l'XADS) qui entrerait en service vers 2013 ou 2014. Nous avons même fait des estimations budgétaires. Nous n'avons malheureusement pas été suivis. Néanmoins, dans le 5^e programme cadre, le projet PDS-XADS dont il a été fait mention ce matin a été lancé. Ce projet présente trois systèmes qui seraient des ADS expérimentaux : le projet au plomb-bismuth proposé par ANSALDO, le projet au gaz proposé par Framatome et le projet MYRRHA proposé par le centre de Mol.

Pourquoi avons-nous proposé un projet tel que celui de MYRRHA ? Son objectif est d'être une étape complète de la démonstration de l'ADS et de créer une installation flexible d'irradiation à spectre rapide. Nous avons aujourd'hui un réacteur d'essai de 100 mégawatts thermiques (le BR2). C'est une tradition chez nous d'avoir une importante installation d'irradiation et nous voulons remplacer cette machine. D'autre part, la transmutation nécessite des outils d'irradiation et le désert se profile à l'horizon lorsque l'on évoque les outils d'irradiation à spectre rapide. Nous souhaitons donc mettre en œuvre une machine d'irradiation à spectre rapide au-delà de 2010 qui sera complémentaire du réacteur Jules Horowitz (RJH) dont il est question en France. De plus, la nouveauté et le challenge attireront des jeunes ingénieurs et scientifiques pour qu'ils s'intéressent à notre domaine d'activité car je pense que le danger pour le nucléaire est de mourir faute de soldats. Les jeunes générations se désintéressent du nucléaire.

S'agissant de l'accélérateur que nous prévoyons pour MYRRHA, nous avons initialement considéré un cyclotron dans le cadre du 5^e programme cadre de PDS-XADS. Finalement, nous sommes arrivés à la conclusion qu'il serait possible de le faire avec MYRRHA mais la technologie du cyclotron est en fait en fin de course si l'on se met dans la situation d'un K effectif largement sous-critique (0,95). Il serait peut-être intéressant d'aller vers une plus haute valeur de K effectif, ce qui réduirait la taille de l'accélérateur et le cyclotron deviendrait alors tout à fait utilisable mais un autre argument est la fiabilité de la machine. Nous pensons en effet que le linéaire a des avantages par rapport au cyclotron et c'est la raison pour laquelle il reste notre premier choix, même dans le cas de MYRRHA où l'on veut s'arrêter à 350 MeV. La démonstration sera complètement faite parce qu'il suffit de rajouter des étages de haute énergie pour aller plus loin.

Nous avons voulu un cœur très petit, pour ne pas construire une machine géante, mais avec des performances très intéressantes en termes de flux et d'efficacité. Pour cela, il fallait réduire fortement le trou central dans le cœur pour pouvoir installer la cible de spallation. Cela a entraîné des contraintes que nos collègues des deux autres projets n'avaient pas, notamment un courant de protons sur notre fenêtre qui aurait été très important (au-delà de 150 micro-ampères par centimètre carré). Nous ne pouvons donc pas faire de fenêtre. Dès lors, nous avons retenu l'option de faire une source de

spallation sans fenêtre. Le plomb-bismuth circulera verticalement dans deux tubes coaxiaux et le faisceau de protons ne rencontrera pas d'autres barrières que le plomb-bismuth liquide. Notre problème est une zone de re-circulation. Pour éviter cela, il suffit de profiler le faisceau afin qu'il évite la zone centrale. Les petits risques de cavitation observés expérimentalement ont été résolus. Le cœur de MYRRHA a une taille d'un mètre de diamètre. Pour parvenir à un K effectif de 0,95, nous chargeons la moitié des positions dans le cœur.

Pour qu'une machine soit expérimentale, il faut qu'il y ait des positions expérimentales dans lesquelles il est possible de charger des expériences indépendantes des conditions imposées dans le réacteur. C'est-à-dire que, pour toutes ces positions, il y a des passages à travers le couvercle du réacteur, que ce soit dans le cœur ou dans le réflecteur. Tous les composants (les échangeurs de chaleur, les pompes primaires, la source de spallation, les deux manipulateurs de combustible) sont placés dans une cuve qui a le *design* d'une piscine. Un couvercle d'environ 2 mètres d'épaisseur ferme le réacteur. La hauteur de la cuve est de 7 mètres et le diamètre de 4,5 mètres. Le tout est placé dans une seconde cuve de sûreté. Entre les deux cuves, le contrôle de la température de la cuve est assuré par l'extérieur. L'un des problèmes des réacteurs à métaux liquides est que l'on ne peut pas voir le métal liquide. Nous avons pensé équiper ce réacteur de moyens de visualisation par ultrasons : un système de périscopes fixes qui peuvent entrer et sortir du réacteur ; le développement de senseurs ultrasons (déjà en cours depuis quelques années chez nous) qui peuvent fonctionner sous irradiation importante dans le métal liquide plomb-bismuth ; un bras articulé qui permet de regarder de plus près. Des manipulateurs peuvent également intervenir dans le réacteur en cas de besoin.

Par exemple, à l'intérieur d'un réacteur, pour positionner un assemblage de combustibles de travers, on déploie un manipulateur qui récupère l'assemblage et le sort du réacteur. Cela peut être effectué avec un contrôle visuel par ultrasons.

Tout cela est-il réaliste et faisable dans un délai raisonnable ? Nous envisageons le planning suivant. Actuellement nous sommes impliqués dans le 6^e programme cadre dans le projet EUROTRANS qui devrait se dérouler de 2005 à 2008. Au cours de ce programme, en collaboration avec nos collègues européens, il faudrait produire un dossier de *design* avancé du XT-ADS ou de MYRRHA. Pour nous, c'est la même chose, nous ne sommes pas figés sur le *design* actuel. Si nos collègues européens désirent étendre le cahier des charges de MYRRHA, nous y sommes tout à fait disposés.

Il faudrait également trouver des réponses aux points durs de la technologie que l'on envisage de déployer pour ce système, à savoir : la technologie du plomb-bismuth ; le choix des matériaux de construction ; l'instrumentation et la robotique sous plomb-bismuth ; la démonstration du couplage des éléments d'un ADS à une puissance significative. Nous pensons que cela doit être réalisé entre 2005 et 2008. Au-delà des points techniques, il faut trouver les moyens de financer d'un tel projet à l'échelle européenne. Lorsque cela sera résolu (en 2009), nous serons en position d'entrer dans une phase de projet intégré.

C'est ce projet qui financera également la R&D de support de démonstration technologique. Nous envisageons plusieurs phases. Au cours d'une première phase (2009-2011), nous réaliserons le *design* détaillé de la machine, préparerons le site de Mol pour accueillir cette installation, testerons les composants du réacteur sous-critique, testerons le module de spallation qui aura été construit mais encore jamais mis sous flux et établirons le dossier de sûreté pour le *licensing* qui aura déjà été commencé. La seconde phase (2012-2016) sera celle de la construction qui demandera 3 ou 4 ans et de la mise en route qui nécessitera deux années de mise au point. Nous pourrions ainsi envisager qu'une telle installation puisse démarrer à pleine puissance en 2016.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. ABDERRAHIM pour cet exposé. Le dernier intervenant de cette matinée sera le représentant de la Suède et de l'Institut royal polytechnique de Stockholm, le Professeur Wacław Gudowski. Il va nous présenter l'optimisation de l'aval du cycle nucléaire par la séparation et la transmutation.

Pr. Wacław GUDOWSKI, KTH, Institut royal polytechnique de Stockholm (Suède) : L'optimisation de l'aval du cycle nucléaire par la séparation et la transmutation

Je pensais éviter les sujets trop techniques mais comme j'interviens après le Professeur Rubbia, je souhaitais qu'il y ait une petite interaction puisque nous sommes un peu sur la « même longueur d'onde ».

Je commencerai par vous présenter une illustration bien connue, mais légèrement modifiée, de Gustave Doré représentant Don Quichotte qui se prépare à attaquer les moulins à vent qui sont ici remplacés par des centrales nucléaires. Ce sont des étudiants qui me l'ont transmise il y a une quinzaine d'années au moment où la loi française a été votée. Cela illustre le débat qui existait déjà en Suède il y a quinze ans. L'une des deux centrales a d'ailleurs été fermée. Je ne suis pas Don Quichotte qui lutte contre les moulins à vent, ni Docteur Strangelove qui accepte le nucléaire sans sourciller. Je ne suis pas non plus, ou peut-être pas encore, un vainqueur du Prix Nobel mais je travaille néanmoins depuis 1991 sur la recherche liée à la transmutation. J'ai mis en place de nombreux projets dans ce domaine au niveau européen ou national.

Je ferai quelques déclarations préliminaires. Nous avons besoin de transmutations ou d'accélérateurs, non pas parce que nous n'aimons pas les méthodes géologiques mais parce que c'est la seule manière de rendre l'énergie nucléaire réellement durable, donc plus acceptable. Les soucis qui existent aujourd'hui vis-à-vis des techniques géologiques sont beaucoup plus sociopolitiques ou éthiques que réellement techniques. Et les temps décrits ne sont pas véritablement humains mais plutôt philosophiques.

Les objectifs ont été clairement mentionnés. J'ajouterai simplement que l'objectif de la séparation et de la transmutation est de diviser par 100 le caractère radiotoxique des combustibles usés grâce à la transmutation du plutonium, de l'américium et du curium. Le but est d'obtenir la plus importante consommation possible d'un certain nombre d'éléments, ce qui a des conséquences. Par exemple, il faut un réacteur à neutrons rapides mais nous avons évoqué le manque de neutrons pour que cela fonctionne aussi bien que possible. Il y a également le problème de la détérioration des paramètres neutroniques ou cinétiques, c'est-à-dire un problème de sécurité. D'autres problèmes plus spécifiques se posent : les modérateurs de vide, les coefficients de températures et de vide, les coefficients de températures du combustible, etc.

Nous savons aujourd'hui mettre en œuvre la séparation avec un niveau d'efficacité suffisant. Ce n'est pas encore possible avec la transmutation mais nous ne connaissons néanmoins pas d'obstacles insurmontables. Par exemple, le contrôle à distance pourrait rentrer en jeu.

L'analyse du cycle du combustible est relativement complexe et a fait l'objet de nombreuses études et recherches. Par exemple, le très récent projet européen Red-Impact porte sur l'impact de la transmutation et sur la réduction des déchets nucléaires. Le rapport sera publié en mars 2007. De très nombreux pays travaillent sur ce projet que je coordonne.

D'autre part, le résumé d'un excellent rapport portant sur la séparation et la transmutation et sur les évolutions de l'année 2004 a été publié par les autorités suédoises. Ce rapport est disponible sur le site www.skb.se.

Au commencement du cycle du combustible, tout est simple. Des estimations peuvent être faites. Un système de transmutation brûle environ 100 kilos de métaux lourds pour 300 mégawatts de puissance. Ensuite la combustion est d'environ 5 % pour les systèmes réguliers ou traditionnels et d'environ 20 % pour les systèmes plus avancés. Il faut donc avoir un inventaire 5 à 20 fois plus grand que notre consommation actuelle. Les milliers de tonnes de métaux lourds exigeront de nombreux réacteurs au cours des années à venir pour éliminer tous les déchets. Je citerai un chiffre important : pour le cycle des combustibles nucléaires nous avons besoin environ d'un ADS pour quatre à cinq réacteurs traditionnels et d'un ADS pour vingt réacteurs à neutrons rapides. Ainsi que cela a déjà été dit, il ne faut néanmoins pas considérer ces déchets nucléaires uniquement comme une charge. Cela peut être un bien.

Je ne pense pas que le scénario français du cycle nucléaire avancé soit un scénario réaliste parce qu'il y a la détérioration et l'industrie nucléaire ne sera pas ravie d'avoir à gérer l'ensemble des combustibles usés de cette manière.

Il y a un autre scénario que je qualifierai « d'optimiste » et qui est peut-être un scénario de transition, notamment pour les pays qui ont déjà été confrontés aux problèmes des réacteurs traditionnels et qui veulent passer à l'autre type de réacteurs. Nous pensons en tout cas que, dans les cycles les plus poussés, tous les actinides mineurs vont vers l'accélérateur. Ensuite, il faudra bien sûr avoir recours à des méthodes de stockage mais ce ne sera pas obligatoirement un stockage géologique. Il n'est pas suffisant de réutiliser uniquement le plutonium. Il faut également, si possible, s'occuper de l'américium, du curium, etc. Le plutonium peut être brûlé de manière efficace mais lente mais ce n'est pas possible pour les actinides mineurs. Il faut donc des systèmes sous-critiques qui, eux, sont efficaces et sûrs.

Ma première conclusion est que la séparation et la transmutation n'élimineront pas complètement les besoins de stockage géologique des déchets à haute activité. Cependant des stratégies de transmutation pourraient réduire d'un facteur 100 la radiotoxicité à long terme de ces déchets. Dès lors, la situation s'améliorerait au niveau de l'environnement. C'est une contribution notable pour faire de l'énergie nucléaire une solution durable aux défis qui se posent.

En ce qui concerne le cycle du combustible, les systèmes de transmutation à spectre rapide sont nécessaires pour obtenir la réduction de la radiotoxicité d'un facteur 100. Il faut également évoquer le retraitement pyrochimique qui sera probablement nécessaire pour accomplir le cycle du combustible et nous y travaillons. Par ailleurs, on parle de gérer séparément le plutonium et les actinides mineurs et, dans ce domaine, les ADS fournissent une souplesse tout à fait intéressante.

Le conditionnement des déchets peut également avoir un impact très important. Par exemple, en gérant séparément le sodium et le strontium, on peut obtenir des avancées intéressantes. C'est important. Il ne faut pas non plus oublier que le concept de réacteur nucléaire a tendance à minimiser celui des déchets nucléaires. Certains réacteurs ont des consommations de plutonium très élevées et des systèmes de sécurité très perfectionnés. Il y a également les réacteurs à sel fondu et d'autres perspectives pour l'avenir.

Je répondrai à quelques mythes existants sur le concept de transmutation. Par exemple, on dit que la transmutation coûte très cher et est très longue à mettre en place alors que l'augmentation du prix de l'électricité ne serait que de 10 à 20 % par rapport aux réacteurs traditionnels. Lorsque je disais cela, il y a quelques années aux autorités suédoises, celles-ci me répondaient qu'il était impossible d'accepter une augmentation de 10 à 20 % ou au maximum de 50 %. La réalité, c'est que les prix ont augmenté d'autant au cours des quatre dernières années, sans transmutation. Il faut également avoir en tête que les coûts seront répartis sur une très longue durée parce que les investissements seront réalisés à long terme. Les réacteurs à eau légère fonctionneront jusqu'en 2030-2040 or ce sont des investissements qui datent des années 50 ou 60. Cela donne une idée de la façon dont on a pu fonctionner à long terme

précédemment et dont on peut encore fonctionner aujourd'hui. Je ferai de plus un petit commentaire personnel : le prix d'un réacteur à accélérateur n'est pas plus élevé qu'une semaine de guerre en Irak. Il est important d'avoir ces réalités en tête.

Un autre mythe est celui de la complexité technique de la transmutation. Il faut se rappeler qu'il s'agit d'une stratégie à long terme pour le recyclage et la récupération d'une énergie qui serait sinon un véritable problème. Il s'agit donc de transformer ce qui est pour l'instant un poids en un bien. Il faut également dire que les systèmes de transmutation réduisent le besoin en barrières nécessaires lorsque l'on stocke les déchets radioactifs dans les couches géologiques. Si l'on avait opté pour la même approche, il faudrait mettre un terme à la recherche sur les systèmes de fusion et cela se passe de commentaire.

Je vous laisserai tirer vos propres conclusions.

Pour conclure son discours, le Professeur Gudowski projette une peinture de Jérôme Bosch et dit espérer que les plus farouches adversaires du nucléaire n'y verront pas une ressemblance avec son discours.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. Gudowski. Mesdames et Messieurs, je vous remercie de votre présence ce matin.

APRÈS-MIDI : Présidence de M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Rapporteur

M. Michel SPIRO, Directeur de l'IN2P3 – CNRS : Les nouvelles perspectives de la transmutation

Je vous parlerai en réalité et plus précisément des contributions du CNRS et de la recherche fondamentale à la gestion des combustibles irradiés.

Vous savez que le CRS est un organisme qui a des compétences dans pratiquement tous les domaines de la science, depuis la physique nucléaire jusqu'à la science des matériaux, la chimie et les sciences humaines et sociales. Le CNRS est donc très bien placé pour réfléchir et travailler sur l'énergie nucléaire et plus généralement sur les problèmes de l'énergie. Le CNRS s'est d'ailleurs mobilisé autour de cette question avec le programme « Énergies », pour lequel un grand nombre de scénarios énergétiques ont pu être étudiés. Une des conclusions est que s'il y a bien sûr de la place pour augmenter les énergies renouvelables, la part de celles-ci dépassera difficilement les 20 % pour ce qui est de la France et de sa production d'électricité. Les éoliennes et le photovoltaïque notamment sont des énergies de basses tensions difficiles à coupler à un réseau électrique complexe comme l'est le réseau français.

Le nucléaire apparaît donc incontournable, surtout si l'on veut limiter le taux de CO₂ dans l'atmosphère comme le principe de précaution nous y invite. Il s'agit d'ailleurs plutôt pour le nucléaire d'un « principe de prévention » et nous devons dès lors nous attaquer au problème posé par les combustibles irradiés.

Notre programme « *L'aval du cycle électronucléaire* » a permis la constitution de cinq groupements de recherche qui permettent au CNRS de collaborer avec d'autres organismes (CEA etc.). Le premier de ces groupements concerne la gestion des déchets et la production d'énergie par des options nouvelles, la collaboration se fait ici entre le CNRS, le CEA, EDF et Framatome. Un autre se rapporte à la physico-chimie des actinides en solution avec le soutien, là encore, du CEA, d'EDF et de l'INRA. Le troisième

groupement s'attache quant à lui aux nouveaux matériaux, pour les matrices de déchets par exemple, en collaboration avec le CEA, EDF et la COGEMA. Tout ce qui relève du stockage profond et des informations géologiques est vu avec l'ANDRA et enfin, les modes de modulations mathématiques et les simulations sont étudiés avec l'ANDRA, le CEA et EDF.

Au total, ce sont près de 150 personnes en équivalent temps plein qui sont mobilisées chaque année au CNRS et depuis 1997.

Parmi les convictions que nous avons acquises figure celle que le stockage sera inévitable, au moins pour les produits de fission, sachant que nous parlons là de stockages sur seulement quelques centaines d'années. Les produits de fission sont en outre essentiellement émetteurs de bêta et de gamma : les céramiques et les verres savent contenir ces produits-là, qui causent beaucoup moins de dommages matériels que les émetteurs alpha.

Il existe également certainement de la place pour une solution mixte entre stockage et transmutation et c'est précisément sur ce « package » que nous devons tous travailler pour avoir le meilleur scénario sur la gestion des combustibles irradiés et du nucléaire.

L'axe principal sur lequel nous entendons travailler en matière de transmutation se rapporte à la question des actinides mineurs car si les produits de fission peuvent être stockés et si l'uranium ou le plutonium peuvent être utilisés dans les réacteurs critiques, les actinides mineurs posent un problème en eux-mêmes. Plusieurs solutions existent mais je ne soulignerai ici que celle sur laquelle le CNRS a plus particulièrement travaillé, à savoir les réacteurs hybrides pilotés par accélérateur.

La séparation poussée des actinides mineurs est scientifiquement acquise. Ceci nous a d'ailleurs été brillamment exposé par M. BOULLIS du CEA. Il ne s'agit toutefois pour l'instant que d'une démonstration scientifique et l'industrialisation n'est pas pour aujourd'hui.

Sur les voies à suivre, celle pilotée par le CEA se rapporte à la transmutation en réacteurs à neutrons rapides critiques, c'est-à-dire ici la filière des réacteurs de Génération IV. Il faut bien voir aussi que la Génération IV ne pourra peut-être pas transmuter tous les actinides. Surtout, la motivation principale des réacteurs à neutrons rapides de la filière uranium/plutonium est avant tout la durabilité du nucléaire, c'est-à-dire de pouvoir utiliser une ressource beaucoup plus durable que l'uranium 235 des réacteurs thermiques. En ce sens, il existe peut-être une place pour des brûleurs dédiés pour découpler d'un côté la production d'énergie durable et de l'autre le traitement des actinides mineurs.

Le CNRS contribuera aussi à travailler avec le CEA et avec les industriels sur la Génération IV comme sur les filières de Génération III. Nous souhaitons également élargir la palette des solutions avec une première idée consistant à découpler la gestion des déchets de la production d'énergie. Vous retrouvez là les réacteurs hybrides sous-critiques tels qu'ils ont été brillamment défendus par M. Carlo RUBBIA ainsi que par M. GUDOWSKI ou M. ABDERRAHIM. M. PASAMEHMETOGLU a également bien dit que ces réacteurs hybrides dédiés pouvaient contribuer, dans ce que l'on appelle la phase 3, à gérer les actinides mineurs produits par les réacteurs à eau.

La deuxième voie que nous poursuivons a été quant à elle assez peu mentionnée ce matin. L'idée ici est de produire dès l'amont beaucoup moins d'actinides mineurs et de diminuer considérablement la production de déchets. Il s'agit là de la filière thorium, sur laquelle nous travaillons donc en parallèle.

Sur les réacteurs hybrides, rappelons que ces systèmes sous-critiques alimentés par un accélérateur sont étudiés en France par plusieurs partenaires mais surtout et aussi dans un contexte de

collaboration internationale exceptionnel et regroupant aussi bien l'Italie, la Suède, l'Allemagne ou la Belgique. Le créneau principal pour ces réacteurs hybrides est donc de se focaliser en petit nombre (de un à quatre selon les scénarios) pour incinérer les actinides mineurs qui seraient obtenus par une séparation poussée couplée au re-fonctionnement des réacteurs à eau, dans lesquels le plutonium est recyclé et dont on extrait les actinides mineurs. Une feuille de route existe d'ores et déjà sur cette méthode. Nous sommes en train au plan européen de mettre en place un design study d'un réacteur hybride couplé à un accélérateur et qui nous permettrait de parvenir aux alentours de 2015 à un dispositif de démonstration.

S'agissant ensuite de la filière thorium, nous voyons à cette méthode un certain nombre d'avantages. Nous avons notamment axé nos travaux sur la surgénération avec des neutrons thermiques, qui nous permet d'obtenir un inventaire extrêmement faible de matières fissiles et résout donc en grande partie la préoccupation de non-prolifération à laquelle Carlo RUBBIA faisait allusion. Le faible nombre de matières fissiles permet en outre un déploiement beaucoup plus souple puisque l'on peut produire cet uranium 233 assez facilement pour déployer un peu partout des réacteurs au thorium. Le seul bémol, c'est que cette méthode requiert l'utilisation d'une technologie assez lourde et qui exige une chimie en ligne (ou partiellement en ligne) que l'on appelle le « sel fondu » afin d'extraire le plus rapidement certains poisons parmi les plus notoires. En contrepartie, cette chimie des sels fondus présente l'avantage d'une certaine connivence du point de vue recherche et développement avec les travaux de pyrochimie pour la séparation des actinides.

En termes de radiotoxicité, la production de déchets est d'emblée cent fois plus faible avec le thorium qu'avec les réacteurs en uranium/plutonium. Avec le thorium en outre, il n'est même plus besoin de transmutation des actinides mineurs et l'on peut aller directement sur le stockage des produits fissiles. Le travail ici se fait en collaboration avec EDF et divers intervenants européens ainsi que dans le cadre du programme Génération IV en collaboration avec le CEA.

Pour nous en tout cas, les choses ne s'arrêteront pas en 2006, loin de là. Après cette date, le CNRS articulera certainement son action autour de deux volets. Dans le premier, le CEA et les industriels seront porteurs, en fonction des décisions qui seront prises après ce débat sur la loi de 1991, d'une mise en œuvre la plus rapide possible de recherches plus finalisées sur le programme Génération IV. Dans ce cadre-là, le CNRS est prêt à apporter sa contribution, par exemple sur les matériaux ou sur la pyrochimie. Nous souhaiterions en second lieu être porteurs d'une recherche en amont, bien sûr avec le soutien des autres acteurs que sont les industriels ou le CEA, qui contribuerait à l'élimination des déchets et notamment des REP de générations II et III en découplant la production d'énergie et l'incinération avec les réacteurs hybrides et sous-critiques des actinides mineurs. Cette recherche en amont porterait également sur la fourniture d'une production d'énergie nucléaire durable – le thorium entre bien dans ce cadre puisqu'il se trouve en quantité quatre fois plus grande que l'uranium – permettant dès le départ de produire beaucoup moins de déchets.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. SPIRO pour cette intéressante vue panoramique de ce que fait le CNRS en coopération avec d'autres instituts de recherche. Je dois dire que je m'en trouve conforté dans une recommandation que j'avais faite un jour au travers d'un rapport où j'avais souhaité que le CNRS continue à apporter sa contribution en la matière.

Nous en arrivons à présent au débat sur la deuxième partie de nos travaux et qui a trait davantage aux réacteurs hybrides et sous-critiques. La discussion est ouverte et j'invite ceux qui souhaitent prendre la parole à le faire.

Débat avec les participants

M. Jean-André GALEYRAND, CFE/CGC

M. SPIRO parlait à l'instant de la problématique de l'énergie et nous allons nous exprimer de notre côté au nom de la société civile pour savoir si l'énergie est finalement un problème ou plutôt une solution.

J'indique au préalable que pour la CFE/CGC, lors du vote de la loi de décembre 1991, le plutonium était considéré comme une matière énergétique susceptible de valorisation grâce au recyclage. Ceci reste bien sûr vrai et est rendu possible par les résultats acquis en matière de séparation poussée et par l'utilisation du MOX, en attendant le recyclage intégral dans les systèmes futurs dits de Génération IV.

Vous l'aurez compris, pour la CFE/CGC le retraitement des combustibles nucléaires usés est bien la pierre angulaire de toute stratégie de minimisation des déchets ultimes et d'utilisation durable des matières énergétiques. Les perspectives mondiales affichent un besoin d'énergie en forte croissance, nous en sommes aussi tout à fait conscients et nous pensons que la renaissance du nucléaire est légitime car elle est incontournable et complémentaire des autres sources d'énergie, toute politique énergétique sensée exigeant la diversité.

Pour la CFE/CGC, la France peut revendiquer avec fierté son premier rang sur le plan mondial, de l'amont à l'aval du nucléaire : recherche, industrie, production d'électricité, gestion du cycle et gestion des déchets. Ce rang, que nous pouvons qualifier d'enviable, commande une attitude responsable et exemplaire car le modèle français est – et nous l'avons perçu ce matin – à juste titre observé attentivement à l'étranger. Pour la CFE/CGC, au-delà de son caractère écologique (protocole de Kyoto) et de sa contribution à la sécurité d'approvisionnement, le nucléaire doit s'apprécier à la fois en termes de cadre de vie et de confort pour nos concitoyens mais aussi au regard de ses conséquences sociales.

Le maintien des grands pôles industriels, l'effort consenti en matière de recherche et de formation ainsi que le développement des métiers de haute technologie et des emplois qualifiés conditionnent pour nous tout simplement l'avenir économique et social de notre pays et de l'Europe. Les recherches liées à la Génération IV portent sur le cycle fermé et la minimalisation des externalités. Plusieurs technologies sont actuellement à l'étude et pour nous, il y a place pour un débat permettant à l'État de faire le moment venu un choix raisonné.

La transmutation et le recyclage intégral permettent donc une gestion optimisée et une économie des ressources énergétiques qui s'accompagne d'une réduction du volume et de la toxicité dans une perspective de développement durable. Pour la CFE/CGC, les recherches doivent se poursuivre et cela n'est pas contradictoire avec les progrès considérables obtenus depuis 15 ans, qui sont le fruit de la recherche et de sa mise en application au plan industriel.

Pr Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique

Je voudrais réagir suite à l'excellente présentation de M. SPIRO quant à l'intérêt de la recherche fondamentale associée à la question énergétique. Je dois dire que je connais M. SPIRO depuis longtemps et qu'il a été l'un des principaux contributeurs à une expérience conduite sous ma direction.

À l'instar de ce que disait Churchill à propos de la démocratie, le nucléaire est certainement une mauvaise solution mais toutes les autres sont bien pires encore. Une alternative au nucléaire est effectivement le CO₂ et le changement climatique, qui viendraient modifier l'équilibre de la planète pour

une durée extraordinairement longue. L'utilisation du nucléaire à l'exclusion de toutes les autres énergies est de fait une possibilité que les générations futures devront considérer.

Le fait est qu'aujourd'hui, l'uranium 235 se trouve en aussi grande quantité que le pétrole ou le gaz naturel, étant entendu que l'uranium 235 ne représente que 0,7 % de l'uranium en général. De nouvelles technologies devront être prises en considération, dont certaines sont basées sur le breeding. C'est ainsi que l'uranium 238, qui se trouve en quantités extraordinaires, pourrait devenir une source d'énergie bien plus grande que l'uranium 235 que nous utilisons aujourd'hui.

D'autres possibilités existent encore avec notamment le thorium, dont il était question à l'instant et qui a l'avantage de produire en secondaire des éléments d'uranium plutôt que des actinides mineurs. Citons encore la fusion, qui entre, elle aussi, parmi les phénomènes de breeding. Dans les trois cas, nous avons à notre disposition un élément naturel – l'uranium 238, le thorium ou le lithium – qui est utilisé comme précurseur pour des réactions de production énergétique à partir d'un processus de breeding (ou « surgénération » en français).

Dans la situation actuelle, les trois systèmes doivent être considérés sur un plan d'égalité, en nous rendant bien compte que l'uranium et le thorium d'un côté (qui dépendent de la fission) et le lithium de l'autre (basé sur la fusion) ont des capacités comparables et qui sont infiniment grandes. En effet, tous nous garantissent une production d'énergie nettement plus grande que celle qui est la nôtre aujourd'hui et ce pour des milliers d'années. Les trois méthodes rendent en outre purement sémantique et académique la distinction entre énergies renouvelables et non-renouvelables puisque si vous pouvez produire pendant 10 000 ans dix fois l'énergie générée aujourd'hui, la notion de renouvelable ou non n'a dès lors plus aucune importance.

Nous consacrons énormément d'efforts en direction de la fusion mais il faudrait à mon sens consacrer davantage d'argent et d'attention à tout ce qui tourne autour de la fission. L'élément thorium permet en particulier la mise en place de surgénérateurs thermiques, qui autorisent donc l'achat d'une technologie déjà extrêmement bien développée. Ajoutons que le thorium se trouve en quantité bien plus grande que l'uranium. Enfin et surtout, le thorium présente l'avantage de ne pas être proliférant, c'est-à-dire qu'il produit de l'uranium 233, qui lui-même ne peut pas servir à la fabrication d'une bombe.

Ces options alternatives, qui deviendront nécessaire quand l'uranium 235 aura trouvé ses limites naturelles, devraient donc être considérées avec beaucoup plus d'attention. La solution thorium mériterait notamment d'être étudiée beaucoup plus qu'elle ne l'est aujourd'hui. Nous ne serons pas là pour voir l'aboutissement de toutes ces recherches mais ce n'est pas une raison pour ne pas y réfléchir dès aujourd'hui.

M. Jacques MAILLARD

Il se trouve que j'ai eu l'occasion de travailler sur les réacteurs hybrides et que ceux-ci posent question. En effet, dans le projet présenté par le Professeur RUBBIA, un problème se pose sur la criticité quand celle-ci est trop proche de 1. C'est d'ailleurs certainement pour cela que les Belges travaillent aujourd'hui à partir d'une criticité de 0,95 car si l'on augmente la criticité, on gagne certes sur l'intensité du faisceau mais si le tube vient, par exemple, à se remplir de plomb, il devient alors réflecteur et la variation de criticité conjuguée à la baisse de température et à la contraction nucléaire peut rendre le cœur de sous-critique à critique. C'est la raison pour laquelle en général, les projets de réacteurs sous-critiques sont à 0,95. Je vois ici qu'il est question de 0,995, ce qui signifie que lorsque l'on fait le calcul de l'angle solide du tube (car il faut étaler le faisceau pour pouvoir passer la fenêtre), le coefficient de réflexion du plomb à 0,9 peut tout à fait nous donner un réacteur critique.

Pr Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique

Vous évoquez là une question très technique mais il est vrai que le diable est aussi dans les détails. L'utilisation du plomb n'est pas non plus une nécessité absolue et dans le cas de la Belgique, on a tout simplement éliminé la fenêtre pour ne pas se trouver confronté à ce type de problème. Il est bien évident qu'un réacteur est un instrument que l'on ne peut pas faire fonctionner dans n'importe quelles conditions.

Dans le cas particulier des actinides mineurs, la variation de criticité peut être assez importante avec un réacteur thermique sous-critique. L'américium 241 par exemple n'est pas fissile et va venir bloquer la réactivité. Tout cela indique que nous ne pourrions pas opérer uniquement avec des machines qui ne s'occuperaient que d'actinides mineurs et sans barres de contrôle, qui existent d'ailleurs déjà aussi dans les réacteurs ordinaires. Avec un réacteur à 0,95, vous serez certes toujours en dessous du seuil de criticité mais il faut rappeler ici que cette notion de criticité est aujourd'hui une chose bien connue et qui fonctionne sans aucune difficulté pour ce qui concerne l'uranium 235, où nous avons 0,7 % de plages d'opérations assurées par une barre de contrôle.

Une position certainement moins prudente que la vôtre mais à mon avis encore tout à fait acceptable consisterait à travailler à partir d'un réacteur sous-critique qui vive avec les actinides mineurs dans les mêmes conditions que celles dans lesquelles nous nous trouvons avec l'uranium 235. La criticité de ce dernier est de $0,7^{00}$ et celle des actinides mineurs de $0,2^{00}$ et en utilisant des méthodes extérieures (c'est-à-dire la source de neutrons externes), on doit pouvoir remplacer la différence, qui se trouve donc être de 0,005. C'est la raison pour laquelle j'ai parlé tout à l'heure de 0,995 car ce seuil correspond très exactement aux conditions d'opérations ordinaires telles que nous les connaissons aujourd'hui mais appliquées cette fois-ci aux actinides mineurs.

Ceci me semble en tout cas une condition minimale requise mais si vous me dites que les réacteurs ordinaires à 0,7 % de neutrons retardés sont eux aussi insuffisants, alors aucun des réacteurs au monde n'est réellement valable et il faudra descendre la criticité à 0,95. Je considère quant à moi les barres de contrôles comme une technologie très fiable et très bien connue, que tout le monde utilise dans tous les réacteurs que compte la planète. Par conséquent, parvenir à travailler dans les mêmes conditions mais avec les actinides mineurs me semblerait remplir les conditions suffisantes de sécurité.

Pour des raisons de prudence, j'ai intégré dans mes calculs la notion du double, à savoir 0,01, ce qui me donne encore un gain important. Si donc je double la plage comparée avec la plage naturelle d'un réacteur ordinaire entre la non-criticité et le simple début de la criticité due aux neutrons retardés, je crois que nous aurons opté pour une solution raisonnable. Je ne vois pas en tout cas pourquoi nous devrions nous passer de barres de contrôle – qui sont une technologie parfaitement connue et sécurisée – et nous contenter du simple accélérateur. Je considère les barres de contrôle comme un acquis technique et c'est à partir de cette hypothèse que je peux introduire la différence pertinente pour rendre les actinides mineurs moins performants que l'uranium ordinaire.

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

Dans tout ce qui vient d'être exposé, on ne tient pas du tout compte de la nécessité d'avoir un programme énergétique cohérent, c'est-à-dire qui soit ouvert sur toutes les sources et qui soit économe. À aucun moment en effet on ne parle du fait que l'énergie coûte cher, qu'il n'y en a pas tant que cela et que nous n'avons pour nous qu'une seule planète. Vous faites aujourd'hui l'apologie du nucléaire et de tout ce que l'on peut faire avec mais il faudrait savoir aussi raison garder.

En second lieu, le nucléaire existe aujourd'hui et nous avons à en gérer les déchets ainsi que toute une série d'autres choses et la quantité de déchets avec laquelle nous allons devoir composer va effectivement dépendre de la place du nucléaire. Le programme qui va être élaboré devra donc nécessairement tenir compte de cet état de fait car sinon, nous entendrons toujours des discours de type « *je suis capable de...* » ou « *j'ai des idées pour...* » mais qui ne viendront pas réellement résoudre le problème.

Rien n'est gratuit sur cette terre et quand j'entends parler de systèmes nous garantissant de l'énergie pour 10 000 ans et sans rien nous coûter, je considère quant à moi qu'il s'agit de baratin ! De toute sa vie, le thorium n'a jamais été un produit fissile. Il n'est que fertile et il a donc absolument besoin de l'uranium 235, qui se trouve être le seul élément naturel qui soit fissile sur la terre.

Par ailleurs, je m'inscris en faux contre l'affirmation selon laquelle l'uranium 233 ne serait pas proliférant. Soyez sûrs que l'uranium 233 fait de très bonnes bombes et la chose avait d'ailleurs été maintes fois soulignée : l'uranium 233 est un excellent proliférant !

Pour finir, je suis absolument persuadée que si l'on continue à ne pas analyser à fond les programmes que l'on vient de nous présenter – c'est-à-dire d'être capables de dire ce qui ne va pas et ce qui va – on continuera à tourner en rond, à dire que tout va bien et que le nucléaire est vraiment une chose merveilleuse... Peut-être le nucléaire doit-il s'inscrire dans notre panoplie mais qu'au moins, on ne le pare pas à l'avance de toutes les plumes du paon et que l'on établisse de véritables bilans ! Ce n'est pas en tout cas ce que nous sommes en train de faire aujourd'hui et sachez que cela m'ennuie profondément.

M. Claudio PESCATORE, AEN-OCDE

Nous avons déjà aujourd'hui à considérer les déchets présents et à venir qui dépendent des choix du passé. Nous avons par exemple des dizaines de milliers de mètres cubes de déchets B pour lesquels nos discussions d'aujourd'hui n'apportent aucune espèce de solution. En outre, lorsque nous parlons de déchets déjà produits, il serait certainement préférable au plan politique de ne pas nécessairement les relier aux questions nucléaires futures. Cette question des déchets existants est essentielle et ce même pour l'économie nationale car avant de continuer plus en avant ces programmes, il faudra démontrer que nous avons choisi des choix finalement stables et économiquement profitables. Dans le cas contraire, la France ne pourrait pas construire d'EPR sur son territoire.

La solution est connue : c'est le stockage final. Pourquoi dès lors insister autant sur la réduction de la nocivité intrinsèque de certaines matières ? Une fois un dépôt sûr réalisé, la nocivité réelle ne sera-t-elle pas *de facto* réduite ?

M. CARBONNIER a reconnu que le césium était beaucoup moins mobile qu'on le pensait autrefois mais pourquoi ne nous dit-il pas que ces fameux actinides dont il est si souvent question depuis tout à l'heure sont quasiment immobiles ?

Pr Carlo RUBBIA

Effectivement. J'indique tout d'abord qu'il est faux de dire que le seul matériau qui puisse être utilisé pour produire de l'énergie serait l'uranium 235. Il s'agit certes du seul élément pouvant spontanément fissionner et dans certaines conditions particulières qui sont celles d'un réacteur thermique mais les surgénérateurs sont précisément basés sur le fait que l'on puisse utiliser un élément non fissile (uranium 238, thorium ou lithium) pour produire une réaction préliminaire qui transforme un élément stable et naturel...

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

J'ai parlé quant à moi d'élément « fertile »

Pr Carlo RUBBIA

Je ne tiens pas à entrer dans ce genre de discussion. Je souhaiterais en tout cas pouvoir terminer mon propos sans être contredit.

Je disais donc que le thorium, élément naturel très abondant, pouvait produire comme élément fertile l'uranium 233. La question est ensuite de savoir si l'on peut construire une bombe nucléaire avec de l'uranium 233 et la réponse est non car toute forme d'explosif nucléaire doit être propre au contact. Le plutonium dans sa forme militaire est d'ailleurs un matériau extrêmement facile à manipuler. Or l'uranium 233 est intrinsèquement « pollué » par l'uranium 232, qui produit dans la chaîne le thallium 207 et qui le rend extrêmement radioactif. Par conséquent, le contact physique est impossible pour l'uranium 233 puisque l'on a pu mesurer qu'une personne exposée à une masse critique d'uranium 233 recevait en l'espace de quelques minutes une dose mortelle de radiation. Une personne de bon sens ne s'y risquera donc jamais.

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

Je ne suis pas d'accord : on peut l'extraire par le...

Pr Carlo RUBBIA

En ce cas, montrez-moi comment le faire ! Je sais en tout cas que jamais personne n'a jamais construit de bombe à partir de l'uranium 233.

M. Jean-Louis CARBONNIER, CEA

J'aimerais apporter un complément sur la présentation des systèmes ADS ; Parmi les scénarios qui nous ont été présentés pour le traitement des déchets, nous avons donc les réacteurs à eau, les réacteurs à neutrons rapides et les ADS, qui sont donc dédiés au traitement des actinides mineurs alors que les réacteurs à neutrons rapides seraient quant à eux dédiés à la surgénération et à la consommation du plutonium.

Dans cette hypothèse et sachant que les réacteurs à neutrons rapides ont la capacité de traiter aussi les actinides mineurs, la conviction du CEA est qu'ils doivent aussi nous permettre de nous passer des ADS. Un autre scénario possible est celui où les réacteurs à neutrons rapides ne seraient pas déployés, auquel cas les ADS pourraient effectivement apporter une solution à la résorption des déchets. À ce moment-là, il faut qu'ils prennent en charge non seulement les actinides mineurs mais aussi le plutonium et dans cette hypothèse, les ratios qui ont été présentés ce matin sur le rapport entre le nombre de réacteurs ADS et le nombre de réacteurs du parc ne sont plus du tout les mêmes.

M. Hamid Aït ABDERRAHIM, SCK-CEN

Je voulais intervenir sur la remarque faite par M. PESCATORE et selon laquelle tout ce que nous avons présenté aujourd'hui n'apporte rien au débat sur la gestion des déchets puisque la solution est « toute trouvée » avec le stockage géologie.

L'idée pourrait être intrinsèquement vraie et le fait est qu'en Belgique, nous avons démarré la construction d'un laboratoire souterrain géologique dès 1974 avec l'installation de notre premier

réacteur nucléaire. Ce laboratoire est opérationnel depuis 1980 et nous permet de conduire un certain nombre de recherches.

Si le stockage géologique apporte une solution technique pour les actinides mineurs, les problèmes commencent quand nous devons dire au grand public que nous avons besoin de ces stockages-là pour des centaines de milliers d'années. Chez nous en Belgique, la solution de référence reste le stockage géologique mais quand on en vient à l'implémentation, personne ne veut de ce stockage chez lui.

D'autre part, les études de performances sur le stockage géologique sont toujours faites aujourd'hui en partant du principe qu'aucune agression extérieure n'interviendra sur l'installation. Alors que ces stocks sont là pour des centaines de milliers d'années, on sait que la mémoire humaine est malheureusement limitée aux alentours de 500 ans et nul ne sait si dans 600 ans, quelqu'un ne viendra pas chercher du pétrole et trouver à la place des déchets nucléaires, même vitrifiés. C'est précisément ce risque-là que nous essayons de maîtriser au travers des recherches de l'axe 1.

Sur le besoin ou non de l'ADS ensuite, il est vrai que si nous construisons des réacteurs rapides critiques pour gérer le plutonium, ils pourront tout aussi bien gérer l'actinide mineur. Toutefois, on transférerait ici le problème de la gestion des déchets nucléaires vers le producteur d'électricité. Regardons les choses avec pragmatisme : le rôle de ce producteur est de générer de l'électricité, pas de voir tous ses réacteurs contaminés avec 1 % d'actinides mineurs. De ce point de vue, si l'on a pu dire qu'il était possible de mettre 2 à 5 % de produits d'actinides mineurs dans les charges de cœur, c'était sans tenir compte des marges d'incertitude sur les paramètres dynamiques du réacteur.

Pour toutes ces raisons, notre préférence va vers une gestion concentrée des déchets nucléaires et des actinides mineurs dans des machines spécifiquement dédiées.

Pr Waclaw GUDOWSKI

Personnellement, je crois que l'on ne peut pas de manière efficace et sûre ne travailler qu'avec les réacteurs à neutrons rapides. Mieux vaut adopter une approche diversifiée et considérer que ces processus ne sont pas indépendants mais au contraire couplés car tout changement à un niveau implique que l'on fasse évoluer les paramètres de sécurité des autres.

Nous devons également retenir toutes les leçons de l'expérience menée avec SuperPhénix et éviter de se focaliser sur l'idée d'un réacteur totalement sûr avec énormément d'actinides mineurs. Je crois en tout cas que nous devrons rediscuter de tout cela au cours de nos ateliers respectifs.

M. Jean-Paul SCHAPIRA, Commission nationale d'évaluation

Sur la relation entre la transmutation et le stockage géologique profond, je crois que la première solution répond aux risques potentiels de situations hors dimensionnement dans lesquelles on peut, dans un stockage, entrer directement en contact avec les déchets, les actinides mineurs pouvant jouer un rôle dans la délivrance de la dose.

L'autre intérêt de la transmutation est d'alléger la charge thermique des stockages. M. GRUNDER nous a bien expliqué ce matin qu'il s'agissait d'un des objectifs du programme AFCI. Cette réduction de la charge thermique nécessite notamment que l'on retire le césium et le strontium 90. Un des intérêts de la filière thorium est d'ailleurs qu'elle présente des déchets vitrifiés sans qu'aucune transmutation ne soit intervenue, avec une charge thermique très nettement inférieure une fois la décroissance amorcée à celle des déchets vitrifiés de la filière uranium/plutonium. Tout cela mérite d'être souligné lorsque l'on évoque les avantages et inconvénients de la filière thorium.

M. Claudio PESCATORE, AEN-OCDE

Je ne crois pas avoir entendu qu'il existe aujourd'hui une solution issue d'une opération de transmutation pour les déchets B, ceux dont les volumes sont les plus grands et dont la durée de vie est également très longue. Il s'agit également des déchets les plus difficiles à caractériser et à modéliser.

Pour répondre ensuite à M. ABDERRAHIM, peut-être le public a-t-il encore certaines réticences vis-à-vis du stockage mais le jour où il s'agira d'installer des usines de retraitement ou pour l'accueil d'opérations de transmutation, la population risque là encore de manifester une réelle opposition. Il n'est pas certain non plus que le monde industriel soit partant dans cette affaire. On observe en Belgique un très fort processus d'implication du public. La communauté de Dessel notamment vient de proposer deux systèmes dont un en stockage profond, certes pour des déchets de basse activité, mais l'initiative méritait d'être signalée.

Dr Kemal PASAMEHMETOGLU, Technical Director for Fuels, Laboratoire national d'Idaho (INEEL)

Si j'ai bien compris ce qui vient d'être dit, le problème serait que nous en sommes déjà à nous demander comment traiter les actinides mineurs alors que d'autres types de déchets posent des difficultés plus grandes encore. Regardons par conséquent ce qui se passe aux Etats-Unis. Quel que soit le programme dont il est question et y compris sur la transmutation, on s'attache systématiquement à la radiotoxicité aux limites du site.

Par ailleurs, le technétium conserve une forme stable tant qu'il reste au froid. Il ne peut s'échapper qu'en cas de corrosion au niveau du couvercle du fait de températures élevées mais si vous résolvez le problème de la chaleur, il n'y a alors plus aucun risque d'échappement. Enfin, le système de spectres rapides n'apparaît pas comme une solution économique. Mieux vaut utiliser un réacteur rapide ou un ADS, qui aura assez de neutrons supplémentaires à transmettre.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

J'invite maintenant M. André-Claude LACOSTE, Directeur de la sûreté nucléaire et de la radioprotection à venir nous parler de la sûreté et de la R&D sur la séparation-transmutation et ses applications potentielles.

Reprise des présentations

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection : La sûreté nucléaire et la R&D sur la séparation-transmutation et ses applications potentielles

J'indique tout d'abord que j'ai pleinement conscience de ne pas être chercheur, ni chef d'une équipe de recherche, ni responsable d'une installation de recherche ou d'un organisme de recherche. J'ai conscience également de ne pas être porteur d'un projet de recherche... ni d'ailleurs d'être à la « recherche » du financement d'un projet de recherche ! Je m'occupe du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France...et je vais vous donner mon opinion quant à l'état des recherches sur la séparation-transmutation en France.

La politique que j'essaie de mettre en œuvre vise à obtenir une gestion des déchets qui soit sûre, claire et exhaustive. Cette dernière notion est importante car je considère que nous avons vocation à vérifier que la gestion des déchets s'applique à l'ensemble des catégories de déchets, quelles qu'elles soient. Les principes que je m'efforce d'appliquer n'ont d'ailleurs rien de spécifiquement nucléaire puisqu'ils se

trouvent inscrits dans une loi de 1975 et qui s'applique uniformément en France à l'ensemble des déchets. Cette loi affirme la responsabilité des producteurs de déchets, la nécessité d'une traçabilité ainsi que la nécessité d'avoir un système de gestion lisible. Ces principes tout à fait généraux n'ont aucune raison de ne pas s'appliquer aux déchets radioactifs.

Pour ces derniers, nous travaillons à l'élaboration d'un plan national de gestion des déchets radioactifs couvrant l'ensemble des catégories de déchets, quelle que soit leur origine, leur toxicité ou leur durée de vie, de façon à être sûrs que nulle part, il ne traîne une catégorie de déchets qui n'aurait pas filière de traitement ou d'exutoire. Cette notion est importante si l'on veut bien resituer les déchets à haute activité dans une problématique d'ensemble. Elle permet surtout aux citoyens, aux élus et au Parlement d'avoir une vision d'ensemble du sujet et d'échapper à l'illusion selon laquelle en s'attachant à la question des déchets à haute activité, on épuiserait totalement le sujet.

Sur l'examen et le contrôle des projets menés pour des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue, dans la phase actuelle, où un certain nombre d'expérimentations sont menées, nous veillons à ce que celles-ci soient conduites dans des conditions satisfaisantes de sûreté. Ceci s'applique en particulier aux deux installations principales dans lesquelles ces recherches sont conduites : Phénix et Atalante.

Sur le réacteur Phénix tout d'abord, si j'ai donné une autorisation effective de redémarrage en juin 2003, cette autorisation se trouve limitée dans le temps puisqu'elle porte sur 720 jours de fonctionnement équivalent pleine puissance, ce qui portera grosso modo l'exploitation aux alentours de 2008 ou 2009. J'indique également que la poursuite de l'exploitation de Phénix au-delà de la date envisagée n'est actuellement pas du tout dans mon esprit.

S'agissant ensuite de l'installation Atalante de Marcoule, des travaux importants ont été menés sur la chaîne blindée « *procédés* » et je n'ai pas d'autres remarques à apporter.

Ce qui me frappe, c'est qu'au-delà de ces deux installations qui servent aux expérimentations, je n'ai pas vu jusqu'à présent ne serait-ce que l'ombre d'un début de quelque dossier et pour quelque installation que ce soit. Autrement dit, au-delà d'Atalante et Phénix, je suis devant un véritable trou noir en termes de dossiers de sûreté ou de dossiers d'options de sûreté voire même de pré-dossiers d'options de sûreté.

Des résultats ont été obtenus sur la séparation des actinides et des produits de fission ainsi que sur la transmutation mais j'ai été frappé jusqu'à présent du caractère extrêmement ouvert des discussions sur les parcs d'installations ou de réacteurs destinés à terme à permettre de transmuter les actinides mineurs. Le débat qui vient d'avoir lieu montre d'ailleurs combien le sujet est encore ouvert.

Au-delà même de savoir quelles sont les installations à mettre en œuvre, il me paraît évident que la question de la faisabilité industrielle de ces projets est elle-même extrêmement ouverte. Je dois dire que je n'ai aucune idée aujourd'hui de ce à quoi pourra ressembler à terme un parc d'installations destinées à traiter correctement le problème de la séparation et de la transmutation. Je n'en suis pas pour autant automatiquement inquiet mais simplement, j'ignore à quoi tout cela finira par ressembler.

Les travaux de recherche sur l'axe 1 de la loi de 1991 ont donné des résultats importants quant à la possibilité théorique d'une part de séparer et d'autre part de transmuter mais pour passer à une phase industrielle, il faudrait des efforts de recherche significatifs. Une partie de nos débats de ce matin portait sur cette simple question : à quoi ressemblerait un parc de réacteurs de Génération IV en France ? Une

autre question concerne les investissements importants nécessaires à la création d'installations mettant en œuvre les procédés de séparation et de transmutation.

Ma conclusion tient donc en une seule phrase (et encore n'avez-vous là que la version modérée de l'opinion qui est la mienne) : l'ASN considère que le passage à une phase industrielle de ces procédés ne pourra pas intervenir dans des délais proches. Cela signifie qu'il y a encore des efforts importants et longs à faire en matière de recherche.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Le moins que l'on puisse dire, c'est que M. le Directeur de la sûreté et de la radioprotection nous a exposé son point de vue en quelques mots particulièrement clairs et précis. Nous ouvrirons le débat un peu plus tard dans l'après-midi et je demande maintenant à Mme Michèle VIALA, Directrice du programme « Gestion des déchets » à l'IRSN, de nous donner le point de vue de l'appui technique de l'autorité de sûreté sur la séparation-transmutation.

Mme Michèle VIALA, Directrice du programme « Gestion des déchets » - IRSN : Le point de vue de l'appui technique de l'autorité de sûreté sur la séparation-transmutation

Je parlerai ici au nom de l'IRSN, qui n'est peut-être pas la plus connue des institutions qui sont représentées aujourd'hui. Rappelons donc que l'une des fonctions de l'IRSN est d'évaluer la sûreté des réacteurs, des usines ou des laboratoires depuis la conception jusqu'à la phase de démantèlement en passant par l'exploitation elle-même. L'IRSN évalue également la sûreté des expériences qui peuvent être menées dans ses installations ainsi que dans tous les laboratoires dédiés aux expérimentations.

Pour assurer cette fonction, l'IRSN vérifie l'existence de systèmes de protection équilibrés et suffisants à l'égard des différents risques induits par l'exploitation et par les expériences. Il s'appuie pour cela sur des spécialistes et dans des domaines variés : la neutronique, la thermo-hydraulique, la mécanique, la radioprotection, les risques de criticité, les risques d'incendie, les risques sismiques etc. Il lance par ailleurs des programmes de recherche dans tous les domaines spécialisés lorsque des compléments de connaissance sont nécessaires.

Dans le cadre de l'axe 1, l'IRSN a effectivement eu peu de travail à fournir. Il a expertisé les dossiers expérimentaux des programmes du CEA tels qu'ils ont été cités par Jean-Louis CARBONNIER, le programme Ecix qui a été introduit en 2003 dans le réacteur Phénix, la sûreté aux séismes du réacteur Phénix et le programme expérimental Muse réalisé dans Masurca.

En ce qui concerne la sûreté des nouveaux concepts de réacteurs qui sont développés dans le cadre du Forum Génération IV ou des nouvelles installations qui seraient issues des travaux de séparation des actinides et de fabrication de combustibles, aucun dossier n'existe aujourd'hui et l'IRSN n'a pas fourni de prestations particulières. Il est actuellement question au mieux de premiers contacts avec AREVA sur un réacteur à neutrons thermiques haute température ou très haute température qui, lui aussi, est inscrit dans le programme de Génération IV.

Il se trouve toutefois que dans un autre registre qui est celui du stockage profond géologique qui va être traité jeudi prochain, l'IRSN a coordonné des travaux européens dans le cadre des PCRD avec un objectif de compréhension phénoménologique de l'évolution du stockage. À cette occasion sont apparues un certain nombre d'indications sur les radionucléides, qui posaient question dans l'évolution du stockage et qui étaient les principaux contributeurs à l'impact d'un stockage et à la dose délivrée aux populations.

Il faut bien reconnaître que la radiotoxicité du déchet ne met en jeu aucun système de protection. Tous ceux qui ici ont parlé de radiotoxicité ont considéré une ingestion directe du déchet, par l'homme et sans aucun moyen de protection, ni entreposage ni stockage. Tout cela est donc assez éloigné du risque réel constitué par tous les moyens de protection que l'on introduit entre un objet présentant des dangers et un effet sur une personne.

Le premier exercice européen « EVEREST » a traité entre 1991 et 1995 du stockage des déchets issus de retraitement – c'est-à-dire des déchets B comme le ciment, les métaux ou le bitume – et d'autre part des déchets vitrifiés. Cet exercice s'est attaché à trois types de sites de façon stylisée : des sites granitiques, des sites argileux et des sites de sel. Il a distingué deux familles de scénarios avec en premier lieu le scénario « *d'évolution normale* », où le stockage se comporte comme les calculs le prévoient, et d'un autre côté des scénarios d'évolution dite « *altérée* », qui considèrent l'influence d'événements perturbateurs mais envisageables comme des prélèvements d'eau dans un aquifère très profond ou des failles non observées qui créeraient des courts-circuits entre le stockage et l'homme.

Dans un scénario d'évolution normale, les résultats relatifs au stockage sont l'apparition de radionucléides dans la biosphère dans des durées très éloignées (de l'ordre de 100 000 ans), avec un premier pic qui est lié aux déchets dits « B » et un second qui est lié aux verres. Dans tous les cas, la dose et donc l'impact sont de 10^{-9} sieverts par an, c'est-à-dire des doses extrêmement faibles et qui sont environ un million de fois inférieures aux doses autorisées. Les contributeurs essentiels sont l'iode 129 et le césium 135, loin devant les actinides mineurs.

Un autre exercice européen « SPA » a été mené cette fois sur des combustibles irradiés, c'est-à-dire avec l'ensemble de l'inventaire en uranium 238, en uranium 235 et autres résiduels, tout l'inventaire en plutonium, tout l'inventaire en actinides et tout l'inventaire en produits de fission. Dans les scénarios d'évolution normale et que ce soit en sites argileux, salins ou granitiques, cet exercice SPA a donné des résultats absolument équivalents. Il a donc été complété par des exercices cherchant à cerner ce que donnerait une solution très sévèrement altérée, dont voici les résultats.

On part ici de la présence d'un puits de pompage à proximité d'une faille, ce puits tirant l'eau de façon à ce que celle-ci traverse le stockage, passe par la faille et soit finalement tirée par le puits de pompage. Les doses sont dès lors beaucoup plus élevées, de l'ordre de 10^{-2} sieverts par an. Les premières apparitions ont lieu au bout d'environ 10 000 ans et les premiers contributeurs restent l'iode 129, le chlore 36 et le sélénium 79, c'est-à-dire des produits de fission ou des produits d'activation à vie longue.

L'impact radiologique des noyaux lourds n'intervient que dans un second temps, au-delà de 100 000 ans et dans la limite des calculs qui ont été menés, l'effet est dû essentiellement au radium, au thorium, au protactinium ou à l'uranium, c'est-à-dire aux éléments qui sont en fin de chaîne. On note en outre que c'est la chaîne de l'uranium 238, qui amène la contribution majeure. L'américium, le curium, le plutonium subissent une décroissance significative dans les roches géologiques et la migration est suffisamment lente pour qu'ils ne provoquent aucun effet dans la biosphère.

Tous ces travaux intègrent bien sûr des hypothèses qui resteront à prouver au fur et à mesure que la démonstration de sûreté de l'exploitant progressera. Ils sont toutefois issus d'un consensus européen ayant associé aussi bien les Belges que les Allemands, les Français, les Hollandais, les Finlandais et les Espagnols. Ces études internationales montrent que les radionucléides les plus préoccupants sont les produits de fission à vie longue solubles tels que l'iode 129 et le chlore 36, bien que ce soient les transuraniens qui représentent l'essentiel de la radiotoxicité intrinsèque dite « potentielle ».

En conclusion, je retiendrais la nécessité de bien tenir compte de l'ensemble des phénomènes et de ne pas fonder les choix en matière de gestion des déchets sur des hypothèses par trop simplificatrices. Je voudrais également attirer votre attention sur un deuxième point. Dans la mesure où ce sont les produits de fission à vie longue qui ont l'impact le plus grand et que leur quantité est sensiblement proportionnelle à la quantité d'énergie produite, la sûreté d'un stockage géologique est finalement assez peu dépendante des stratégies d'aval du cycle.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci Mme VIALA. J'indique que la deuxième partie de votre exposé avait davantage trait au sujet que nous traiterons le 27 janvier prochain. C'est pourquoi je n'ouvrirai pas aujourd'hui le débat sur cette question.

M. Bernard DUPRAZ, Directeur général adjoint production-ingénierie – EDF : La vision de l'exploitant nucléaire pour la gestion des déchets radioactifs

Je voudrais aujourd'hui, dans une journée consacrée à l'axe 1, concentrer mon propos sur deux points : la politique d'EDF en matière de retraitement et de recyclage des déchets et la vision qu'a aujourd'hui EDF sur ce que pourrait être le renouvellement du parc nucléaire actuel par les générations futures.

Sur le premier point, la stratégie d'EDF est clairement de retraiter et de recycler l'ensemble des combustibles usés et ce pour trois raisons qui ont d'ailleurs été précisées à plusieurs reprises depuis ce matin. La première tient dans la qualité du confinement offert par la vitrification des déchets, avec 4 % de volume concentrant 98 % de la radioactivité et permettant par conséquent un entreposage à la fois sûr et économique pendant plusieurs décennies. En second lieu, avec la réduction sous un volume limité des combustibles usés destinés à être entreposés sous eau, la concentration dans le MOX permet de réduire d'un facteur 7 cette quantité par rapport à une option de non-retraitement et ceci sans impact sur l'économie des centrales. Le troisième avantage est enfin la conservation de l'option énergétique de long terme que peut procurer l'utilisation de la totalité de l'uranium 238 dans une perspective de Génération IV.

L'outil industriel qui permet cette politique de traitement-recyclage est récent et mature, qu'il s'agisse des installations de traitement de la Hague ou des installations de fabrication du combustible MOX de MELOX. En tant qu'électriciens et client d'AREVA, nous estimons en tout cas avoir là un outil optimisé. Au plan quantitatif ensuite, il est vrai qu'aujourd'hui, nous sortons chaque année de nos réacteurs environ 1100 tonnes de combustibles usés et que nous en retraitons dans le même temps environ 850 tonnes. Nous entreposons donc aujourd'hui 250 tonnes de combustibles par an, ce qui a pu donner le sentiment qu'EDF avait une politique de retraitement « partiel ». En réalité, nous sommes engagés depuis plusieurs années dans une stratégie d'augmentation des taux de combustion ou plus précisément d'augmentation de la valeur d'enrichissement du combustible pour passer d'un combustible enrichi initialement au lancement du programme à environ 3,2 % à environ 4 % aujourd'hui, 4,5 % très bientôt voire 4,9 % à terme. Ceci permettra de réduire pour les 58 réacteurs existants de 1100 à 850 voire 800 tonnes la quantité de combustibles usés et d'arriver donc à une adéquation entre le flux de combustibles déchargés et celui des combustibles retraités.

Ces combustibles sont aujourd'hui retraités dans le cadre d'un contrat avec AREVA couvrant la période 2001-2007 et pour une quantité de 850 tonnes (soit 100 tonnes de MOX). EDF et Areva envisagent de se donner une visibilité réciproque sur la période au-delà de 2008 pour une durée plus importante et dans des conditions permettant à chacun des deux acteurs de gagner en robustesse comme en rentabilité. Tous les combustibles usés sont donc clairement destinés à être retraités et ne constituent en aucun cas des déchets.

S'agissant ensuite de la vision que nous avons aujourd'hui sur ce que pourrait être le renouvellement du parc nucléaire actuel par les générations futures, le schéma qui vous est présenté ici se veut strictement illustratif. Il ne s'agit pas d'une quelconque « planification » à très long terme mais simplement d'une illustration de l'axe des temps et de l'importance d'anticiper un certain nombre d'actions à la fois industrielles et de R&D.

Le parc actuel comprend 58 réacteurs à hauteur de 63 GW. Une des caractéristiques particulièrement importante de ce parc est qu'il a été construit sur une période extrêmement resserrée avec 5000 MW mis en service chaque année pendant les années 80, la quasi-totalité du parc ayant été mise en service entre 1980 et 1990. C'est dire si toutes les centrales ont quasiment le même âge.

Il n'y a pas en France de « licence » accordée pour une durée de vie donnée. Le mécanisme est celui d'un réexamen de sûreté tous les dix ans mais nous considérons aujourd'hui qu'une durée de vie de 40 ans peut être raisonnablement acquise et ce bien que l'autorité de sûreté n'ait pas encore donné son accord formel sur la question. Le dossier est toutefois en cours d'instruction et nous sommes à cet égard tout à fait optimistes.

La question est bien sûr de savoir ce qui va se passer au-delà de ces 40 années d'exploitation à l'horizon 2020-2030 (c'est-à-dire demain en termes industriels). Nous devons donc répondre à cette question dès aujourd'hui et pour cela, nous prenons en compte deux considérations.

La première concerne la durée de vie technique des installations. Le retour d'expérience en provenance de l'étranger (et en particulier américain) ainsi que l'ensemble des travaux de recherche et développement nous permettent de penser qu'au plan technologique, les centrales à eau légère ont une durée de vie technique de l'ordre de 50 à 60 ans.

Le second élément à prendre en considération est l'horizon auquel de nouveaux concepts de réacteurs vont pouvoir apparaître et en particulier à quel moment les générateurs de Génération IV arriveront à maturité industrielle. Compte tenu des ambitions concernant Génération IV en termes de sûreté, de compétitivité ou de qualité d'incinération des déchets, nous pensons qu'il n'est pas raisonnable d'imaginer une mise en service industrielle d'une flotte commerciale de réacteurs de Génération IV avant l'horizon 2040. Auparavant interviendront bien sûr des phases de piles ou de prototypes ou peut-être même de séries mais avant d'entrer dans une phase véritablement industrielle avec plusieurs milliers de MW à mettre chaque année en service, 2040 semble déjà en lui-même un objectif extrêmement ambitieux.

Un premier choix consisterait par conséquent à faire l'impasse sur la Génération III et à amener jusqu'à 60 ou 65 ans la totalité des centrales actuelles pour les remplacer massivement et à un rythme de 5000 MW par an à l'horizon 2040. Ce pari-là repose sur une durée de vie de 60 ans pour la totalité du parc et sur la certitude qu'en 2040 les modèles de Génération IV seront parfaitement éprouvés industriellement. Ce pari-là, nous nous refusons à le prendre. C'est la raison pour laquelle nous privilégions un renouvellement – ou en tout cas le maintien ouvert de l'option de renouvellement, il ne s'agit pas de prendre aujourd'hui des décisions qui devront avoir lieu en 2015 – en deux strates avec entre aujourd'hui et 2040, un renouvellement par des réacteurs de Génération III. C'est d'ailleurs pourquoi dans le cadre de la loi d'orientation sur l'énergie votée en première lecture au Parlement, le Président GADONNEIX a décidé le lancement du projet Flamanville 3, tête de série en EPR permettant un début de renouvellement du parc par une flotte de Génération III et gardant ouverte au-delà l'option Génération IV.

Je voudrais insister enfin sur la nécessité d'avoir sur cette question de l'axe des temps une réelle cohérence entre le cycle industriel des réacteurs, le cycle industriel des usines du cycle et bien entendu, le cycle des déchets. Si l'on considère les usines de combustibles, les installations existantes de la Hague sont encore jeunes avec une durée de vie jusqu'à l'horizon 2040. Au-delà en revanche, compte tenu de la lourdeur des développements industriels – et toujours dans une optique de retraitement/recyclage – c'est dès l'horizon 2020 que les options industrielles et le passage d'une R&D scientifique à une R&D appliquée à l'industrie devront être opérés pour le renouvellement de ces installations.

Mme Florence FOUQUET, Sous-directrice de l'industrie nucléaire, DGEMP : Les déchets radioactifs du futur

Je commencerai par un bref rappel sur les missions de la DGEMP pour vous dire que nous pouvons participer aux actions de recherche par l'intermédiaire de la définition de priorités stratégiques et que nous contribuons à la définition des grandes priorités dans le domaine énergétique. J'aborderai dans cette présentation les principes qui sont, de notre point de vue, les plus importants dans le domaine de l'axe 1, quelques scénarios envisageables dans le cadre des orientations actuelles en matière de politique énergétique, un mot sur la nécessité de cohérence dans cette mise en œuvre et enfin le positionnement de l'axe 1 et les perspectives qu'il offre.

Comme le disait tout à l'heure l'un des intervenants, on a parfois tendance à mettre un peu trop l'accent sur l'axe 1 et à oublier les déchets existants déjà produits. Il nous faut donc rappeler très clairement que les apports de l'axe 1 ne vaudront que pour les déchets du futur qui ne sont pas encore conditionnés ni produits. On a certes réussi à diviser par 10 le volume annuel des déchets A et B qui sont produits annuellement et des calculs prospectifs font espérer des progrès plus grands encore.

Par ailleurs, des programmes de reprise et de reconditionnement ont été mis en place pour les déchets produits par la première génération de réacteurs. Une stratégie industrielle performante a également été mise en œuvre pour conditionner les déchets de haute activité et les entreposer dans les conditions les plus sûres pour plusieurs dizaines d'années.

Un autre enjeu nous est fourni par tous les déchets qui sont aujourd'hui produits par le parc actuel et qu'il convient de pouvoir optimiser.

Cet objectif de progrès permanent est une notion tout à fait fondamentale. La mise en œuvre des nouvelles technologies d'accès nécessite évidemment la disponibilité de nouveaux outils qui ne sont pas encore arrivés. Toute la discussion va donc porter sur la façon dont les « briques » de base qui seront disponibles en 2006 au niveau scientifique vont pouvoir être assemblées pour construire une stratégie et arriver un jour éventuellement à une mise en œuvre industrielle.

La stratégie actuelle consiste à traiter le plutonium, qui a été souvent présenté aujourd'hui comme une matière valorisable mais aussi potentiellement l'élément le plus radiotoxique au sein du combustible usé. Tout cela se traduit donc par cette stratégie de recyclage du plutonium, par le recyclage des déchets vitrifiés et par l'entreposage industriel.

L'axe 1 consiste à la fois à pouvoir continuer de retirer ce plutonium et d'agir sur les actinides mineurs. Nous avons en ce sens deux dates particulièrement importantes qui sont 2020 et 2040. Pour 2020, il s'agit de la date à laquelle les plus anciens des réacteurs actuellement en exploitation auront atteint leur quarantième année et devront éventuellement être fermés, avec donc la possibilité de faire intervenir de nouveaux réacteurs de troisième génération de type EPR. La période 2020-2040 marquera également le moment où nous pourrons avoir des installations prototypes à des échelles qui commenceront à être

significatives pour les technologies de séparation poussée et de transmutation. S'agissant enfin de 2040, c'est la date à laquelle on pourrait au plus tôt envisager une mise en œuvre industrielle des outils de transmutation et surtout des réacteurs à neutrons rapides de type Génération IV ainsi que des ADS dont il était question ce matin.

Dans tous les cas et même si l'on arrive pour ces échéances à organiser les programmes de recherche et développement afin d'être au rendez-vous de la phase prototype en 2020 et de la phase industrielle en 2040, il faudra qu'un choix soit fait à un moment donné entre les ADS et les réacteurs de la Génération IV. Il faudra tout au moins que le discours s'éclaircisse sur le sujet. Dans tous les cas de figure en outre, il faudra aussi tenir compte de la production de déchets vitrifiés, qui seront certes « *allégés* » car certains de leurs actinides mineurs auront été enlevés mais pour lesquels il restera toujours des déchets finaux qui ne pourront pas être gérés par des stockages de surface.

M. André-Claude LACOSTE disait tout à l'heure que du point de vue de l'autorité de sûreté, il n'avait pas encore eu sous les yeux de dossiers ou de prédossiers. De notre côté, s'agissant de la politique énergétique, si nous avons entendu parler de grands concepts du type « pouvoir maintenir l'élimination du plutonium » ou « pouvoir maintenir l'élimination des actinides mineurs », il nous est encore très difficile d'imaginer à quoi pourraient ressembler concrètement des réacteurs de ce type à l'horizon 2040 ou la manière dont on va pouvoir opérer un choix entre les ADS et les réacteurs de quatrième génération. Il nous est donc encore difficile de dire si ces grandes dates que sont 2020 ou 2040 vont être effectivement respectées

C'est pourquoi les rencontres scientifiques de 2005 devraient être si importantes mais il va falloir dans le même temps continuer ensuite la phase de recherche et développement et prévoir probablement une étape intermédiaire pour pouvoir vraiment faire un bilan coûts/avantages de l'axe 1.

Une solution de gestion définitive restera indispensable puisqu'en tout état de cause, ces technologies ne pourront pas s'appliquer aux déchets déjà existants et que la transmutation est elle-même génératrice de déchets ultimes. On ne traite pas non plus actuellement le cas des produits de fission. Nous n'avons en outre aujourd'hui que très peu d'éléments sur les coûts et les complexités induits par ces opérations industrielles. On sait notamment que la manipulation d'actinides mineurs implique des usines avec des cellules blindées et beaucoup d'éléments aussi complexes. Il faudra donc prendre garde quand viendra le temps de la décision de ne pas créer plus d'inconvénients ou de complexité dans le système à court terme pour un bilan qui ne serait finalement plus si favorable. Enfin, toutes les discussions ce matin ont montré l'intérêt d'une coopération internationale dans un domaine où les investissements seront considérables quand on en sera après 2020 à la phase prototype.

Les perspectives post-2006 peuvent être déclinées en deux axes. Le premier concerne l'intégralité des programmes sur le devenir du plutonium et des combustibles usés actuellement non-retraités. Quand bien même 2040 verrait l'émergence de réacteurs à neutrons rapides, il faudra encore se demander à quel rythme et à quelles conditions on va retraiter les MOX en France.

Concernant la séparation poussée et la transmutation des actinides mineurs, un certain nombre de programmes sont d'ores et déjà lancés mais ne seront pas nécessairement finalisés en 2006 et qu'il va falloir absolument capitaliser. Il s'agira notamment de terminer les essais sur Phénix et de poursuivre l'expérience sur Atalante ainsi d'avoir une meilleure vision sur les études se rapportant aux systèmes transmuteurs.

Nous avons entendu ce matin des opinions partagées sur les ADS d'un côté et les réacteurs de quatrième génération de l'autre. Ces controverses sont probablement normales à ce stade, c'est-à-dire

40 ans avant d'entrer en phase industrielle, mais il faudra bien à un moment donné répondre à des questions aussi simples que « *ces deux solutions sont-elles complémentaires ?* » ou « *ces concepts intègrent-ils bien la faisabilité de la transmutation scientifique et technique des actinides mineurs ?* » ou encore « *est-ce que les ADS prennent en charge le plutonium ?* », « *quels sont les plannings de développement* », « *combien faudra-t-il d'ADS pour traiter les actinides mineurs* » etc.

Il faudra donc utiliser tous les jalons qui ont été mentionnés sur les différents types de programmes pour répondre progressivement à ces questions aussi simples que pragmatiques. C'est ainsi que l'on pourra progressivement obtenir une politique la plus cohérente possible. Si 2006 est une échéance très importante et qui va permettre de faire émerger des axes scientifiques, nous sommes encore loin d'être exhaustif sur la question et de pouvoir prendre des décisions sur des prototypes de grande ampleur. La prochaine étape est probablement celle-là : avoir réponse à des questions assez basiques avant de définir le cahier des charges de ces prototypes et avoir opté pour *telle* ou *telle* politique énergétique ainsi que *tel* réacteur pour 2040.

M. Bernard TISSOT, Président de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation par la CNE des recherches relatives à l'axe 1 de la loi du 30 décembre 1991

Rappelons tout d'abord que la Commission nationale a pour mission d'évaluer les résultats des recherches, dont les orientations sont elles-mêmes définies par les acteurs de la recherche et sont exécutées dans le cadre de la loi. La CNE peut éventuellement proposer d'autres pistes de recherche, souligner certains manques, suggérer des compléments mais elle n'est pas un organisme de décision.

Si nous regardons les principaux résultats sur l'axe 1, nous allons constater avec la plupart des intervenants d'aujourd'hui que le CEA a fait des avancées scientifiques majeures, d'une part dans la séparation des actinides mineurs et d'autre part dans le choix des oxydes comme support de transmutation. Pour l'instant, la faisabilité scientifique en est prouvée mais la faisabilité technique demande encore à être confirmée. Quant à la transmutation, je rejoindrai ce que disait tout à l'heure M. LACOSTE. On nous a effectivement exposé beaucoup d'orientations (et même parfois beaucoup de « rêves »), tant du côté de la Génération IV – qui reste à mes yeux encore très vague et qui a pour charme principal d'être internationale – que des ADS, qui paraissent séduisants par certains côtés mais qui semblent aussi assez lourds à mettre en place. Sur la transmutation par conséquent, l'impression générale est que nous ne disposons pas à ce jour d'un système dont la faisabilité technique en situation de démonstration serait avérée.

Vous voyez bien par conséquent que nous avons là deux domaines bien distincts avec d'un côté la séparation – pour laquelle les actions nécessaires pouvaient s'opérer dans les quinze ans de la loi – et la transmutation de l'autre, qui nécessite de son côté un travail de très longue haleine et pour laquelle un long chemin reste encore à parcourir.

Du fait de cette différence dans les échelles de temps, deux solutions s'offrent à nous. Dans la première hypothèse, on choisit de travailler en séparation/conditionnement mais la question dès lors est de savoir combien de temps il faudra attendre avant de voir ces stockages traités. Dans la seconde, on se réjouit des avancées en matière de séparation et l'on attend avant toute décision complémentaire de disposer d'outils de transmutation.

M. Jean-Paul SCHAPIRA, Membre de la Commission nationale d'évaluation

Au cours de cette audition, la CNE a donc souhaité vous présenter huit points clés. Sans vouloir non plus être exhaustifs dans notre évaluation, nous voulons nous focaliser aujourd'hui sur les systèmes de transmutation et non pas sur les scénarios de séparation, qui vous seront présentés la semaine

prochaine. Il convient toutefois de bien garder à l'esprit que séparation et transmutation forment un tout et que l'on ne peut pas imaginer des stratégies de transmutation prises indépendamment des autres.

Point clé n°1 :

Il s'agit ici encore une fois de souligner le succès du CEA, qui a établi la faisabilité scientifique de la séparation de l'américium et de du curium, sorte d'« objectif enveloppe » sur le principe du « *qui peut le plus peut le moins* » pouvant s'appliquer au plutonium. Le CEA a mis en évidence une nouvelle molécule extractante. Ce travail a demandé beaucoup d'efforts et nous en sommes désormais à la phase de la faisabilité technique des trois procédés envisagés pour cette séparation, qui reste à être prouvée. La CNE en attend pour l'instant les résultats avant de les évaluer.

Point clé n°2

Nous retrouvons ici le problème de certains produits de fission à vie longue que sont l'iode, le technétium ou le césium. Là encore, la séparation a été testée et l'on sait probablement bien séparer ces produits mais dans ce domaine et contrairement aux actinides mineurs, les perspectives paraissent très peu encourageantes quant à leur transmutation dans des réacteurs. Pour l'instant donc, iode technétium et césium semblent exclus du champ de la transmutation.

Point clé n°3

Nous en venons ensuite aux systèmes de transmutation eux-mêmes. Notre évaluation a porté successivement sur la faisabilité scientifique puis sur la faisabilité technique. Il semble important pour informer les pouvoirs publics de bien distinguer les étapes, étant entendu qu'intervient au final la faisabilité industrielle si des décisions sont prises en conséquence.

Pour tous ces systèmes de transmutation, nous avons pensé qu'il était extrêmement important de distinguer ceux fonctionnant avec du combustible bien connu et standard (MOX par exemple) et ceux fonctionnant à partir de combustibles ou de cibles dédiés à la transmutation, c'est-à-dire chargés avec des actinides mineurs et sous des formes éventuellement différentes des oxydes qui constituent le MOX.

On l'a dit, les réacteurs REP du parc électrogène ne se prêtent que très difficilement au multi-recyclage du plutonium et des actinides mineurs. La CNE rejoint donc le consensus de la communauté scientifique sur ce point. Les auditions que nous avons tenues ont permis de distinguer deux voies. Dans la première on installe en complément à un parc REP (voire à un parc de réacteurs à neutrons rapides qui ne recycleraient que le plutonium) des ADS qui sont donc des réacteurs dédiés à la transmutation d'actinides mineurs à forte concentration. La deuxième voie – qui peut d'ailleurs intervenir de manière complémentaire – prévoit, en substitution à un parc REP, des RNR qui multi-recyclent le plutonium et les actinides mineurs ou les transmutent en un seul passage. Nous avons également pris connaissance des travaux et de l'intérêt des réacteurs à sel fondu chargés au thorium, qui ne produisent pratiquement pas d'actinides mineurs et dont le développement pourrait être également envisagé à plus long terme. Nous considérons en tout cas qu'il y a là un sujet de recherche extrêmement important.

Point clé n°4

Ce point se rapporte plus spécialement aux ADS. Il faut dire d'ailleurs que la plupart de nos travaux d'évaluation, qui portaient sur les travaux des 5^{ème} et 6^{ème} PCRD ainsi que sur ceux du groupement de recherche GEDEPEON entre le CEA, le CNRS, EDF et Framatome, se sont attachés au système ADS. Il s'agit en effet aujourd'hui du principal système de transmutation pour lequel des études de base et expérimentales sont menées depuis maintenant plus de 10 ans en Europe, aux Etats-Unis et au Japon.

Ces nombreuses études de base (section efficace, modélisation etc.) ne nous paraissent pas aller aujourd'hui vers une réalisation prochaine d'un démonstrateur. Ces acquis – qui sont fondés sur des programmes expérimentaux, partiels et sur les sous-ensembles des ADS (accélérateurs, cibles, réacteurs) – ont permis d'identifier des verrous technologiques qu'il s'agira de lever. Des programmes sont d'ailleurs en cours, essentiellement autour du 5^{ème} et 6^{ème} PCRD et nous avons là, par exemple, le programme EUROTRANS engagé avec le 6^{ème} PCRD.

La Commission a également pris connaissance depuis de nombreuses années de toutes les démarches qui ont été menées au niveau européen et national sur le besoin d'une feuille de route. Nous sommes absolument convaincus de la nécessité de fédérer toutes ces recherches autour d'un démonstrateur européen de 100 MW environ et qui pourrait voir le jour au-delà de 2008. Le programme EUROTRANS avait de fait pour objet de définir un tel démonstrateur mais nous pensons que ce dernier devrait se focaliser d'abord et essentiellement sur la technologie de l'ADS avec combustible standard plutôt que sur la démonstration de la transmutation elle-même. Le nom de XT-ADS proposé aujourd'hui pour cet EUROTRANS nous semble à cet effet assez peu adapté à cet objectif.

Le problème se pose malgré tout de l'effort à mener sur les ADS. Si les communautés scientifiques européennes et internationales font preuve d'enthousiasme en la matière, pour la France au contraire, le CEA porterait aujourd'hui une analyse globalement négative sur les ADS et ce après avoir pourtant beaucoup travaillé sur la question. Bien sûr les ADS restent un des éléments de ses recherches mais il nous semble que la stratégie proposée par le CEA ne leur laisse guère de place et privilégie très fortement les réacteurs de Génération IV.

Point clé n°5

Il s'agit ici des systèmes à neutrons rapides ou RNR sodium. La faisabilité scientifique de la transmutation a été établie expérimentalement avec tout le travail considérable fait autour de Phénix, déjà éprouvé avec des combustibles standards. Par contre, la démonstration de la faisabilité technique dans un RNR sodium nécessitera des essais à l'échelle de l'assemblage. Ceci avait d'ailleurs été l'objet en 1996 d'un considérable programme d'acquisition de connaissances que le CEA avait proposé à l'époque où il était question d'utiliser SuperPhénix comme outil de recherche. Je pense que l'analyse qui avait été faite alors sur la nécessité de procéder à des essais à l'échelle de l'assemblage reste toujours d'actualité et tant que ceci ne sera pas fait, nous ne pourrons pas tenir pour acquise la faisabilité technique de la transmutation sur un RNR sodium.

En revanche, l'autre réacteur RNR gaz retenu dans Génération IV et choisi par le CEA n'en est aujourd'hui qu'à l'état de concept et très honnêtement, je suis bien obligé de dire que la CNE ne dispose à l'heure actuelle d'aucun élément d'appréciation quant à sa faisabilité et à ses performances de transmutation.

Point clé n°6

Nous en arrivons là au problème des cibles et combustibles, dont on sait combien ils sont indispensables à la transmutation et en mode homogène comme en mode hétérogène : on parle à ce moment-là de « combustibles » ou de « cibles ». Nous sommes également ici dans un domaine d'excellence du CEA puisque l'étude des combustibles et cibles pour la transmutation est l'un des points forts des recherches qu'il a menées depuis près de 20 ans. La faisabilité technique n'est acquise aujourd'hui que pour les combustibles à base d'oxydes peu chargés en actinides mineurs. Ce résultat important n'était pas du tout évident au départ et a été obtenu grâce à tout le travail mené autour de Phénix. D'autres travaux sont en cours avec par exemple le programme Futurix sur les combustibles plus chargés en actinides mineurs ainsi que d'autres supports comme des nitrures, des carbures ou des alliages métalliques qui sont en cours d'expérimentation.

Point clé n°7

Il nous est apparu au travers de toutes ces auditions que la question-clé avec la filière uranium/plutonium tiendra dans la gestion du curium, qui appelle des travaux bien plus approfondis que ceux ébauchés à ce jour dès lors qu'un deuxième recyclage sera envisagé.

Point clé n°8

Ce point concerne les questions liées au thorium. Plusieurs auditions ont été consacrées à ce sujet. Le CNE considère que les avantages de principes qui lui ont été présentés en matière de déchets à vie longue sont suffisamment importants pour que l'étude de cette filière soit approfondie bien plus qu'elle ne l'est aujourd'hui. Des études de base sont en cours au CNRS, en coopération avec EDF et nous estimons souhaitable que le CEA puisse également apporter sa contribution. Il faut rappeler malgré tout que la faisabilité scientifique et technique reste à démontrer et se souvenir a contrario que contrairement à certains autres types de réacteurs, des réacteurs expérimentaux de ce type ont déjà fonctionné aux Etats-Unis pour des puissances modestes.

Mme Anne LAUVERGEON, Présidente du directoire d'AREVA : Les progrès dans la gestion des déchets radioactifs : la contribution d'AREVA

Je voudrais tout d'abord vous remercier de l'occasion qui m'est offerte aujourd'hui de faire le point sur un sujet qui est souvent présenté comme le talon d'Achille de l'énergie nucléaire et de pouvoir préciser la contribution que le groupe AREVA et un certain nombre de ses filiales (la COGEMA en particulier) ont pu apporter dans les années qui ont suivi 1991 aux progrès réalisés pour la gestion des déchets radioactifs.

Il nous faut à la fois ne pas sous-estimer l'importance de cette question et en même temps, l'aborder sans dogmatisme, en toute transparence et sans la dramatiser. Le sujet mérite en tout cas d'être débattu et j'ai bon espoir que les années 2005 et 2006 seront l'occasion d'en parler beaucoup plus.

Si nous avons beaucoup travaillé sur ce sujet chez AREVA, nous avons aussi essayé de comprendre ce que cette question des déchets pouvait représenter dans l'inconscient collectif et la façon dont les représentations mentales des uns et des autres pouvaient s'élaborer. Les conclusions de ces travaux sont nombreuses et elles exigent déjà que l'on commence par en parler beaucoup plus et par mettre en avant les faits tels qu'ils sont.

Comme toutes les activités industrielles, la production électronucléaire génère des déchets, qui représentent 1 % de la totalité des déchets industriels produits chaque année. Sur ce 1 %, seulement 5 % sont constitués de déchets fortement radioactifs. Le volume de déchets radioactifs produits par le parc français depuis sa création (soit pour 50 ans d'activité) est aujourd'hui contenu dans un espace limité et qui est de la taille d'un hall de l'usine de la Hague. Il ne s'agit pas ici bien sûr de minimiser le phénomène mais d'en décrire l'ordre de grandeur en rappelant que ces volumes sont aujourd'hui très limités. Je dois dire à ce propos qu'AREVA assume entièrement sa responsabilité dans ce domaine alors qu'en général, elle n'est pas propriétaire de ces matières.

Notre travail consiste à mettre en œuvre des solutions adaptées pour la gestion de ces déchets radioactifs. Nous proposons à nos clients électriciens une gamme complète de services sur le cycle du combustible avec une solution sûre, éprouvée et au meilleur niveau des standards internationaux pour le traitement des combustibles usés et le conditionnement des déchets. Je rappelle que la gestion actuelle de combustibles français recycle 96 % des matières usées, économisant ainsi 30 % de

ressources naturelles, divisant par 5 le volume des déchets et réduisant jusqu'à un facteur 10 leur toxicité.

Notre responsabilité ne s'arrête pas là puisque nous travaillons également très activement au progrès des techniques et à la recherche de solutions complètes et durables autour des axes qui ont été dégagés par la loi de 1991 pour la gestion des déchets de long terme. Citons ici l'exemple, notamment en France, de la mise en œuvre des stockages pour les diverses catégories de déchets et en particulier pour les déchets beaucoup moins radioactifs comme les TFA mis en service en 2003. Nous sommes également très largement impliqués dans tous les travaux portant sur les déchets de haute activité et à vie longue, tant directement au travers des relations que nous avons avec le CEA et l'ANDRA que dans la logique de progrès continu pour la gestion de nos propres déchets – qui représentent environ 5 % de l'ensemble des déchets de cette catégorie – comme pour celle de l'ensemble des déchets de la filière.

Je voudrais d'ailleurs axer mon intervention sous l'angle du progrès continu : progrès technologique et industriel pour AREVA, progrès sur les différents axes définis par la loi et qui, avant même 2006, a d'ores et déjà permis de nombreux enseignements.

Beaucoup de choses ont été réalisées depuis 15 ans, tant pour la recherche qu'en matière industrielle. Les progrès techniques industriels concernent aussi bien le volume des déchets que leur qualité et la standardisation des procédés. Nous avons en outre une bien plus grande connaissance de ces déchets et d'importants progrès ont été réalisés sur leur stockage et la connaissance opérationnelle de leurs réactions. Enfin, la durabilité des entreposages industriels s'est considérablement améliorée.

Il est difficile d'envisager tous ces progrès indépendamment les uns des autres. Nous avons peut-être ici d'ailleurs la limite de toutes nos présentations, qui donnent le sentiment de sujets égrenés alors que ces progrès sont tous maillés et que c'est la combinaison de ces avancées qui devrait permettre de définir une sorte de « bouquet » diversifié de solutions d'ensemble pour la gestion des déchets nucléaires.

La contribution du traitement-recyclage permet quant à elle de réduire la toxicité et le volume des déchets ultimes tout en les conditionnant de manière optimale, ce qui me paraît complémentaire d'une solution de stockage géologique en profondeur sans compromettre en quoi que ce soit de possibles perfectionnements ultérieurs. Certaines de ces solutions – et l'on peut penser notamment au stockage en couches géologiques profondes – seront, semble-t-il, reconnues comme techniquement exploitables à court ou à moyen terme. Elles pourraient d'ailleurs être mises en œuvre en priorité pour les déchets existants.

Au-delà, pour la séparation-transmutation, les perspectives de progrès demeurent vastes, en particulier dans l'accompagnement de la nouvelle génération de réacteurs nucléaires. Ces autres solutions demanderont encore du temps et lorsque leur maturité le permettra, elles donneront lieu à des exercices complets d'évaluation prenant notamment en compte les critères économiques. Nous parlons d'un « cycle » du combustible dans une industrie produisant de l'électricité et cette dimension économique est bien sûr également présente.

Sur les progrès industriels générés par AREVA, la loi de 1991 a été votée pratiquement au moment du démarrage des usines actuelles de la Hague. À cette époque, la vitrification industrielle était en train d'être mise au point. Les données de base des nouvelles usines prévoyaient un volume de déchets de haute activité et à vie longue d'environ 3 m³ par tonne et ces éléments étaient jugés à l'époque très ambitieux. Avec le soutien constant du CEA, des ingénieries du groupe mais aussi de nos clients, nous

avons fait pendant ces quinze années des progrès considérables. On pourrait citer en particulier la mise en œuvre du compactage des structures métalliques des combustibles et des déchets technologiques ou encore le recyclage des effluents avec l'envoi des flux résiduels vers la vitrification. C'est ainsi que nous avons réduit quasiment d'un facteur 10 par rapport aux paramètres de conception des usines de traitement le volume prévu de déchets puisque nous en sommes aujourd'hui à 0,4 m³ par tonne.

Ces progrès étaient inespérés au départ. Rappelons qu'en 1991, nous en étions encore à nous demander si ce pari industriel allait être tenu : nous avons fait finalement quasiment dix fois mieux. Ce résultat n'est absolument pas anodin, aussi bien sur le plan écologique que sur celui de l'économie. Dans son inventaire national des déchets et des matières radioactives publié récemment, l'ANDRA évalue à environ mille six cent cinquante m³ le volume des déchets de haute activité et à vie longue français à la fin 2002.

À l'avenir, l'essentiel du flux issu de la production d'électricité nucléaire qui transite par la Hague pour conditionnement sera de moins de 500 m³ par an, c'est-à-dire que les progrès de l'industrie du traitement cantonnent à la marge le volume des déchets du futur. La très grande majorité de l'inventaire est ainsi constituée aujourd'hui du nucléaire « *historique* ».

D'autres actions de progrès ont porté sur la connaissance des déchets de haute activité et à vie longue, notamment en termes de performances mécaniques ou chimiques. La durabilité des verres a été confortée, contribuant à renforcer le statut de référence mondiale des colis standards que nous avons proposés. Parallèlement, ces quinze dernières années ont vu l'essor du recyclage industriel inexistant ou presque en 1991. En 1995, le démarrage de l'usine MELOX a donné un niveau de recyclage industriel permettant, rappelons-le, de réduire la radiotoxicité des déchets d'un facteur jusqu'à 10.

Aujourd'hui par conséquent, traitement recyclage et vitrification permettent de confiner de manière tout à fait performante la radioactivité qui fait le plus peur au grand public. D'énormes progrès ont été réalisés pour isoler ces déchets, réduire leur toxicité, les conditionner, les entreposer de façon contrôlée et sans impact sanitaire. Notre vocation d'industriel, inscrite dans le développement durable, est non seulement de perpétuer cette logique mais d'essayer de faire encore plus de progrès et en continu. En particulier, notre rôle est d'investiguer en permanence de nouveaux champs technologiques, autour notamment des systèmes nucléaires futurs qui pourraient minimiser à la source la production de déchets.

Au-delà des solutions applicables aux déchets existants, le « bouquet » des solutions possibles que j'évoquais précédemment dépend non seulement des techniques de traitement, de conditionnement, d'entreposage et de stockage – et je suis persuadée que nous allons continuer les progrès dans ce domaine – mais également de la technologie des réacteurs. L'arrivée de la troisième génération de réacteurs va apporter son lot de progrès. L'EPR permet en effet de réduire le volume des déchets produits d'environ 10 % grâce à l'action combinée d'un meilleur rendement et de taux de combustion plus élevés. Ce type de réacteurs à spectre thermique n'est cependant pas adapté à l'incinération des actinides mineurs au cas où cette démarche serait retenue.

À un horizon plus lointain, c'est-à-dire autour de 2030-2040, nous avons bon espoir que les réacteurs de quatrième génération seront mis au point. En tous les cas, nous allons essayer d'y contribuer, avec l'aide de nos partenaires. Je crois à ce sujet qu'il nous faut lever toute ambiguïté : nous n'aurons jamais (ou tout au moins pas à cette échéance) de nucléaire à zéro déchets. Il s'agit toutefois de faire en sorte qu'en poursuivant la recherche, nous puissions continuer à optimiser cette production.

Dans les concepts de réacteurs du futur, le recours au traitement apparaît de plus en plus comme le facteur clé du développement durable du nucléaire : économies en ressources énergétiques, gestion associée et performante des déchets etc. Nous retrouvons là la notion de progrès continu et nous espérons d'ici 15 ans pouvoir nous féliciter de progrès que nous n'attendons peut-être pas nécessairement à ce stade. Ces progrès en tous les cas sont un élément moteur de notre action et sur lequel nos clients eux-mêmes nous poussent à avancer.

Je crois par conséquent que la recherche sur les déchets est une des composantes parmi d'autres de l'optimisation des systèmes nucléaires du futur et non pas un axe de recherche séparée. Nous la concevons quant à nous comme un axe intégré de notre évolution.

Nous avons fait en 15 ans des progrès remarquables et considérables : progrès des connaissances scientifiques, progrès industriels, progrès technologiques et progrès nouveaux à venir. Beaucoup de résultats sont acquis aujourd'hui, d'autres sont en cours de formalisation ou en cours d'évaluation. Une évaluation de la représentation nationale sur l'ensemble de ces sujets sera effectivement une étape importante, de laquelle découleront peut-être des orientations et des choix.

De notre côté, notre rôle est d'opérer à la fois une présentation très exhaustive de la situation ainsi, bien sûr, que de faire des recommandations. J'insiste à cet effet sur cet élément nouveau et essentiel qu'est l'inventaire national de l'ANDRA, tant il est vrai qu'en la matière, nous avons à gérer le passé plutôt que l'avenir.

Les choix que fera la France ne pourront pas non plus être déconnectés du reste du monde. Nous devons pouvoir tirer des leçons de tout ce qui a pu être fait ou de ce qui est en train de se mettre en place dans d'autres pays. Il est vrai également que notre pays est considéré comme une des références dans le domaine des technologies nucléaires. Les orientations que nous prendrons seront donc forcément examinées avec une très grande attention : les choix que nous ferons ne seront donc peut-être pas non plus sans influence en dehors de nos frontières.

Pour toutes ces raisons, nous nous devons d'être exemplaires en matière de gestion à long terme des déchets pour qu'au travers des choix qui seront faits, l'industrie nucléaire française continue d'être cette référence qu'elle est aujourd'hui dans le monde.

M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, transports, environnement, ressources naturelles – Ministère délégué à la recherche : Bilans et perspectives des recherches sur la séparation-transmutation

Si les éléments de connaissance sont communs et correspondent à ce qui a été rappelé par les précédents intervenants, la perspective du ministère de la recherche peut-être légèrement différente de celle des autres acteurs. J'essaierai donc ici de vous exposer notre point de vue sur l'aboutissement de 15 ans de recherches.

La Direction de la technologie – qui a notamment sous tutelle le CEA, l'ANDRA ou l'IRSN – assure le suivi des recherches de la loi de 1991. Il s'agit là d'un élément extrêmement important car nous essayons finalement chaque année ensemble d'y voir un peu plus clair. Pour cela, nous prenons en charge l'animation d'un comité, le COSRAC, réunissant l'ANDRA, le CEA, le CNRS, la DGSNR, l'IRSN, le ministère de l'industrie ainsi qu'en principe, le ministère de l'environnement. C'est ainsi que toute personne se considérant intéressée par un sujet entrant dans ce cadre-là est la bienvenue dans ce lieu de travail et de synthèse permettant chaque année la rédaction d'un document qui présente la stratégie des recherches et programmes de la gestion des déchets dans le cadre de la loi de 1991. Il s'agit donc

d'un exercice extrêmement formel et dans lequel la Direction de la technologie accompagne les acteurs de la recherche.

Ce document est publié chaque année et j'indique également qu'il est accessible sur Internet, malheureusement en français. Je dis « malheureusement » parce que je me rends compte qu'il existe à l'étranger une très forte demande et que notre pays, avec ses 58 réacteurs dirigés par un seul grand organisme, avec ses grands organismes industriels, son CEA etc. forme au final un ensemble absolument unique au monde et dont l'extérieur attend qu'il formule un message un peu plus international.

J'aimerais également rappeler ici les objectifs de la séparation-transmutation. Souvenons-nous tout d'abord d'où en était la recherche en 1991 : les progrès réalisés depuis sont absolument immenses. Nous sommes peut-être passés un peu trop rapidement sur ce facteur 10 mais réalisez ne serait-ce qu'un seul instant ce que représenteraient ces 3 m³ au lieu des 0,4 m³ que nous avons aujourd'hui. Il ne s'agit pas bien sûr pour le Ministère de la recherche d'entrer dans une quelconque polémique mais d'être factuels et de voir que ce problème se pose beaucoup plus ailleurs et, par exemple, aux Etats-Unis : combien faudra-t-il de Yucca Mountain si nous restons sur un système de cycle ouvert ? Pour moi, cette question n'est même pas sujet de débat mais de choix de la part des Etats-Unis.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Le fait est que la réponse est connue : il faudra aux Etats-Unis en 2100 l'équivalent de 21 Yucca Mountain.

M. Bernard FROIS

Les chiffres parlent d'eux-mêmes. Nous n'avons pas le choix ici entre un nucléaire durable ou non mais à ce stade-là, nous essayons simplement de cerner les paramètres de la question. En outre, du côté français, il est essentiel pour nous de parler de *spent fuel* et non de *nuclear wastes* car il s'agit là de combustibles qui ont été usés mais que nous essayons de retraiter : nous sommes bien dans le cadre de *spent fuel framework*.

Par ailleurs, on l'a dit, la faisabilité scientifique de la séparation poussée des actinides n'était pas du tout acquise au départ. Mon discours ici sera celui d'un scientifique et viendra donc parfaitement compléter ce que disait tout à l'heure M. LACOSTE. De mon point de vue donc, le procédé scientifique fonctionne très bien, son industrialisation étant une tout autre question. Les premières expériences sur Phénix confirment la faisabilité *de principe* de la transmutation : M. SCHAPIRA a très bien expliqué les limites de l'exercice. Je me bornerai quant à moi à constater que du point du chercheur, un outil comme SuperPhénix nous a manqué quand certains pourraient nous reprocher aujourd'hui de ne pas être allés assez vite.

Sur les projets ADS ensuite, je suis content d'avoir entendu la présentation de la CNE mais j'avoue qu'elle m'a terriblement surpris. Il se trouve que j'ai eu l'occasion de représenter la France au CCE (comité consultatif Euratom) sur la fission et je n'ai jamais entendu dire que le CEA ne soutenait pas les projets ADS. Je puis vous dire en tout cas que du point de vue du ministère, le CEA finance les recherches sur les ADS et qu'en comité Euratom, nous sommes très sensibles à ce cadre européen qui est extrêmement réussi et dans lequel nous poussons plus avant la question. Certains éléments financiers et des priorités à donner viennent bien évidemment s'ajouter mais tout cela est débattu dans un cadre purement européen. Pour Euratom, par conséquent, la France soutient clairement les programmes ADS.

Atalante est un des grands succès français et pour avoir discuté avec un certain nombre de mes collègues de Los Alamos ou du Japon, tous sont très admiratifs devant ce laboratoire, qui nous offre des possibilités et que nous allons exploiter en particulier avec le réseau européen Actinet. Je ne sais pas si vous réalisez le nombre d'instituts intéressés par ce laboratoire mais il s'agit là d'un outil qu'il nous faut absolument valoriser.

Du point de vue du ministère de la recherche, nous attachons énormément d'importance à l'idée de réseau car nous sommes finalement aussi bien européens qu'internationaux. Pasteur l'a dit, la recherche ne saurait être propriété nationale. J'ai eu l'occasion de travailler dans le laboratoire du Dr GRUNDER quand il était en Virginie et nos contacts étaient permanents avec nos collègues de Stanford ou de Tokyo. D'une manière générale donc, nous essayons d'avancer tous ensemble et il est important de voir combien de réalisations peuvent être faites de cette manière.

Les groupements de recherche du CNRS sont d'ailleurs la marque d'une des grandes évolutions de ces dernières années, les physiciens ayant pris d'un coup conscience de l'importance de s'impliquer dans des tâches dont ils ont pu mesurer le caractère essentiel. Le CNRS regroupe un très large éventail de domaines avec notamment toutes les sciences de la terre et de l'environnement, tout ce qui est chimie etc. et apporte donc finalement un éclairage extrêmement complet et à partir duquel nous ne savons pas toujours exactement ce dont nous aurons besoin. Or ici, le CNRS apporte un éclairage innovant, des compétences pluridisciplinaires, des résultats qui sont appréciés par tous nos collègues ainsi que la confrontation avec les méthodes industrielles.

Ce dernier élément dénote une avancée fantastique de la démarche. Le ministère de la Recherche a pleinement pris conscience que derrière la recherche se trouvait le développement et donc l'industrialisation et l'économie avec en filigrane tous les problèmes de société. Personne aujourd'hui ne travaille isolé dans son coin et surtout pas les chercheurs.

L'éclairage purement scientifique permet donc d'appuyer les décisions qui vont concerner le futur de l'énergie nucléaire, des recherches ayant déjà débouché sur des acquis industriels.

Concernant ensuite les perspectives à venir, la mise en œuvre industrielle de la séparation poussée n'est intéressante qu'associée à un système de transmutation adaptée. Nous devons nécessairement envisager cette question dans un cadre futur qui est celui de la prochaine génération de réacteurs. Vous noterez au passage que je n'ai pas parlé de « Génération IV », terme labellisé par le *Department of Energy*, mais qui ne correspond pas automatiquement au futur de l'énergie nucléaire. C'est pourquoi je préfère parler quant à moi de la « future génération de réacteurs », c'est-à-dire celle qui interviendra au-delà de Génération III.

Tout le monde l'a dit, le programme de recherche post-2006 sera de la plus grande importance et la dimension économique et industrielle est un paramètre fondamental de la réflexion à venir. Il s'agit en effet désormais de réfléchir ensemble à la direction que nous souhaitons prendre.

Le ministère de la recherche va organiser en juin prochain un colloque scientifique pour présenter le bilan et les perspectives de la recherche. Une analyse multicritères a été menée par le ministère de l'industrie et un projet de loi est en cours d'élaboration. M. LACOSTE nous a également parlé tout à l'heure de la mise en place du plan national de gestion des déchets radioactifs et nous préparons nous-mêmes une stratégie de recherches post-2006.

Pour conclure mon exposé, permettez-moi de vous présenter ici un transparent japonais. Nous avons beaucoup parlé de l'international mais finalement assez peu du Japon qui se trouve pourtant être par

certaines côtés le « *miroir* » de la France. Rokkasho Mura est notamment un site assez extraordinaire pour nous puisque du côté fission, c'est la COGEMA elle-même qui aura en charge la construction d'une usine dont les travaux vont bientôt commencer. Le transparent vous montre en tout cas que les préoccupations qui sont les nôtres aujourd'hui peuvent se retrouver ailleurs.

Au-delà de 2006, j'indiquerai simplement que la recherche & développement reste le meilleur terrain pour faire converger progressivement le débat vers des décisions robustes et partagées. Nous avons l'énorme avantage avec la science d'être sur un terrain maîtrisé et stable où 2 fait toujours 2 et 3 toujours 3 : c'est le terrain des résultats.

J'en terminerai avec un hommage à M. BATAILLE. En 1991, la France était encore globalement très perplexe et cherchait son chemin. Nous nous retrouvons aujourd'hui tous ensemble – ce qui est déjà en soi une performance remarquable – et nous trouvons notre chemin pas à pas. J'en resterai donc sur cette image qui me paraît très symbolique d'un futur que j'espère heureux.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci pour cette conclusion « bucolique » si ce n'est poétique. J'invite désormais ceux qui le souhaitent à poser leurs questions.

Débat avec les participants

M. Jacques PEREIRA, CFE/CGC

Nous tenons à vous remercier, M. le Président, pour l'organisation de cette audition ainsi que tous les intervenants, qui ont contribué à ce que nous ayons un débat riche et intéressant sur l'état d'avancement et les perspectives des recherches relatives à la gestion des déchets radioactifs.

L'énergie nucléaire s'inscrit aujourd'hui dans le catalogue de toutes les énergies pour répondre aux besoins économiques de notre société. Bien entendu, cette place s'inscrit dans le cadre du principe de précaution et au-delà des peurs irrationnelles qui accompagnent toute utilisation d'énergie, ce d'autant plus qu'aujourd'hui cette énergie a permis de hisser notre pays au plus haut niveau technologique.

Dans un cadre européen et de mondialisation, la CFE/CGC est la seule organisation syndicale interprofessionnelle aujourd'hui au niveau français à s'être positionnée sur le dossier énergétique concernant la production d'électricité, avec un dossier comparatif qui démontre que toutes les pistes énergétiques, y compris le nucléaire, doivent rester ouvertes. Nous avons également réalisé un guide du citoyen sur l'énergie, que nous tenons à la disposition des membres de l'auditoire.

Vous l'aurez compris, la CFE/CGC est favorable au maintien de la place du nucléaire en France et à son développement en Europe et dans le monde, ce dans l'intérêt écologique de la planète. Pour cela, la filière nucléaire doit fournir une énergie électrique la plus propre et la plus sûre possible, au moindre coût pour le citoyen. Comme le préconise la loi du 30 décembre 1991, la filière nucléaire doit gérer ses déchets et plus particulièrement ceux à vie longue dans le respect de la protection de la nature, de l'environnement et de la santé, en prenant en considération l'intérêt des générations futures.

La CFE/CGC est favorable à ce que l'on persévère dans les efforts de recherche pour une production électrique la plus propre possible et la Génération IV de réacteurs en serait la finalité. Cette génération pourrait venir suppléer les premiers EPR à l'horizon 2040-2050 en minimisant encore davantage le

volume de déchets. Les impacts en matière d'emploi, d'ingénierie, de recherche et de maintenance qui en découlent sont considérables et doivent être pris en compte.

La CFE/CGC reste vigilante sur la qualité du niveau social des salariés du nucléaire pour qu'ils continuent à recevoir tous les gages en matière de sûreté et de sécurité dans cette filière. Nous demandons également que la future loi sur les déchets radioactifs n'occulte pas cet aspect social, qui est capital pour une bonne application de cette loi, en instaurant un label de qualité sociale pour les entreprises travaillant sur le sujet.

Pour autant aujourd'hui, sur le principe de pollueur/payeur, la filière nucléaire se doit de gérer ses déchets radioactifs, qui sont 100 fois inférieurs aux déchets industriels finaux. La CFE/CGC est favorable à l'entreposage de courte durée dans chaque unité de production ou centre de recherche et au retraitement des déchets à l'usine de la Hague, de façon à réduire fortement leur volume et renforcer leur confinement.

Les travaux de recherche sur la séparation et la transmutation doivent être poursuivis pour répondre demain à la diminution de la toxicité déchets actuels, qui sont hautement radioactifs. La CFE/CGC est favorable à la poursuite des recherches en ce sens dans les laboratoires pour connaître leur utilisation future et leur minimisation.

Nous sommes aussi favorables à la réversibilité du stockage géologique des déchets radioactifs ultimes produits par les industries et les centres de recherche français. Une fois retraités et conditionnés avec un maximum de sûreté à la Hague, c'est à l'ANDRA, sous le contrôle de l'Etat, d'en assurer la gestion et c'est à l'Etat et aux pouvoirs publics de garantir dans le temps les conditions de sûreté et de stockage géologique de ces déchets ultimes.

En conclusion, la CFE/CGC veut souligner deux points. D'une part, les compétences dont la France dispose sur l'ensemble de la filière nucléaire sont un atout incontestable pour assurer et pérenniser les emplois de demain. Ces compétences seront par ailleurs profitables au développement de toutes formes nouvelles d'énergie et auront des retombées technologiques sur bien d'autres secteurs d'activité. D'autre part, la nécessité d'une gestion sûre des déchets et d'une maîtrise dans le démantèlement des installations en fin de vie sera déterminante quant à la capacité de la société française à assumer pleinement ses orientations énergétiques. Le professionnalisme des salariés du nucléaire est en ce sens capital.

C'est pour cette raison et en tenant compte du contexte de mondialisation, qui tend à tirer tous les secteurs les uns après les autres vers le bas, que la CFE/CGC demande à ce que soit instaurée une charte avec un label de qualité sociale pour toutes les entreprises travaillant dans le nucléaire.

Dr Hermann GRUNDER, Directeur du Laboratoire national d'Argonne (DOE), Etats-Unis

Je dois dire que je n'ai jamais vu un organe législatif faire preuve d'autant d'attention au moment où de bonnes idées étaient mises en avant. En particulier, je n'ai jamais vu de membres du Parlement comme M. BIRRAUX et M. BATAILLE, qui ont dédié leur vie à un sujet aussi important que celui-là. Je crois que nous pouvons tous les en féliciter et les applaudir.

Applaudissements

Pour poursuivre, M. le Président, l'EPR et les réacteurs à eau sous pression sont le cœur de l'industrie et des améliorations ont également lieu à ce niveau-là. Je ne doute pas du fait que nous allons continuellement essayer d'améliorer la conception de ces réacteurs. Nous devrions avoir une centaine

de réacteurs de ce genre, j'en ai déjà vu pousser six d'entre eux en Chine et une quinzaine d'autres devrait suivre. Je comprends qu'il puisse exister une certaine concurrence entre vous mais je crois aussi que la conception de ce type de réacteurs est une très grande réussite.

S'agissant ensuite de la transmutation, la seule chose qui m'intéresse en tant que physicien, c'est le spectre et je ne peux pas y arriver avec un spectre à neutrons lents ou même « rapides », tant cette dernière notion reste assez subjective. Le tout est de savoir à quoi tout cela va servir mais je ne le sais pas moi-même aujourd'hui. En tous les cas, le spectre reste l'élément essentiel et la façon dont y arrive ne fait pas une si grande différence que cela. C'est pourquoi je poserai cette simple question : peut-on, avec seulement 1 % de l'énergie, changer ce spectre ou ce faisceau pour en faire ce dont on a véritablement besoin ? Je veux bien croire que l'on puisse arriver à 5 % mais dire que le coefficient multiplicateur serait de 50 seulement quand nous en avons besoin normalement de 1000 montre qu'il doit y avoir un problème dans les chiffres qui ont été avancés.

Pr Waclaw GUDOWSKI

J'aurai deux commentaires à apporter mais je suivrai là le conseil du Dr GRUNDER et lui répondrai plus tard. Je me souviens à cet effet d'une réunion avec notre Ministre de l'industrie, auquel j'avais indiqué avoir toutes les réponses à ses questions mais malheureusement ne pas avoir le pouvoir de les mettre en place. J'indique enfin qu'un dicton circule entre nous et dit « *Qui a rencontré Mme LAUVERGEON n'oublie jamais son nom* » : je crois que ce précepte se vérifiera encore une fois pour ceux qui l'auront écouté tout à l'heure...

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

Je voudrais dire tout d'abord que j'ai bien apprécié les interventions de Mme FOUQUET et de M. LACOSTE, qui ont bien souligné les limites actuelles des travaux de recherche et ce qu'il restait encore à faire en la matière. Je maintiens en revanche qu'à toutes les fois où l'on demande à la population d'adhérer à un plan sur les déchets ou qu'on la convie à des réunions, elle en ressort le plus souvent frustrée car ce qui y est dit est très rarement pris en compte. C'est l'une des raisons pour laquelle la participation est une chose particulièrement difficile à obtenir.

De la même manière, la participation d'un chercheur hors de son organisme est toujours vue comme une intrusion suspecte, surtout si le scientifique refuse d'aller dans le même sens que celui où l'on demande à tout le monde de ramer. Le fait est que lorsque vous essayez de prendre un dossier et de regarder les visites décennales d'EDF ou la teneur de telle ou telle enquête publique et que vous jugez ces éléments insuffisants, vous ne recueillez pas toujours les compliments que vous seriez en droit d'attendre des personnes qui sont censées surveiller la façon dont le dossier a été instruit.

Je tenais à le dire car on parle tout le temps d'« *expertise indépendante* » ou d'« *expertise pluraliste* » mais les choses ne sont pas simples que cela et les jeunes chercheurs ont certainement beaucoup de mal à s'exprimer sur le sujet.

Je vous remercie cependant pour l'organisation de cette journée, qui ne m'aura personnellement rien appris mais qui nous aura au moins permis de faire un point, peut-être un petit peu trop « glorieux » à mon avis car l'on n'a pas suffisamment évoqué la problématique, même si elle a été mise en exergue par au moins deux personnes et je les en remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci Mme SENÉ. Il y a au moins une exception à la règle que vous venez d'énoncer puisque vous avez pu vous-mêmes vous exprimer et je vous en remercie à mon tour.

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

C'est bien parce que j'accepte de participer à ce genre de manifestations que je me fais traiter de « *traître* » de tous les côtés.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

J'indique que Mme SENÉ s'exprime quand même assez régulièrement et cela fait maintenant une quinzaine d'années que j'ai régulièrement l'occasion d'entendre son point de vue.

Mme SENÉ, Présidente du GSIEN

Il est même arrivé que je contribue à certaines avancées puisque le PNGDR, que nous avons demandé avec Michèle RIVASI, existe désormais.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Disons que nous essayons de tenir compte de tous les avis qui s'expriment.

Mme McLACHLAN, Nucleonics Week

Ma question s'adressera à M. DUPRAZ. En effet, M. GUDOWSKI a évoqué le surcoût pour la production d'électricité nucléaire de la mise en œuvre de cette fameuse séparation-transmutation. Dans la perspective d'un marché électrique ouvert, ceci vous semble-t-il supportable et envisageable ou bien faut-il que cette surcharge soit supportée par la collectivité et si oui, comment ? Je profite également de la présence de Mme LAUVERGEON pour me souvenir d'une étude qui avait été faite par la COGEMA et BNFL il y a de cela quelques années et qui montrait qu'effectivement, une usine de séparation poussée pourrait rendre le coût du kilowatt/heure nucléaire jusqu'à 30 % plus cher, ce qui confirme donc les propos de M. GUDOWSKI. Ceci vous semble-t-il supportable pour vos clients ?

M. Bernard DUPRAZ, Directeur général adjoint – production, ingénierie - EDF

Je ne suis pas sûr de pouvoir répondre totalement à la question de Mme McLACHLAN mais je crois qu'il s'agit là tout simplement d'un choix de société. En l'occurrence, la loi de 1991 énonce clairement que ce choix entre les différentes voies possibles relève de l'exécutif et du législatif. En toute hypothèse, c'est bien le client qui paiera et ce quel que soit le mécanisme du marché. Pardonnez-moi pour le caractère général de ma réponse mais à l'horizon que nous évoquons ici, à savoir 2050, je suis bien incapable de vous dire quelle sera l'organisation du marché de l'électricité car la prospective ne nous donne aujourd'hui pas suffisamment d'éléments.

Mme LAUVERGEON, Présidente du Directoire d'AREVA

Je suis d'accord pour dire qu'au stade où nous en sommes, essayer de définir un surcoût lié au service de séparation poussée suivie ou non d'une transmutation est parfaitement impossible pour nous. Nous savons simplement que ces procédés fonctionnent en laboratoire mais nous n'avons pas aujourd'hui d'idée très concrète de ce que pourrait être une usine chargée de faire la même chose. Nous n'en

sommes aujourd'hui qu'au stade de la validation de la recherche, avec à suivre la problématique du passage en mode pilote.

Les données économiques du problème sont effectivement très simples : y aura-t-il des clients potentiellement intéressés par ce service si nous arrivons à en démontrer la réalité industrielle ? Et si nous parvenons à en définir un coût économique, y aura-t-il un surcoût associé pour les clients intéressés ? Nous n'avons aucune action commune avec BNFL sur le sujet et je serais bien incapable de vous dire quoi que ce soit là-dessus. La seule chose que nous sachions aujourd'hui après les résultats d'Atalante, c'est que si nous allions vers une séparation poussée, nous ne le ferions qu'en série et à la suite de ce qui est fait à l'usine de la Hague. Je n'ai en tout cas à ce stade aucune idée des coûts correspondants.

Pr Waclaw GUDOWSKI

La question n'est pas tant de savoir combien tout cela va coûter mais *qui* va payer et c'est malheureusement toujours le consommateur final qui s'en acquitte. C'est d'ailleurs ce que j'expliquais tout à l'heure dans ma présentation lorsque je rappelais que durant les quatre années qu'a duré cette étude, le prix de l'électricité en Suède avait augmenté de près de 150 % et ce simplement en rejoignant un marché concurrentiel et sans qu'il soit question de transmutation ou de quoi que ce soit d'autre. Nous travaillons de plus en plus sur des marchés dérégulés et c'est clairement le marché qui va, lui aussi, déterminer les prix, à moins bien sûr que le Législateur vienne imposer des contraintes.

Mme LAUVERGEON, Présidente du Directoire d'AREVA

Le traitement est complètement marginal par rapport aux augmentations actuelles du prix du marché puisqu'il ne représente que 1 % du coût du kWh. Quant à savoir ce qu'il en serait avec un traitement poussé comme celui-là, je ne peux pas le dire aujourd'hui. Nous ne sommes pas en tout cas à l'heure actuelle sur des pourcentages très importants.

M. Maurice ALLÈGRE, consultant

Cette journée a été tout à fait passionnante et je dois dire que je l'ai suivie avec beaucoup d'intérêt mais il m'a semblé noter une certaine discordance notable. En effet, nous sommes partis aujourd'hui d'un postulat de base selon lequel il fallait absolument réduire la nocivité intrinsèque du déchet lui-même. On nous a dit ensuite que deux types de déchets posaient problème : les produits de fission à vie longue et les actinides mineurs. On a ajouté que les premiers ne pouvaient de toute façon pas être transmutés mais que pour les seconds, cette opération devait pouvoir être possible.

C'est alors qu'est intervenue Mme VIALA qui, représentant une instance aussi importante que l'IRSN en matière de sûreté nucléaire, nous a indiqué en premier lieu que la performance d'un stockage souterrain dans l'argile était quasiment indépendante de la nature du déchet stocké. Mme VIALA nous a indiqué ensuite que ce qui revenait en premier en surface (et au bout de 100 000 ans), c'était là encore les produits de fission et non pas les actinides mineurs.

Je me demande par conséquent quelle est la justification de vouloir transmuter à tout prix les actinides mineurs.

Mme Michèle VIALA, IRSN

Je pense que M. ALLÈGRE a parfaitement résumé la situation actuelle. La justification de l'axe 1 est au départ de faire un maximum de recherches de façon à explorer les solutions possibles. Il s'agit donc

d'une recherche de potentialités et je crois à cet effet que nous pouvons beaucoup attendre du débat 2006 et de ses mises en relations avec le résultat des travaux : doit-on transmuter et pourquoi, est-il si intéressant d'entreposer etc. ?

Ce que l'on peut retenir du débat d'aujourd'hui, c'est que la transmutation ne sera effective que dans un futur lointain et qu'à ma connaissance, nous n'avons pas eu beaucoup d'exposés aujourd'hui sur son utilité pratique. Tout cela devrait donc intervenir beaucoup plus tard.

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA

L'objectif de ces recherches était bien d'ouvrir le champ des possibles et en aucun cas de préempter telle ou telle solution au stade où nous en sommes aujourd'hui. J'indique cela non seulement pour répondre à la dernière question mais aussi vis-à-vis des ADS, au sujet desquels j'ai cru entendre ici que le CEA aurait déjà entériné un certain nombre de choix. Je m'inscris donc en faux : aucun choix n'a été fait et toutes les solutions sont aujourd'hui ouvertes. Nous apportons simplement à la discussion les différents niveaux de démonstrations scientifiques et techniques mais il n'appartient pas ensuite aux chercheurs ou aux instituts de faire des choix qui incombent naturellement au politique.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Au moment où nous avons mis en œuvre le texte de 1991, nous avons considéré qu'il fallait encourager toutes les recherches et dans toutes les directions. La loi indiquait elle-même trois axes mais l'esprit était bien d'encourager toutes les recherches, qu'elles portent sur la recherche fondamentale, sur le stockage en profondeur ou sur l'entreposage en surface et en sub-surface. Les prochaines journées, celles de jeudi prochain et celle dans 15 jours, viendront compléter le tableau et la réponse à apporter. Je relève simplement ici qu'au travers de certaines interventions, on a eu tendance – à mon avis à tort – à opposer de manière concurrente les différentes voies de recherche qui, dans bien des cas, sont complémentaires et doivent s'additionner pour être considérées dans leur ensemble.

M. Hamid Aït ABDERRAHIM, SCK-CEN

Je voudrais revenir sur un certain nombre d'éléments. M. LACOSTE a eu parfaitement raison de nous inviter à ne pas oublier que quelles que soient les installations auxquelles nous pensons, elles doivent passer un examen devant les autorités de sûreté avant même que d'être exploitées ou testées. C'est en ce sens qu'il nous a rappelé qu'au-delà d'Atalante ou de Phénix, aucun dossier n'était parvenu sur son bureau, nous laissant donc à nos insuffisances de « doux rêveurs » ne raisonnant que d'un point de vue purement théorique, fût-il scientifique.

Il a également été clairement dit au travers des conclusions présentées par la CNE qu'il nous faudrait poser des jalons et procéder à des évaluations avant de parvenir à toute réalisation. En ce sens, si l'axe 1 a donné lieu à des résultats concrets pour ce qui est de la séparation, beaucoup d'options semblent rester encore ouvertes sur la transmutation. Cette notion de jalons à poser est essentielle et ce même d'ailleurs pour toutes les questions de « licences » accordées par les autorités de sûreté. La CNE ayant encouragé la concentration des efforts sur un démonstrateur européen, nous pensons que celui-ci sera précisément à même de poser ce premier jalon qui nous manque aujourd'hui.

D'autres questions encore ont été posées et notamment cette interrogation autour d'une sous-criticité de 0,95 et qu'il faudrait associer à l'ADS. A contrario, le Professeur RUBBIA nous invite à travailler en mode sous-critique mais avec un système de barres de contrôle etc. si tant est que les tenants du réacteur critique auront beau jeu de répondre que l'on vient là augmenter le prix de l'installation et tout

compliquer quand nous avons finalement ici tous les éléments d'un réacteur auquel on ajoute un simple accélérateur.

Nous avons donc besoin de jalons avant de savoir si cette voie est réellement viable ou non.

Nous pourrions en outre imaginer pouvoir économiser sur la puissance de l'accélérateur à partir du moment où nous serions en terrain sûr. C'est pourquoi il vaudra mieux selon moi surdimensionner les premières machines quant à leurs installations de sûreté et accumuler les retours d'expérience pour améliorer encore notre produit.

De la même façon que Rhapsodie ne ressemblait certainement pas à Phénix ou à SuperPhénix, cette première machine ne sera jamais représentative du produit final. C'est pourtant grâce à Rhapsodie que l'on a pu faire des progrès réels et sérieux sur le réacteur à neutrons rapides.

Dr Kemal PASAMEHMETOGLU

Comme mon collègue le Dr GRUNDER, je voulais tout d'abord vous féliciter pour cette réunion particulièrement intéressante. Les scientifiques ont toujours tendance à s'accrocher à une idée et à lui donner un nom, qui est lui-même plus souvent diffusé que l'idée qu'il recouvre. Parfois donc, un même terme peut regrouper des éléments radicalement différents et c'est peut-être cela qui finit par perturber l'opinion. Pour ne prendre qu'un exemple, il a été question ici d'ADS critiques ou sous-critiques, de neutrons retardés etc. toutes choses très différentes les unes des autres.

Je crois que la nervosité de l'opinion publique est parfaitement compréhensible puisqu'elle ne sait pas exactement ce qui va se passer avec ces déchets et je ne suis pas certain que les différents organismes puissent apporter des réponses consistantes. Certains parlent de la transmutation comme d'une réduction en volume, d'autres parlent de réduction en toxicité et là encore, on parle de choses différentes en utilisant le même mot de « transmutation ». Je crois que nous autres scientifiques devons nous réunir pour définir très exactement ce que recouvrent tous ces termes et notamment la transmutation. Tout le monde se soucie par exemple du plutonium car il permet la fabrication de certaines bombes mais dans certains cas, nous pourrions avoir un plutonium au départ absolument inoffensif et le transformer en matière hautement radioactive. Il nous faut donc communiquer de manière très prudente sur ces questions-là pour ne pas perturber davantage l'opinion.

Sur l'économie ensuite, on nous dit que la transmutation va coûter cher mais je crois qu'il est temps pour les scientifiques d'admettre exactement ce coût. S'agira-t-il de 20 %, de 30 %, de 50 % ? Mieux vaut le dire plutôt que de laisser croire que cette technologie reviendrait finalement moins cher qu'un site ouvert ou le recours à des énergies fossiles.

Il faut dire la vérité au public et je crois que si le coût était le seul élément à prendre en compte, que ce soit aux Etats-Unis ou ailleurs personne à une certaine époque n'aurait jamais commencé à aller chercher du pétrole. J'habite personnellement en Floride et il a fallu chez nous que des textes de loi interviennent pour inciter la population à consommer de l'essence sans plomb. On a expliqué aux usagers que ce produit coûtait peut-être plus cher mais qu'il était de nature à améliorer l'environnement. À l'époque, nous avons eu du jour au lendemain une augmentation de 55 % du prix de l'essence mais que le travail d'explication a permis de bien faire passer. La même démarche pourrait très bien être adoptée pour le prix du kWh mais il faudrait déjà que nous fassions preuve de davantage d'honnêteté.

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

J'apprécie pleinement ce que vient de nous dire M. ABDERRAHIM. S'il est important pour les chercheurs de « faire rêver », il est aussi essentiel qu'ils soient capables d'avoir en tête un certain nombre d'échéanciers. La façon de présenter un projet est également très importante, en nous indiquant par exemple que telle avancée n'est qu'une première étape avant une réalité industrielle dans 15 ou 20 ans etc. Il s'agirait là d'une façon d'être beaucoup plus explicites sur les véritables enjeux et de bien indiquer quels sont les termes de la recherche.

M. Alain REGENT, Cabinet du haut-commissaire à l'énergie atomique

Je souhaiterais apporter un élément d'information et d'appréciation à Maurice ALLÈGRE concernant l'intérêt de l'axe 1. Nous avons beaucoup parlé aujourd'hui de radiotoxicité et je voudrais apporter un autre élément concernant la présence en stockage des colis de déchets.

Le volume occupé en stockage est très directement lié à la thermique des colis de déchets. Cette thermique concerne d'abord les produits de fission avec des périodes inférieures à 30 ans mais tout le monde conçoit qu'il faut attendre un certain nombre de décennies pour laisser refroidir les colis. Au-delà donc de ces produits de fission à 30 ans, on trouve deux radionucléides (et deux seulement) qui ont des périodes comprises entre 30 ans et 6000 ans, à savoir le plutonium 238 et l'américium 241.

En France, on retire le plutonium 238, ce qui permet effectivement d'avoir des colis de déchets qui vont prendre moins de place que les combustibles usés en stockage et je pense qu'il s'agit là d'un apport tout à fait intéressant. L'étape suivante – si l'on veut bien la considérer – serait d'enlever l'américium 241 avec une période de 430 ans, ce qui permettrait de continuer à aller dans le sens d'une réduction de l'emprise des déchets.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

J'accueille à présent M. François d'AUBERT, Ministre délégué à la recherche. Au nom de l'Office parlementaire, de ses rapporteurs et des personnes présentes à cette audition, je remercie chaleureusement le Ministre de sa présence. Il témoigne ainsi une fois encore de l'attachement qu'il porte à l'Office parlementaire. Les membres de l'Office parlementaire en effet savent pouvoir compter sur un certain nombre d'amis qui participent régulièrement à nos auditions et qui viennent nous rencontrer quand l'occasion s'en présente. C'est ainsi que M. d'AUBERT fait partie des amis de l'Office parlementaire.

M. le Ministre, dans le cadre du rapport qui nous a été confié par l'Office parlementaire et à la demande des quatre groupes représentés à l'Assemblée nationale, avec Christian BATAILLE nous avons organisé aujourd'hui cette première audition publique ouverte à la Presse, dont je rappelle que le procès-verbal intégral sera joint à notre rapport. Nous rendrons celui-ci au mois de mars et notre objectif est d'essayer de faire une évaluation aussi précise que possible des résultats obtenus au regard des objectifs qui avaient été fixés par la loi de 1991 sur la gestion des déchets nucléaires de haute activité.

Nous avons pu mesurer ce qui s'est fait dans les laboratoires français mais également dans les laboratoires américains, suédois et belges. Je tiens d'ailleurs à remercier encore une fois nos interlocuteurs étrangers – le Pr Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique, a dû nous quitter pour rejoindre l'Italie – de leur présence et de leurs contributions. M. le Ministre, je vous laisse la parole.

Allocution de clôture de M. François d'AUBERT, Ministre délégué à la recherche

Merci beaucoup M. le Président. Messieurs les Parlementaires, Mesdames et Messieurs les Présidents, Mesdames et Messieurs ; je voudrais vous dire tout d'abord mon bonheur d'être parmi vous, non seulement parce qu'il m'est toujours agréable de retrouver l'Assemblée nationale et le Parlement mais surtout parce que l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques a pris cette belle initiative d'entrer dans le débat public et de l'initier par un échange entre les professionnels, les industriels et les parlementaires avec, donc, des éclairages multiples. Je voudrais également vous remercier de m'avoir invité en tant que Ministre pour clôturer cette journée d'auditions.

Le débat porte sur les résultats des 15 années consacrées à la recherche de solutions optimales pour la gestion des déchets de haute activité et à vie longue, thématique pour laquelle le ministère délégué à la recherche accorde évidemment le plus grand intérêt. Pour la première fois dans le monde, ces recherches ont été réalisées dans le cadre d'une loi, la loi du 30 décembre 1991 dite « loi BATAILLE ». Je crois, M. le Député, qu'il est assez formidable de pouvoir ainsi baptiser une loi et dont on parle en outre depuis désormais près de 15 ans : nous avons là un bel exemple de longévité législative (et pas seulement parlementaire) !

Cette loi indiquait les voies à explorer et a impliqué dès le départ qu'aucune option ou hypothèse ne soit a priori écartée. C'est pourquoi elle a prévu et prescrit un important programme de recherche structuré autour de trois axes avec la séparation-transmutation, le stockage réversible ou irréversible en formation géologique profonde ainsi que le conditionnement et entreposage de longue durée. Cette loi a conduit à la création de la Commission nationale d'évaluation, sous l'égide de l'Office parlementaire, qui a eu en charge d'évaluer l'avancée des recherches et d'émettre donc toutes les recommandations indispensables. Ces travaux sont publiés chaque année dans un rapport public remis à l'Office parlementaire ainsi qu'au Gouvernement.

Depuis 1993, le ministère chargé de la recherche coordonne la réflexion sur la définition et la mise en œuvre des programmes de recherche au sein du Comité de suivi des recherches sur l'aval du cycle. Ce Comité regroupe les organismes pilotes (c'est-à-dire le CEA et l'ANDRA), les acteurs industriels (EDF, COGEMA, Framatome, l'ANP), les organismes de recherche (CNRS, IRSN et les Universités), les ministères chargés de l'industrie et l'environnement ainsi naturellement que l'autorité de sûreté nucléaire.

Il édite chaque année un document « stratégies et programmes de recherche » qui est le fruit de cette concertation entre les différents acteurs et dont la dernière version sera disponible sur le site Internet du ministère de la recherche dans les prochaines semaines.

Cette journée constituait la première étape de la consultation démocratique et du débat parlementaire qui vont avoir lieu tout au long de l'année 2005. Nous avons pu nous rendre compte aujourd'hui de l'étendue des connaissances capitalisées et des questionnements qui subsistent sur le programme « séparation et transmutation ». Dans les deux prochaines semaines, c'est-à-dire les 27 janvier et 3 février prochains, nous suivrons évidemment avec intérêt les deux autres journées consacrées aux axes 2 et 3 et aux auditions concernant les résultats de ces axes, qui nous montreront – je n'en doute pas – que des avancées remarquables ont été, là aussi, obtenues en matière de stockage en formation géologique profonde, d'entreposage de longue durée et de conditionnement à long terme des colis de déchets.

Après les auditions de tous les acteurs de la loi, l'Office présentera au Gouvernement ses recommandations. D'autres travaux de consultation auprès de nos concitoyens et auprès des acteurs

du secteur seront menés afin que le Gouvernement puisse présenter au Parlement ses conclusions, les enseignements à tirer de la loi de 1991 et proposer une stratégie pour l'avenir. Parallèlement, plusieurs rendez-vous médiatiques et des débats publics seront organisés par les différents acteurs. À ce titre, le ministère de la recherche va organiser au mois de juin prochain un colloque pour mettre en perspective les acquis de la recherche pendant ces 15 dernières années.

On peut déjà dire aujourd'hui que des résultats remarquables ont pu être enregistrés sur la recherche dans le cadre de cette loi de 1991 : la loi peut donc être incitative pour faire avancer la science dans des domaines aussi essentiels que le nucléaire. Certaines de ces recherches ont déjà été mises en œuvre au niveau industriel sur le site de la Hague. Ainsi aujourd'hui, le volume des déchets de moyenne activité à vie longue généré par une même quantité d'électricité produite est dix fois moins important que les estimations qui avaient été faites en 1991. Il s'agit là de résultats importants pour ces recherches et qui ouvrent aujourd'hui de nouvelles perspectives dans la gestion des déchets.

La France a fait très tôt le choix stratégique du retraitement des combustibles usés et de la séparation d'une part de l'uranium et de l'autre part, du plutonium et enfin, des actinides mineurs et des produits de fission, qui sont désormais à l'heure actuelle considérés comme des déchets et entreposés dans des verres dans les entreposages à sec de l'usine COGEMA de la Hague. Ce choix judicieux permet à la France de disposer, entre autres, d'une réserve de matières valorisables en combustibles qui sera de nature à assurer le moment venu l'indépendance et les besoins énergétiques du pays dans les siècles à venir. Nous avons là un point essentiel : l'utilisation du plutonium en combustible MOX dans 20 centrales nucléaires est aujourd'hui en France une réalité, ce qui est loin d'être le cas dans d'autres pays.

L'axe 1 du programme de recherche de la loi de 1991 concerne les procédés permettant de séparer au cours du traitement des combustibles usés les actinides mineurs et certains produits de fission qui sont actuellement conditionnés ensemble dans les verres. L'objectif de ces recherches est de transformer les éléments ainsi séparés en éléments stables ou à plus courte durée de vie et ainsi de réduire la radiotoxicité à long terme des déchets radioactifs.

Le premier résultat de ce programme de recherche est d'avoir démontré la faisabilité scientifique d'un procédé de séparation poussée des actinides mineurs et de certains produits de fission, procédé limité néanmoins aux déchets qui n'ont pas été conditionnés sous forme de matrice stable. Ce résultat a été obtenu dans l'installation Atalante du CEA et est une réussite du réseau européen Actinet.

Concernant la transmutation, les études des systèmes nucléaires, qu'ils soient des réacteurs électrogènes ou des systèmes dédiés, ont abouti à des résultats importants sur le plan scientifique mais qui nécessitent des travaux du point de vue industriel. La faisabilité de principe de la transmutation de l'américium dans les réacteurs de technologie existante semble acquise mais sa mise en œuvre industrielle nécessite encore des recherches d'une certaine importance. Quant à la faisabilité de la transmutation des actinides mineurs dans des réacteurs à neutrons rapides, elle a été proprement établie dans la perspective des réacteurs de quatrième génération. Elle peut être en outre associée à un recyclage d'une partie des actinides : des expériences de transmutation qui se déroulent aujourd'hui dans le réacteur Phénix au centre de Marcoule l'ont prouvé.

Sur les systèmes dédiés ensuite, à savoir des systèmes hybrides qui couplent un réacteur et un accélérateur pour la transmutation des actinides mineurs, plusieurs programmes de recherche ont été lancés et notamment Muse et EUROTRANS. Ces programmes de recherches font l'objet de larges collaborations internationales soutenues par l'Union européenne.

Les acteurs de la recherche sur l'énergie nucléaire sont aujourd'hui unanimes pour reconnaître l'importance de la loi de 1991. Cette loi a permis d'approfondir les connaissances dans tous les domaines en apportant toute la transparence démocratique qui nous réunit aujourd'hui. Ces recherches ont de plus abouti à des résultats importants voire essentiels et les choses se présentent de façon beaucoup plus positive qu'elles ne l'étaient il y a maintenant une dizaine d'années.

Il paraît désormais nécessaire d'envisager la manière de continuer après 2006 les activités et les recherches relatives au traitement des déchets nucléaires. La déclinaison autour de trois axes, si elle était tout à fait justifiée dans la loi de 1991 en raison du spectre très large des recherches à mener, pourrait être éventuellement remise en cause pour évoluer vers une déclinaison en termes de projets de recherche et développement industriels dans une logique de progression par étapes. Deux types de recherches pourraient alors accompagner la nouvelle loi : des programmes de recherche finalisés fondés sur une logique d'objectifs et des recherches d'amont explorant des enjeux technologiques à plus long terme.

Dans tous les cas, les recherches menées dans le cadre de l'axe 1 de la loi de 1991 nous ont appris la très forte synergie entre la gestion de l'aval du cycle et la nature du parc électronucléaire. Par conséquent, les études sur la séparation-transmutation devront se poursuivre en liaison étroite avec celles concernant les réacteurs du futur et les systèmes dédiés en recherchant une optimisation technico-économique à la fois du cycle de combustible et de la gestion des déchets ultimes.

Un point fondamental qui ressort également des études sur la transmutation est que tous les scénarios envisagés pour réduire la radiotoxicité ou l'inventaire des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue nécessiteront un mode de gestion complémentaire, qu'il s'agisse d'entreposage ou de stockage.

Pour conclure, je voudrais saluer l'élan d'adhésion de l'ensemble de la communauté scientifique dans notre pays, qui a contribué à l'effort national de recherche en apportant son expertise ainsi que ses outils expérimentaux et de simulation. Ce lien essentiel entre recherche finalisée et recherche en amont est une réussite et nécessitera d'être poursuivi et valorisé au-delà de 2006. La complémentarité de nos grands organismes de recherche et de notre industrie est en effet indispensable pour trouver des solutions encore plus innovantes et protéger notre environnement.

En contemplant le formidable effort de recherches accompli, je voudrais simplement souhaiter qu'il permette à la France de répondre de mieux en mieux aux enjeux stratégiques, énergétiques et environnementaux du développement durable.

Je vous remercie.

Applaudissements

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. le Ministre d'avoir ainsi conclu cette journée, qui en fait de conclusion nous ouvre déjà quelques pistes vers le futur. Mesdames et Messieurs, je vous remercie de votre participation. Christian BATAILLE et moi-même reviendrons quant à nous « en deuxième semaine » pour une deuxième audition à laquelle vous êtes tous cordialement invités.

Chapitre II : Audition du jeudi 27 janvier 2005 – Axe 2 : Le stockage réversible ou irréversible dans des formations géologiques profondes

MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis, de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur

La séance est ouverte à 9 heures 05 sous la présidence de M. Henri REVOL, sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

M. Henri REVOL, Sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

En tant que Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, j'ai le plaisir d'ouvrir cette seconde journée d'audition publique que les rapporteurs de l'Office, Christian BATAILLE, Député du Nord, et Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie et premier vice-président de l'Office parlementaire, organisent dans le cadre de la préparation de leur rapport sur « *l'état d'avancement et les perspectives des recherches relatives à la gestion des déchets radioactifs* ».

Comme vous le savez, cette journée sera consacrée à l'axe 2 de la loi du 30 décembre 1991, à savoir au stockage réversible ou irréversible dans des formations géologiques profondes. Elle fait suite à l'audition de la semaine dernière, consacrée à l'axe 1 de la loi relatif à la séparation et à la transmutation.

À titre d'introduction, permettez-moi de rappeler brièvement le rôle de l'Office et celui de ces auditions publiques. Je présenterai ensuite quelques-uns des enseignements majeurs de l'audition de la semaine dernière.

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques a été créé le 8 juillet 1983 à la suite d'un vote unanime du Parlement. Il a pour mission d'informer ce dernier des conséquences des choix à caractère scientifique et technologique afin, notamment, d'éclairer ses décisions. Dans ce but, il « *recueille des informations, met en œuvre des programmes d'études et procède à des évaluations* ». Inscrivant sa démarche dans un cadre scientifique, l'Office intervient en amont de l'examen en séance publique d'une proposition ou d'un projet de loi par les commissions permanentes de l'Assemblée nationale ou du Sénat.

Comme je le rappelais la semaine dernière, le champ d'activité de l'Office est très large : énergie, environnement, risques technologiques, santé, bioéthique, espace, informatique, télécommunications, recherche, tels sont les domaines sur lesquels l'Office a travaillé grâce à ses 36 membres, députés ou sénateurs, qui investissent dans ces travaux une part très importante de leur temps lorsqu'ils sont en charge d'un rapport.

S'agissant de l'énergie, l'Office a apporté sa contribution dans de nombreux domaines : biocarburants, énergies renouvelables, voitures électriques, énergie nucléaire, déchets radioactifs. Sur cette dernière question, l'Office a publié depuis 1990, 7 rapports signés de MM. BATAILLE, GALLEY et LE DÉAUT et de Mme RIVASI. Plus précisément, la loi du 30 décembre 1991 s'est très largement inspirée du rapport

effectué à l'époque pour l'Office par Christian BATAILLE, publié en décembre 1990 et rapporté par son auteur à l'Assemblée nationale et par moi-même au Sénat. Claude BIRRAUX est, pour sa part, auteur de 11 rapports pour l'Office sur la sûreté des installations nucléaires.

Dans la méthode que l'Office a progressivement élaborée, les auditions publiques ouvertes à la presse jouent un rôle très important en permettant la confrontation publique des réponses aux questions scientifiques et techniques étudiées par les rapporteurs, qui en présentent ensuite une synthèse à l'Office parlementaire. Aujourd'hui, notre objectif est donc d'évaluer sur un plan scientifique et technique l'intérêt et les conditions du stockage réversible ou irréversible dans le cadre d'une gestion optimale des déchets radioactifs.

Pour terminer, permettez-moi de vous livrer quelques enseignements majeurs de l'audition du 20 janvier dernier sur la séparation et la transmutation. Je précise à ceux d'entre vous qui n'ont pu participer à cette audition de la semaine dernière que le compte rendu intégral de cette audition figurera en annexe du rapport de MM. BATAILLE et BIRRAUX.

Sans anticiper sur leurs conclusions, quels sont les enseignements que nous pouvons tirer de l'état d'avancement des recherches menées en France, en Europe et aux Etats-Unis, sur la séparation et la transmutation ?

En premier lieu, les progrès scientifiques importants depuis 1991 sur la séparation des éléments les plus radioactifs présents dans les combustibles ont été exposés, laissant entrevoir que la séparation devrait permettre de maximiser encore les avantages du retraitement déjà engrangés par la France, en permettant une gestion différenciée et efficace des différents types de radioéléments présents dans les combustibles usés. Ces nouvelles technologies à industrialiser s'appliqueront aux déchets futurs.

La transmutation a fait l'objet de développements très intéressants de la part de chercheurs français du CEA et du CNRS, ainsi que de chercheurs européens ou américains. Je citerais notamment le professeur Carlo RUBBIA, Prix Nobel de physique, le docteur GRUNDER, directeur du grand laboratoire américain d'Argonne, nos amis belges du Centre d'Études Nucléaires de Mol. Pour simplifier, je dirais rapidement que la faisabilité de la transmutation est aujourd'hui démontrée scientifiquement grâce au réacteur Phénix et à la technologie des réacteurs à neutrons rapides. Pour l'avenir, plusieurs voies sont envisageables comme l'ont exposé les spécialistes des réacteurs rapides de Génération IV et ceux de réacteurs pilotés par accélérateurs.

Les auditions de ce jour nous permettront de connaître les avancées scientifiques et techniques faites par nos amis européens et américains, que je remercie de leur participation, et celles réalisées par l'ANDRA en partenariat avec le BRGM, le CEA et le CNRS dans le domaine du stockage réversible ou irréversible dans des formations géologiques.

Je passe maintenant la parole à Christian BATAILLE, qui assurera la présidence de cette journée d'audition en alternance avec Claude BIRRAUX.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur : Propos introductifs

M. le Président, Chers Collègues parlementaires, Mesdames et Messieurs, je veux d'abord vous remercier de votre présence à cette audition publique que nous organisons avec Claude BIRRAUX dans le cadre de l'ultime phase de préparation de notre rapport sur l'état d'avancement et les perspectives de recherches sur la gestion des déchets radioactifs, rapport sur lequel nous travaillons depuis un bon moment et dans bien des directions.

La question de la gestion des déchets radioactifs occupe l'Office parlementaire depuis 1990, année clé pour ce qui est de la prise en charge par l'Assemblée nationale de cette grande question et pendant laquelle j'ai préparé mon premier rapport sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité. Ce rapport a été adopté par l'Office en décembre 1990.

La loi du 30 décembre 1991, qui s'est largement inspirée des recommandations de l'Office formulée dans mon rapport et dont j'étais rapporteur à l'Assemblée, a été adoptée à la quasi-unanimité par chacune des deux assemblées. J'ai ensuite été chargé d'une mission parlementaire de médiation pour la recherche de sites de laboratoires souterrains sous deux Gouvernements successifs, celui de Pierre Bérégovoy pour la gauche et d'Édouard BALLADUR pour la droite en 1992 et 1993. Pour ce qui est du long terme qui nous préoccupe aujourd'hui, le caractère brûlant des questions politiques n'est en effet pas le même.

Dans ce court propos introductif, je ferai deux remarques : la première concerne l'importance reconnue au plan international des études consacrées au stockage géologique ; la seconde est liée à la spécificité des pays qui, comme la France, ont choisi de retraiter leur combustible usé, ce qui ouvre divers champs de recherches.

À propos de la reconnaissance internationale de l'importance des études consacrées au stockage géologique, je veux remercier, au nom de l'Office, l'ensemble des participants de cette audition et tout particulièrement nos invités européens ou américains qui viennent parfois de très loin : M. Didier LOUVAT de l'AIEA, MM. Jean-Paul MINON et Philippe LALIEUX de l'ONDRAF en Belgique, M. Guy COLLARD du SCK-CEN de Belgique, MM. John ARTHUR et Paul DICKMAN du DOE des Etats-Unis, le Dr Jürg SCHNEIDER de la Coopérative suisse de gestion des déchets nucléaires, la NAGRA, le Dr Siegfried KÖSTER du ministère de l'économie et du travail allemand, Mme Saida LAÂROUCHI ENGSTRÖM de l'organisme suédois de gestion des déchets, le SKB, Mme Anne VÄÄTÄINEN du ministère finlandais du commerce et de l'industrie.

Sans anticiper sur les présentations qui vont vous être faites sur l'approche des différents pays pour la gestion de l'aval du cycle, je voudrais vous rappeler que, pour la préparation de notre rapport, nous nous sommes rendus en Suisse, en Belgique, en Finlande, en Suède, en Allemagne et aux Etats-Unis pour rencontrer les scientifiques et visiter des laboratoires de recherche et des installations de stockage ou d'entreposage. Il est ressorti d'un tel tour d'horizon que, quelle que soit l'option prise – retraitement ou stockage direct des combustibles usés – et quel que soit l'état d'avancement des recherches ou des projets, aucun de ces pays ne laisse de côté le stockage géologique en raison de ses avantages de sûreté à très long terme sur toute autre solution, dans l'état actuel des connaissances.

Deuxième remarque préliminaire : avec la recherche d'un ensemble de solutions possibles, en ayant fait confirmer le choix du retraitement et en ayant adopté et mis en œuvre la loi du 30 décembre 1991, la France a ouvert le champ du possible pour la gestion des déchets radioactifs. Les recherches de l'axe 1 sur la séparation se situent dans le prolongement des technologies actuelles du retraitement. Quant à la transmutation, elle devrait pouvoir s'effectuer, en particulier grâce à la filière de réacteurs rapides de Génération IV pour laquelle la France bénéficie d'une expertise mondialement reconnue.

L'audition d'aujourd'hui est consacrée aux recherches sur l'axe 2, sur la base des échanges de connaissances entre les pays qui explorent cette voie. Grâce à ses propres efforts conduits depuis quelques années avec une remarquable efficacité par l'ANDRA, la France est en situation de se prononcer sur la faisabilité du stockage souterrain.

Comme vous le savez, l'audition de la semaine prochaine sera consacrée au troisième axe de recherches, à savoir le conditionnement et l'entreposage à long terme. En tout état de cause, la loi du 30 décembre 1991 a prévu une période de 15 années de recherches avant toute décision.

Sur la base de la continuité de l'action de l'Etat et de l'ampleur des réponses techniques à apporter, les recherches sur la gestion des déchets ne sauraient à l'évidence s'arrêter en 2006. 2006 sera une étape importante, indiquée par la loi, un rendez-vous obligatoire mais en aucun cas la fin des recherches, vous le devinez bien.

Notre responsabilité est aujourd'hui d'agir face aux générations futures : prolonger les recherches est une nécessité scientifique. Mais notre responsabilité est aussi d'agir. Il y a le temps de la réflexion, celui de l'analyse – y compris de l'analyse parlementaire – mais il nous faudra aussi en venir au moment de l'action.

M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie, Rapporteur : Propos introductifs

J'aimerais à mon tour remercier l'ensemble des participants, en particulier nos invités étrangers qui nous feront part de leur expérience. Permettez-moi de saluer plus particulièrement le Président de l'Académie des Sciences, M. Édouard BRÉZIN, qui fera le propos introductif, et également les représentants des collectivités territoriales, départementales, municipales ou régionales des départements concernés près du site du laboratoire de Bure. Nous nous sommes rendus, avec Christian BATAILLE, dans la Haute-Marne et dans la Meuse les 2 et 3 décembre derniers. Nous avons rencontré l'ensemble de ces personnalités ainsi que le bureau du Comité local d'information et de suivi.

Nous avons dû quelque peu limiter le nombre de places dans cette salle, celle-ci ayant changé de configuration par rapport à la semaine dernière. La capacité d'accueil étant donc plus faible, il nous a fallu restreindre le nombre d'accès par organisme mais nous avons néanmoins respecté le pluralisme. Certaines organisations ont décidé de boycotter les séries d'auditions que nous leur avons proposées et j'observe que l'on ne peut à la fois décider de ne pas y participer et dire que l'on n'a pas été invité. Il y a là une contradiction. Je remercie particulièrement celles des organisations environnementales qui ont accepté de participer à l'ensemble de ces auditions.

Le champ que nous aborderons aujourd'hui est extrêmement précis. La journée a pour but de faire un point scientifique et technique – et non politique ou sociétal – des conditions éventuelles d'une mise en œuvre de stockage géologique dans notre pays. La loi fixait des objectifs de recherche. Avant qu'il y ait débat parlementaire et débat sur cette question des déchets nucléaires de haute activité, je crois qu'il faut faire le bilan des recherches. C'est ce que nous avons fait la semaine dernière dans le domaine de la séparation et de la transmutation. Aujourd'hui, nous ferons le bilan des recherches conduites en France mais également dans d'autres pays, de manière à avoir une idée assez complète de la problématique de gestion de ces déchets, et nous nous en tiendrons strictement à cette ambition.

Les questions que nous aurons à débattre sont les suivantes :

- Pour quelles raisons le stockage géologique apparaît-il comme un moyen de gérer l'aval du cycle nucléaire avec une sûreté maximale ?
- Quelles sont les études et les réalisations conduites dans les différents pays que je viens de citer ?
- Quels sont les milieux géologiques envisagés dans ces pays et pour quelles raisons ?
- Quel est l'état d'avancement des études de l'ANDRA sur le stockage géologique ?
- De quelles connaissances disposait-on en 1991 sur le stockage géologique et quelles étaient les questions qui pouvaient se poser ? C'est un thème intéressant. La semaine dernière, nous

avons rappelé les perspectives de 1991 pour la séparation et la réduction des volumes ; aujourd'hui, nous étudierons également les perspectives à la même date pour le stockage ;

- Quelles réponses ont été apportées depuis 1991 ?
- Quelles sont les questions qui doivent encore recevoir des réponses ?

L'ordre du jour vous a été remis. Nous demandons aux intervenants de respecter strictement leur temps de parole. Trois plages d'interventions ont été définies pour permettre que des questions soient posées aux autres intervenants. Nous diffuserons à la pause un film tourné par la cellule vidéo de l'Assemblée nationale lors de nos visites en Haute-Marne et en Meuse, et je tiens à remercier encore l'équipe vidéo pour son travail remarquable.

Sur la base de cette addition et des autres sources d'information – visites à l'étranger, rencontres privées soit plus de 200 personnes auditionnées à ce jour en France et à l'étranger – nous comptons, avec Christian BATAILLE, rendre notre rapport vers la mi-mars. Nous ne doutons pas que ce rapport contribuera à l'information sur l'état scientifique du problème au moment où nous le rendrons. Christian BATAILLE assurera la présidence pour la matinée.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je prends donc la présidence et passe la parole à M. Édouard BRÉZIN, président de l'Académie des Sciences, qui va évoquer le contexte scientifique de la gestion des déchets radioactifs.

M. Édouard BRÉZIN, Président de l'Académie des sciences : Le contexte scientifique de la gestion des déchets radioactifs

M. le Président de l'Office, Mesdames et Messieurs les élus, je vous remercie de m'entendre ici aujourd'hui. Je voudrais préciser ce qu'est l'Académie des Sciences. Dans l'ex-Union soviétique, l'Académie des Sciences était le pilote des instituts de recherche. En France, elle n'est qu'une collection d'individus indépendants et qui se croient compétents – pardonnez-moi l'arrogance – mais n'ont aucune mission institutionnelle. Je suis ici en quelque sorte en tant que témoin de la communauté scientifique et je voudrais tout d'abord souligner combien celle-ci s'est réjouie du cadre unique donné par la loi du 30 décembre 1991.

En avenir incertain, les élus, représentants légitimes, se posant une question, demandent à la communauté scientifique de travailler. Au bout du compte, celle-ci livrera le résultat de ses investigations dont il reviendra bien évidemment au pouvoir exécutif et législatif de tirer les conclusions.

Je regrette que ceci n'ait pas été plus souvent le cas de l'interaction science / société : on aurait par exemple pu concevoir, en ce qui concerne les OGM, que l'on confie à l'INRA une mission de recherche pendant quelques années avant de prendre des décisions. Hélas, ce n'est pas ce qui s'est passé.

Autre témoignage, la loi du 30 décembre 1991 a eu des conséquences considérables dans les laboratoires : ceux du CEA, ceux de l'ANDRA étaient évidemment impliqués institutionnellement depuis toujours dans cette problématique et j'ai pu mesurer – je présidais à cette époque le conseil d'administration du CNRS – combien les laboratoires universitaires et ceux du CNRS ont suivi les efforts du CEA pour travailler sur les trois axes définis par cette loi. Nous avons réalisé des travaux considérables dont il n'y a aucune raison de penser qu'ils sont achevés. Nous avons connu différents retards, en particulier en ce qui concerne le stockage, pour des raisons que nous connaissons tous. Il est donc certain que nous sommes loin d'avoir atteint la réponse à l'ensemble des questions qui sont posées.

Au plan scientifique, il faudrait être singulièrement aveugle aux questions essentielles qui nous sont posées sur l'avenir de la planète pour ne pas considérer la solution ou la contribution que pourrait apporter l'énergie nucléaire. Celles-ci ne sont concevables que si le problème des déchets est résolu. Ce n'est pas le cas pour l'instant, il faut le dire. J'espère qu'il le sera, mais l'on ne peut considérer que c'est le cas aujourd'hui.

La France a choisi une filière particulière qui consiste à retraiter. Elle a donc accumulé une quantité considérable d'actinides, le principal étant le plutonium dont nous avons de grandes quantités. Une partie de ce plutonium est réutilisée dans du combustible MOX, mais celui-ci génère lui-même des déchets et n'est pas, pour le moment, retraité. Les déchets issus de cette filière MOX sont extrêmement actifs, extrêmement difficiles à traiter et demanderont beaucoup d'efforts. Les spécialistes du nucléaire considèrent en particulier que la manipulation de grandes quantités de curium présente des difficultés importantes. Nous avons, hélas, arrêté la filière des surgénérateurs, du type SuperPhénix, et nous nous trouvons donc face à un problème de plutonium qui ne sera pas résolu par le combustible moxé et qui conduit à penser qu'il est indispensable de réaliser des études sur les neutrons rapides.

En ce qui concerne la gestion de ces déchets, l'Académie des Sciences a accueilli un grand colloque il y a deux ans environ. Nous avons reçu des spécialistes du monde entier. Nous voulions savoir où nous en étions par rapport à la démarche suivie par la loi. En matière de stockage, nous avons écouté nos collègues suisses qui disposent, dans ce domaine, d'une expérience plus ancienne que la nôtre. Il est clair que les études à faire sont considérables au plan de la stabilité géologique comme de la nature des matériaux et de la microfissuration. L'un des regrets émis à l'issue de ce colloque scientifique était que la France n'ait pas mis à l'étude un conteneur de grandes dimensions, une barrière autre que la vitrification, comme l'ont fait nos collègues suédois.

Pour résumer, je me félicite de la démarche, de la mobilisation de tous les acteurs scientifiques français capables d'apporter des réponses. En ce qui me concerne, je crois que nous sommes encore assez loin du but, c'est-à-dire d'avoir fait l'ensemble des études nécessaires pour pouvoir affirmer de manière satisfaisante que nous avons trouvé une solution pérenne. Je suis convaincu qu'il faut poursuivre. Je pense que si nous réussissons, l'énergie nucléaire constituera un grand atout pour notre pays. Encore faut-il que nous réussissions, mais je ne suis pas convaincu que nous ayons fait le nécessaire et ce sur beaucoup de plans.

Encore une fois, je ne suis pas un spécialiste. Il y a ici des gens dont c'est le métier qui vous diront quelles sont les recherches actuelles. Mais je vous livre des conclusions qui étaient quasi unanimement ressenties à l'issue du colloque international de décembre 2002 de l'Académie des sciences.

Je vous remercie de m'avoir entendu et vous prie de m'excuser de ne pouvoir assister à la suite des exposés car j'ai une obligation dont je ne peux me défaire.

Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

J'ajouterai un mot : j'ai proposé à l'organisation qui a abondamment alerté la presse à propos de son refus de participer de les rencontrer personnellement à l'Office parlementaire le mardi 25 janvier toute la matinée, le mardi 1^{er} février toute la matinée, le mardi 8 février toute la matinée. Je suis toujours disponible. Je remercie de leur présence les organisations de protection de l'environnement qui participent à nos auditions.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci. Nous allons maintenant entendre M. Didier LOUVAT, Directeur de la sûreté des déchets radioactifs à l'AIEA. Il nous présentera l'approche de sûreté de l'AIEA pour l'aval du cycle nucléaire.

M. Didier LOUVAT, Directeur de la sûreté des déchets radioactifs, AIEA : L'approche de sûreté de l'AIEA

Merci M. le Président. J'ai gardé une partie du titre de la présentation et j'ai recentré celle-ci sur le stockage des déchets radioactifs. Plutôt que l'approche de sûreté de l'AIEA, je vais vous présenter l'approche de sûreté des Etats membres de l'AIEA, c'est-à-dire de 138 pays représentant une large partie de la communauté internationale.

Le premier outil dont bénéficie cette communauté internationale pour gérer en toute sûreté les déchets radioactifs est la convention commune sur la sûreté et la gestion du combustible usé et sur la sûreté et la gestion des déchets radioactifs. Le but évident de cette convention est d'atteindre, dans tous les Etats membres de l'AIEA, le plus haut niveau de sûreté possible dans la gestion des déchets radioactifs. La convention fait une distinction entre combustibles usés et déchets radioactifs puisque certains pays, dont la France, ont fait le choix de retraiter leur combustible usé et ne le considèrent donc pas comme un déchet.

Cette convention présente un intérêt pour tous les Etats membres de l'AIEA, depuis ceux qui ont un grand programme nucléaire jusqu'aux pays qui n'ont que des sources radioactives usées à gérer. Naturellement, elle ne concerne que les activités civiles. L'intérêt de cette convention commune est qu'elle est la première législation internationale contraignante dans ce domaine. Elle est certes contraignante mais uniquement incitative : il n'y a pas de pénalités si l'on ne respecte pas les termes. Son but est d'aider nos Etats membres à améliorer la sûreté de la gestion de leurs déchets radioactifs.

Tous les trois ans, les Etats membres doivent remettre un rapport détaillé dont vous trouverez ici les différents chapitres et présentant l'état et les progrès réalisés dans la gestion des déchets radioactifs. Ce rapport est revu par toutes les autres parties contractantes, discuté, commenté, questionné. Chaque partie contractante a obligation de répondre à ces questions et de tirer les enseignements de cette revue pour améliorer sa propre gestion des déchets radioactifs. Ce sont les seules contraintes qui pèsent sur les membres, mais, tous les trois ans, chaque partie contractante doit fournir ce rapport.

En 2003, lors de la première revue des rapports nationaux, la France a fourni un rapport et des réponses aux questions qui ont été jugés par la réunion comme excellents.

À l'heure actuelle, le seul point noir de cette convention est que, sur les 138 Etats membres de l'AIEA, elle n'a été signée que par 34 pays. Le secrétariat fait néanmoins un gros effort pour informer les pays qui ont les plus petits programmes de gestion des déchets radioactifs de l'intérêt, pour eux, de cette convention.

Les normes de sûreté de l'AIEA constituent le deuxième outil dont dispose la communauté internationale. C'est l'une des missions statutaires de notre agence que de produire ces normes de sûreté. Il s'agit d'une série hiérarchisée de documents qui fixent les pratiques de sûreté à respecter dans l'exercice de l'activité nucléaire. On trouve des documents de haut niveau, comme les fondements, qui discutent des objectifs et des principes de la sûreté nucléaire. Au niveau inférieur viennent les prescriptions, qui stipulent ce qui doit être absolument respecté lorsque l'on met en place une activité nucléaire, et des guides fournissant les méthodes pour respecter ces prescriptions. Tous ces documents sont téléchargeables sur notre site Internet, de même que la convention commune.

Ces normes de sûreté ne sont appliquées par nos Etats membres que s'ils le veulent bien, directement ou indirectement. Par exemple, dans le cas des pays de l'Union européenne, elles sont appliquées à travers la transcription que la Commission européenne fait, dans ses directives, des normes de sûreté de l'AIEA.

Le contenu des normes qui concernent la protection du public et des travailleurs est basé sur les avancées scientifiques reconnues par l'UNSCEAR, sur les recommandations données par la CIPR et sur l'obtention du meilleur consensus international possible. La construction du consensus pour l'établissement de ces normes est un processus complexe qui peut prendre quatre ans en moyenne, jusqu'à dix ans pour les documents les plus compliqués. À différents niveaux de leur élaboration – préparation, avant la revue par les Etats membres, après la revue par les Etats membres, publication – ces documents font l'objet d'examen par une série de comités spécialisés, une commission sur les normes de sûreté composée des responsables des organismes de sûreté de pays choisis par le Directeur général, enfin notre Conseil des gouverneurs qui est notre Conseil d'administration. Tous ces passages garantissent que le document a été revu, qu'il a été coordonné au sein de l'AIEA et avec d'autres organisations internationales, que sa qualité a été évaluée et acceptée par tous nos Etats membres.

Pour ce qui est du stockage géologique de déchets radioactifs, le fondement de sûreté est le document intitulé « *Principes de la gestion des déchets radioactifs* ». Il y a 9 principes, qui paraissent évidents mais sont rappelés dans ce fondement de sûreté. J'attire en particulier votre attention sur les 5 premiers, qui sont d'intérêt pour le stockage géologique : protection de l'homme, protection de l'environnement, protection au-delà des frontières, protection des générations futures et absence de contrainte sur les générations futures.

Pour compléter ce document sur les fondements, nous avons préparé avec nos Etats membres une prescription de sûreté sur le stockage géologique des déchets radioactifs. Cette prescription n'est pas encore publiée : sa publication doit encore être autorisée par le Conseil des gouverneurs, ce qui signifie qu'elle a déjà été revue par la Commission sur les normes de sûreté. Ce document contient 23 prescriptions divisées en 7 domaines et je voudrais aujourd'hui revenir sur quelques-uns des points mentionnés qui présenteront peut-être un intérêt pour les discussions de la journée.

Le premier concerne la réversibilité. Contrairement à l'entreposage, dans le cas du stockage, la réversibilité n'est pas un choix de sûreté. La prescription indique que c'est au pays de décider s'il souhaite ou non une réversibilité mais, qu'en aucun cas cette réversibilité ne doit avoir d'impact négatif sur le respect des 23 prescriptions données dans le document.

La sûreté du stockage de déchets radioactifs est fondée sur une protection radiologique. Dans n'importe quelle activité concernant la sûreté nucléaire, la pratique commune veut que l'on se fixe une dose effective à ne pas dépasser avec des contraintes de doses standards définies dans le BSS ou, en français, dans les « *Normes fondamentales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnement* ».

J'ai choisi d'illustrer quelques prescriptions qui me paraissent importantes et tout d'abord la prescription n°1, à savoir la responsabilité du Gouvernement. Il est de la responsabilité du Gouvernement d'un pays « x » de fixer le cadre de développement d'un stockage de déchets radioactifs. En particulier, l'AIEA insiste sur la responsabilité qui lui incombe de garantir l'indépendance de l'autorité de sûreté.

Viennent ensuite la prescription n°8, qui porte sur la fonction de confinement apportée par le colis, et la prescription n°9, qui concerne l'isolement par la géosphère et le milieu géologique. Je voudrais illustrer la partie de cette prescription qui porte sur le temps d'isolement que doit garantir le stockage. Dans ce domaine, le consensus s'est fait sur « au moins plusieurs milliers d'années ». On n'a pas voulu contraindre cette prescription par un chiffre précis. Pourquoi ce choix ? Parce qu'au-delà d'une certaine durée, les calculs de doses, les estimations de risques sont entachés d'incertitudes qui deviennent trop

fortes. À ce moment-là, on doit passer, dans l'évaluation de sûreté, des critères purement quantitatifs à des critères qui deviennent qualitatifs. Plus le temps passe et plus les critères deviennent qualitatifs. Nous ne souhaitons pas que des pays aient des réglementations trop contraignantes.

En ligne avec ces prescriptions n°8 et 9, nous avons la prescription n°13 qui est celle sur l'évaluation de sûreté. Il faut comprendre de cette prescription la nécessité du dialogue entre les parties intéressées à chaque étape du projet, avec l'évaluation de sûreté où la justification des choix apparaît clairement, où la traçabilité des choix apparaît et est maintenue. Et ce sur des programmes qui peuvent parfois s'étendre sur plus d'une vingtaine d'années. Il est important de savoir à tout moment pourquoi, à telle époque, on a pris telle décision, on a utilisé tel argument, avec le niveau de détail qui doit être approprié à la démonstration, avec une structuration logique des arguments quantitatifs comme qualitatifs. Avec, surtout, une évaluation de sûreté claire de manière à permettre une revue indépendante par toutes les parties prenantes qui le souhaitent.

C'est d'ailleurs l'un des services que l'AIEA offre à ses Etats membres, à savoir les missions internationales d'évaluation de sûreté, comme celle que nous avons effectuée en 2004 pour le projet de stockage intermédiaire en Australie. Ces missions internationales sont basées sur une confrontation de tout ou partie des programmes par rapport aux normes de l'AIEA. Nous n'évaluons pas ce qu'il faudrait faire ou ne pas faire. Nous évaluons si le programme correspond au minimum à ce que les normes de sûreté internationales imposent. J'encourage tous les pays qui ont des programmes de stockage en cours, dont la France, à recourir à ces missions. Dans un autre domaine, la France a demandé en 2003 une mission d'évaluation de sa réglementation sur les transports radioactifs.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci. Après l'AIEA et la sûreté, je vous propose d'entrer davantage dans le concret avec la Belgique et M. Jean-Paul MINON, Directeur général de l'ONDRAF. Il nous parlera des études internationales de milieux géologiques, des résultats, projets et applications concrètes.

M. Jean-Paul MINON, Directeur général de l'ONDRAF, Belgique : Les études internationales de milieux géologiques : résultats, projets et applications concrètes

M. le Président, Mesdames et Messieurs les parlementaires, chers collègues, j'ai été chargé, à la demande de l'Office, de présenter une vue générale de ce qui se passe actuellement dans le monde en matière de stockage profond des déchets radiants.

L'exposé s'articulera autour de six points : d'abord l'introduction, pour préciser le cadre technique de ce dont nous parlons vraiment ; les enjeux ; la nature et l'avancement des programmes ; un mot sur les laboratoires souterrains qui sont nombreux et divers ; les acquis au niveau international et, enfin, la mise en œuvre et quelques éléments de sociologie car nous vivons en société et, si la technique est nécessaire, elle est indissociable de son contexte.

La communauté scientifique internationale s'est exprimée via l'AIEA mais aussi via l'Agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE. L'Union européenne reconnaît que le stockage en couche géologique profonde est une solution de sûreté et (je représente ici une agence qui utilise des budgets) qui doit rester économique pour la gestion à long terme des déchets de moyenne et haute activité, selon une approche de concentration confinement qui est ici spécifique à notre métier et sur laquelle je reviendrai constamment par la suite.

Ce système consiste essentiellement en trois éléments. D'abord le déchet, à savoir ce que nous devons sécuriser. Ce déchet, nous allons le mettre derrière une barrière ouvragée que nous allons fabriquer

nous-mêmes. Ce sont donc deux choses sur lesquelles « nous avons la main ». Le déchet radioactif est un produit manufacturé. Il nous faut trouver un milieu d'accueil dans lequel ces systèmes vont être développés. L'ensemble du processus – développement et histoire future – se déroule sur de très longues durées. Vous avez entendu la notion de « plusieurs milliers d'années », mais cela va bien plus loin.

Au cours de l'histoire, les déchets ont très souvent été simplement déposés dans la nature. C'est la décharge publique. Mais cela peut également se passer de façon tout à fait contrôlée et autorisée, comme dans le cas des rejets de nos installations nucléaires, qu'ils soient liquides ou gazeux. Nous sommes dans l'autre stratégie qui est celle de la concentration et du confinement, et qui répond à un objectif de maîtrise des volumes. Le but final est d'isoler le déchet, de mettre l'homme à l'abri du déchet, soit de façon active – c'est l'entreposage de longue durée – soit de façon passive pour que les générations futures n'aient plus à sans occuper – c'est le stockage dépôt final. Il faut avoir conscience que, de toute façon, une faible fraction de la radioactivité atteindra l'environnement. L'isolement n'est donc pas valable à 100 %. Les géologues vous diront que l'on arrive toujours à une fraction de la radioactivité dans l'environnement.

Je vais préciser en détaillant les différentes parties du système et le but ultime. Au niveau international, nous nous trouvons en effet devant des projets extrêmement divers mais qui poursuivent un unique but, celui de construire un stockage sûr. Il appartient bien entendu aux agences et aux implémenteurs de trouver la sûreté de façon contradictoire, en discussion avec l'autorité de sûreté. C'est un processus contradictoire qui doit être mené « à fond ». Les roches hôtes sont différentes. Certains ont choisi le granit, d'autres l'argile, d'autres encore le sel. Il y a des cas plus particuliers : nos collègues américains travaillent dans le tuf à Yucca Mountain.

Le déchet et la barrière ouvragée comprennent un certain nombre d'éléments qui peuvent être fort divers. Il a déjà été fait allusion à certains conteneurs extrêmement robustes. D'autres attachent moins d'importance au conteneurage. Il y a un matériau de remplissage et des bouchons, pour éviter le retour des radioéléments dans la géosphère et la biosphère et dans le milieu dans lequel nous vivons.

Nous trouvons ici ce que j'appellerai d'une part le système de dépôt, le système de stockage, à savoir la partie que nous fabriquons nous-mêmes et celle dans laquelle nous allons travailler – la « mine » en quelque sorte – et d'autre part la géologie que nous allons caractériser « à fond ». Le système de dépôt est celui dont nous allons tenter de montrer la performance et, de façon ultime, par exemple la satisfaction aux normes de sûreté. Nous étudions cela et tentons de le maîtriser. Par contre, la géosphère et la biosphère sont des éléments non maîtrisables à très long terme. Personne ne peut dire ce que sera la biosphère dans un million d'années. J'ai déjà entendu des hypothèses, mais nous ne les maîtrisons certainement pas.

Par ailleurs, il a été dit et c'est parfaitement correct, que le premier développement est un développement scientifique. Mais les scientifiques ne vont pas, dans ce dossier, où ils le veulent. En général, ils vont où l'on veut bien les laisser aller. La géosphère et la biosphère étant en quelque sorte « imposées », nous ne pourrions pas les optimiser. Si vous reprenez des documents de l'AIEA datant de 25 à 30 ans, ils vous décrivent une démarche parfaitement rationnelle de choix de sites. Je n'en connais pas une qui ait été développée jusqu'à la fin de cette façon. C'est donc une limitation et nous travaillons en général, ce que je regrette, à site imposé.

On dit souvent qu'il n'existe pas d'installation en exploitation. Si, il en existe une aux Etats-Unis, où des déchets d'origine militaire sont entreposés dans une couche de sel. D'autres programmes scientifiques existent à des stades d'avancement divers. Certains, bien structurés, avancent de façon systématique

tant du point de vue technique que des contacts et de l'interaction avec l'ensemble des parties prenantes : ce sont nos collègues finlandais, suédois et américains dont la volonté est réellement d'aboutir à un stockage dans les prochaines années.

Il existe des programmes spécifiques, souvent à caractère méthodologique au départ – la France, la Suisse, la Belgique – et des programmes plus génériques où l'on fait des études sans nécessairement vouloir aboutir immédiatement à des solutions concrètes : le Japon, l'Espagne qui expérimente dans des laboratoires hors de son territoire, la Lituanie qui a développé une vision intéressante et volontariste de la problématique. Certains pays réexaminent complètement leur politique. Il s'agit de nos voisins allemands et du Royaume-Uni. D'autres encore ont choisi une politique d'attente vu la dimension de leurs programmes nucléaires : ce sont nos voisins du Nord : la Belgique et les Pays-Bas. Donc, je le rappelle, il existe à ce jour une réalisation et de nombreux programmes de recherche et développement en cours à des stades divers.

Cette recherche est difficile à mener car elle comprend un certain nombre de limitations inhérentes à la nature du problème. Il est clair que l'on ne parviendra jamais à tout démontrer, tout simplement parce que l'expérimentation ne peut se dérouler sur cette durée. C'est une évidence et c'est une contrainte : il faudra, un jour, décider après avoir suffisamment cherché, dire « *c'est suffisant, nous décidons* ». Cette recherche repose sur une modélisation, des modèles mathématiques, mais aussi sur des expériences qui sont des modèles de relation, comme par exemple des programmes de caractérisation des roches hôtes, de l'argile, du granit, etc.

Peu cités mais susceptibles à mon sens d'apporter beaucoup d'éléments de comparaison, les laboratoires souterrains que nous développons actuellement sont indispensables car le laboratoire est le terreau du chercheur. Il n'y a pas de véritable programme de recherche sans l'existence d'un laboratoire souterrain spécifique de la roche hôte dans laquelle on veut éventuellement établir un dépôt. Tous ces éléments doivent bien entendu être intégrés. Il faut faire les synthèses nécessaires et éviter, même si l'on ne peut faire autrement dans une étape préliminaire, de travailler par discipline. À un certain moment, ces disciplines doivent être intégrées.

Les laboratoires souterrains jouent un rôle central dans le développement d'un projet qui veut aboutir à une réalisation concrète. Ce sont des outils scientifiques d'excellente qualité et les méthodes expérimentales sont extrêmement bien développées. Ils contribuent à la formation et au maintien de la formation des chercheurs dans la mesure où les programmes se déroulent sur de très longues années. Ces laboratoires ont différentes natures. Ils sont méthodologiques : on y apprend à faire des expériences, comme dans le cas du laboratoire de Mol où l'on a appris à instrumenter et à installer du matériel. Ils jouent également un rôle si l'on veut évoluer vers la caractérisation, vers la connaissance de la roche hôte. On passe ensuite à la qualification du site : c'est le cas du laboratoire finlandais. Il est clair qu'il faudra ensuite aller, dans la mesure du possible, vers des expériences de démonstration pilote. Nous n'en sommes pas encore là.

Voici une présentation de ce qui se passe dans le monde à l'heure actuelle : on trouve les différentes roches hôtes :

- le cas un peu particulier de nos collègues américains, qui travaillent dans le tuf ;
- les spécialistes de l'argile : Belgique, France et Suisse ;
- on retrouve le sel chez nos collègues allemands ;
- le granit ;
- à signaler aussi l'expérimentation internationale Stripa effectuée dans le cadre de l'OCDE ;
- le programme également bien développé de nos collègues japonais.

Cela vous donne une vue d'ensemble et ceci représente des investissements tout à fait conséquents au niveau de la communauté scientifique internationale.

Le laboratoire a d'abord pour objectif l'acquisition des connaissances. Il nous permet de concrétiser, de construire nos concepts, et il nous permettra d'évoluer vers des expériences intégrées dont certaines ont déjà été finalisées comme l'expérience FEBEX au niveau international dans le laboratoire du GRIMSEL en Suisse. Ce que nous voulons développer en Belgique relève de l'expérience intégrée pratique, à savoir simuler un concept que nous avons mis au point. Je voudrais également citer le concept de « prototype » qui sera, je le suppose, développé par nos collègues suisses.

Tout ceci se déroule dans un cadre de coopération internationale dont je pense qu'il faut souligner l'efficacité, et même le caractère chaleureux. Les experts se rencontrent souvent, discutent, travaillent ensemble, ne sont pas toujours d'accord, mais il y a un effort important d'intégration des connaissances, d'établissement des fondements. Vous avez eu un aperçu de ce que l'AIEA fait en matière de sûreté. Chose importante, il y a un devoir des pays développés, tels la France, de transfert des connaissances vers des pays moins développés de l'Union européenne et des nouveaux Etats membres.

Le consensus international s'est également développé autour des différents aspects de la sûreté. Cela concerne tout d'abord l'implémentation de sûreté, qui commence sur la planche à dessin de l'implémenteur. Avec son crayon et sa feuille de papier, celui-ci dessine un concept en s'efforçant qu'il soit robuste, c'est-à-dire insensible aux variations d'un certain nombre de paramètres dont la détermination n'est pas toujours bien connue. Chaque élément du concept, construit pour lui-même, doit être robuste. Sur la base de tout cela, l'implémenteur réalise des calculs précis pour surestimer les conséquences et essayer de mettre au point un faisceau d'indications qui montrent que la sûreté peut être assurée. On ne parviendra jamais à démontrer la sûreté d'un stockage, simplement parce que la durée du problème dans le temps est trop longue. Il faudra bien entendu avoir systématiquement identifié les incertitudes, leur documentation et leur réduction au niveau où elles pourront être réduites. On ne parvient jamais à réduire toutes les incertitudes à zéro, il faut bien en être conscient.

Tout ceci est aidé par une vision systémique. C'est un système : on ne conçoit pas des bouchons, des galeries, etc., mais un ensemble qui doit fonctionner dans une géochimie donnée. Il faut intégrer l'ensemble des éléments qui vont contribuer, en interaction, à la sûreté globale du système. Il faudra naturellement montrer la faisabilité technique de ce système. Bien entendu, un système ne fonctionne que si l'on peut l'installer, à savoir que si la société admet que l'ensemble du processus et de la démarche conduit à quelque chose de raisonnable. Le débat contradictoire et la force de l'autorité de sûreté sont essentiels dans le processus.

Tout ceci se met en œuvre via une stratégie qui peut se développer différemment selon les cultures de sûreté qui existent dans les différents Etats. Mais l'on en revient toujours à un certain nombre de grandes fonctions qui sont le confinement physique, c'est-à-dire les barrières placées entre le déchet et l'environnement, le contrôle des relâchements au niveau du déchet lui-même (la résistance à la lixiviation), les retards à la migration, la qualité et l'importance des barrières ouvragées en relation avec les qualités de la formation.

J'illustre ceci par le fait que ces fonctions de sûreté – confinement, résistance à la lixiviation, diffusion, dilution dispersion – qui font partie de la biosphère, donc qui sont beaucoup moins maîtrisables, se mettent en œuvre en séquence. À certains moments elles ne sont pas nécessaires, elles sont latentes, elles vont intervenir quand on devra faire appel à elles. On a une réserve : ce sont les marges. Ce système que nous voulons mettre en place comporte énormément de marges et de réserves. Vous voyez que les échelles de temps vont à plusieurs millions d'années.

Un mot sur la réversibilité. La réversibilité ne peut pas mettre en péril la sûreté. La sûreté ne peut pas reposer sur la réversibilité. Tout ceci a été illustré dans différents rapports dont mes collègues vont parler. Beaucoup d'acquis ont été mis sous forme documentée dans les différents pays que je viens de citer.

Un mot également sur les oppositions et le rôle des preneurs d'enjeux. Les solutions techniques doivent également être acceptées donc engrangées comme le résultat d'un processus décisionnel transparent et connu de tous. Il y a un équilibre à atteindre entre les enjeux économiques et les enjeux de société. Si vous investissez tout dans la technique, vous risquez de perdre votre investissement parce que la société rejettera votre solution. C'est ce qui est arrivé récemment à nos collègues canadiens, qui doivent recommencer. Il y a donc coproduction du dossier. C'est peut-être difficile à dire, mais le scientifique doit avoir la modestie d'écouter ce qui vient de la population. Pour cela, les instruments se mettent en place. Ce sont par exemple les études d'impact environnemental avec l'implication forte des citoyens.

Je terminerai avec les défis qui nous restent et qui nous concernent tous, à savoir : poursuivre l'intégration des techniques et des aspects de société ; mettre en équilibre la société et la science ; démontrer la faisabilité industrielle, c'est-à-dire que tous les éléments du système dont nous pouvons démontrer le fonctionnement doivent être mis en place ; rester cohérent au niveau national et international entre les différentes approches. J'insisterai également sur le partage des installations de recherche et notamment sur la mise en commun des expériences acquises et à faire dans les laboratoires. Je vous remercie.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci pour ce tour d'horizon fort complet. Je vais maintenant passer la parole du Directeur général de l'ANDRA, M. François JACQ, qui évoquera son travail concret, la stratégie scientifique et les principaux résultats des études de l'ANDRA sur les milieux géologiques envisageables pour le stockage souterrain.

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA : Le programme de recherche de l'ANDRA sur les déchets de haute activité à vie longue : structure, acquis et perspectives

Merci M. le président. Mon exposé va beaucoup s'appuyer sur celui déjà présenté par Jean-Paul MINON. Je ne reviendrai pas sur le principe du stockage géologique. Les principaux objectifs de la recherche sur le stockage géologique sont les suivantes :

- Connaître les déchets et les matériaux,
- Connaître le milieu géologique,
- Définir des architectures de stockage, donc des concepts pour « mettre ensemble » le déchet, le milieu et la manière de les traiter,
- Le tout doit pouvoir être représenté, modélisé, simulé et cela débouche in fine sur une évaluation de sûreté.

Je vais, dans cet exposé, présenter les outils mis en œuvre dans le cadre du programme de recherche de l'ANDRA et renvoyer sur un certain nombre de thèmes qui feront l'objet d'exposés ultérieurs au cours de cette journée, dans la mesure où je ne les développerai pas dans le cadre des 15 minutes qui me sont imparties.

Comment fait-on de la recherche ? Comme Jean-Paul MINON vient de le dire, nous disposons de trois grands types d'éléments.

Tout d'abord les laboratoires souterrains méthodologiques étrangers, sur lesquels je ne reviendrai pas car Jack-Pierre PIGUET aura l'occasion de le faire cet après-midi. Le point extrêmement important à propos de ces laboratoires, c'est ce que disait Jean-Paul MINON : ils nous ont beaucoup appris. Tous les problèmes qu'ont pu rencontrer nos collègues au cours des 15 dernières années pour avoir travaillé dans ces laboratoires, nous ne les rencontrons plus aujourd'hui puisque les technologies sont éprouvées après avoir été testées. Le second type d'analyse part de tout ce qui est modélisation des laboratoires, caractérisation mais aussi ingénierie. Le troisième pôle est évidemment les travaux sur site sur lesquels j'aurai l'occasion de revenir dans un instant. Il s'agit de travaux qui peuvent revêtir toute une gamme de formes, de la reconnaissance de surface à des ouvrages souterrains.

Ce travail a été fait en France au cours des 15 dernières années, dont il est à mon sens l'un des acquis majeurs, par une mobilisation de la communauté scientifique. Près de 100 laboratoires ont été associés sur le sujet, des groupements de laboratoires ont été montés par l'ANDRA sur des thèmes spécifiques et des partenariats ont été noués avec des grands organismes de recherche. Je n'insiste pas car je pense que Sylvie JOUSSAUME présentera, dans son exposé, le point de vue de la communauté scientifique sur ce sujet.

Toujours dans le domaine des outils de la recherche, le contexte de travail est évidemment international et l'un des apports majeurs concerne tout ce qui s'est fait dans le cadre européen, notamment les cinquièmes et sixièmes programmes cadres de recherche. J'ai repris quelques noms de programmes, comme Ecoplay et Modex-Rep, sur lequel j'insiste car c'est l'un des programmes du PCRD qui trouvera ses applications directes dans les expériences qui sont actuellement en cours dans le laboratoire souterrain de Bure. C'est un programme sur l'ingénierie. Qui dit « science » dit toute la dynamique scientifique habituelle et je mentionne, pour souligner l'intensité de ce qui a pu se faire au cours des années écoulées, le fait que nous ayons quasiment une douzaine de docteurs ou de post-doctorants par an, ce qui est assez considérable pour un thème comme celui-ci. Au cours des 4 dernières années, 40 thèses ont été soutenues, environ 40 publications de rang A proposées, des colloques internationaux organisés (comme celui de Reims en 2002 qui a réuni 450 personnes de 25 pays, ou celui prévu à Tours en mars prochain). En termes d'expertise et d'évaluation, je voudrais mentionner les expertises menées par l'AIEA et l'AEN-OCDE. Parfois, elles sont d'ailleurs menées en commun. Il y en a eu une sur le programme ANDRA en 2003. Nous avons aussi des outils comme le Comité de suivi des expériences dans le laboratoire sur lequel Christian FOUILLAC reviendra dans son exposé et, évidemment, toute une série de groupes d'experts.

J'en viens maintenant aux thèmes de recherche, à savoir les déchets, le milieu géologique, les architectures, la modélisation.

Nous avons aujourd'hui une bonne voire une excellente connaissance des déchets et des matériaux. Nous en connaissons l'inventaire, la quantité et les caractéristiques, et nous disposons d'un certain nombre de modèles de présentation de la manière dont se comportent ces déchets : sont-ils résistants, relâchent-ils de la radioactivité, et si oui dans quelles conditions, etc. En fin de matinée, Mme Michèle TALLEC donnera toute une série d'indications beaucoup plus précises que cela sur les modèles qui ont été développés mais ce qu'il faut savoir, c'est qu'à chaque type de déchet correspond aujourd'hui un modèle qui permet d'en représenter le comportement. Cela va de pair avec le travail sur les matériaux. Nous évoquons tout à l'heure non seulement le déchet lui-même mais le fait qu'il pouvait être mis dans des conteneurs. J'insiste sur le fait qu'un certain nombre de conteneurs ont été développés et que des travaux ont par exemple été menés sur la corrosion. Nous sommes donc capables de calibrer les conteneurs pour savoir combien de temps ils dureraient au contact de l'eau ou de l'oxydation.

En ce qui concerne le milieu géologique, je vous propose une vue du laboratoire souterrain de Bure. J'ai essayé de résumer sur ce transparent ce qui s'était fait sur ce site et sur le secteur depuis 1994, année où les premières observations ont commencé : 27 forages, 5 kilomètres forés, 2,3 kilomètres de carottes dans les argiles, 30 000 échantillons. Le premier capteur qui a été installé à demeure au milieu de la couche d'argile étudiée date de 1996 et continue encore à produire des données, ce qui montre au passage la robustesse d'un certain nombre de technologies. J'insiste aussi sur le programme expérimental du Mont Terri sur lequel reviendra Jack-Pierre PIGUET : De 1996 à 2004, de très nombreuses technologies y ont été testées et ont permis d'obtenir énormément d'acquis sur cette argile très similaire à celles de Bure, qui sont aujourd'hui d'une utilité immédiate dans ce qui est fait à Bure. La formation géologique est observée de façon directe depuis mars 2004 dans les puits et il y a 40 mètres de galeries expérimentales en activité depuis novembre 2004, pourvues d'une quarantaine de forages et d'environ 350 capteurs.

Voilà pour ce qui est des moyens, qui visent à répondre ou à apporter des éléments de réponses à quatre grandes questions par rapport au milieu géologique :

- Est-ce que l'on connaît la géologie du secteur, est-ce que l'on comprend bien son histoire, la manière dont elle s'est formée ?
- Est-ce que la couche d'argile étudiée est régulière, homogène, sans faille ?
- Est-ce qu'elle est apte au creusement, s'abîme-t-elle quand on la creuse ?
- Est-ce que les propriétés de l'argile apparaissent favorables d'un point de vue physico-chimique pour en faire un bon endroit pour accueillir éventuellement des déchets ?

Je vais tenter de vous apporter quelques éclairages sur ces questions, sachant que Patrick LANDAIS fera un point beaucoup plus scientifique « pur », détails à l'appui. Je partirai du global pour aller vers le local.

Connaît-on la géologie et l'histoire du milieu géologique ? Nous avons mené, dans ce domaine, toute une série de forages de 1994 à 2000, une campagne de géophysique en 2000, des reconnaissances aux affleurements, une importante campagne de forage de secteur en 2003 avec carottages et prélèvements plus une analyse systématique. Aujourd'hui, nous pouvons dire que nous avons un modèle géologique complet. Nous avons une bonne compréhension du bassin de Paris. Nous avons été capables d'aller beaucoup plus dans le détail pour comprendre son histoire et sa structure, et nous avons une bonne connaissance de l'histoire de l'argile. Je crois que cela fait aujourd'hui partie des acquis importants.

La couche est-elle homogène ? Je vais illustrer ce point avec les forages dirigés, dont 4 ont été mis en œuvre à partir de 2003-2004 qui ont balayé la couche sur presque un kilomètre pour le plus long d'entre eux. Nous avons donc observé une régularité sur des distances de l'ordre du kilomètre. Aujourd'hui, nous n'observons pas d'anomalies, de fracturation ni de faille dans cette couche étonnamment homogène.

Les propriétés de l'argile sont certainement le sujet sur lequel il y a le plus de choses à acquérir. On sait beaucoup de choses à partir de la mesure sur échantillon, de la mesure dans le forage, des sondes à demeure dans la formation, des forages spécifiques réalisés, des travaux au Mont Terri qui sont importants : en effet, dans une argile de même nature, ils ont permis de montrer que ce que l'on voyait à l'échelle de l'échantillon était fiable en grande nature. C'est naturellement une indication très précieuse par rapport à ce que nous sommes en train de faire. Aujourd'hui, nous avons la mesure de la valeur des principaux paramètres, mais il y a évidemment encore un certain nombre de données à venir au cours de l'année 2005 qui doivent permettre de réduire cela.

À quoi peuvent ressembler les galeries d'expérimentation dans le laboratoire souterrain ? L'ascenseur permet de descendre au fond du puits de 450 mètres. Ce que nous appelons « niche » constitue tout de même 40 mètres de galerie expérimentale complètement équipée. Il y a 40 forages, 350 capteurs. Cette argile que l'on imagine parfois comme une pâte à modeler très plastique est en fait une roche relativement dure et homogène, de couleur grise. Les forages qui l'instrumentent et permettent de réaliser des expériences de diffusion sont désormais à demeure. Toutes les données collectées sont ramenées via le système d'acquisition des données, remontées en surface, mises à la disposition des ingénieurs qui y travaillent régulièrement.

En ce qui concerne les architectures de stockage, le travail qui a été fait est important. Il s'agit d'imaginer, de « *silhouetter* » ce qui pourrait être des concepts dans lesquels on placerait éventuellement des déchets. Et cela avec une préoccupation majeure, qui a vraiment été mise au cœur des études, celle de la réversibilité. C'est-à-dire que nous avons mis une priorité sur la réversibilité. Il est entendu qu'elle ne doit pas nuire à la sûreté, mais il nous semble qu'elle est non seulement compatible avec cette sûreté mais, et c'est une petite nuance par rapport à Jean-Paul MINON, qu'elle peut également participer de l'acquisition de convictions et des opérations de travail.

Nous avons voulu les architectures aussi simples et aussi robustes que possible pour permettre justement cette réversibilité et cette capacité d'accès et de compréhension facile.

Le quatrième thème – celui de la modélisation et de la simulation – renvoie à un exposé que vous aurez cet après-midi sur la plate-forme de simulation Alliances. Tous ces phénomènes mobilisent des disciplines extrêmement diverses, des outils extrêmement divers. Il faut les faire fonctionner ensemble, il faut avoir les codes de calcul correspondants, être capable de faire des prévisions et des simulations, de faire des représentations, etc. Cela demande un environnement numérique le plus perfectionné possible. Nous avons monté une plate-forme de simulation dans le cadre d'un partenariat ANDRA CEA EDF, qui permet de réaliser des traitements de calculs, des simulations. Comme nous nous limitons aujourd'hui au plan scientifique, je ne reviendrai pas sur la démonstration de sûreté, mais tout cela y contribue naturellement.

Je terminerai par les perspectives de la recherche. Nous avons en 2005 un dossier qui doit établir la faisabilité de principe, montrer les éléments scientifiques dont nous disposons dans ce domaine. Pour autant, s'il y a eu énormément d'acquis, la recherche ne s'arrêtera pas en 2005. Ne serait-ce que parce que les chroniques de mesures sur de longues durées sont utiles et parce qu'il y a, pour aller plus avant et vers une solution complètement définie et étudiée, encore des études à faire. Nous voudrions souligner que ces études ne seront évidemment pas exactement les mêmes que celles qui ont été faites jusqu'ici. Il faudra passer à autre chose, comme Jean-Paul MINON l'a évoqué : qualification, essais technologiques, reconnaissance à grande échelle, consolidation des données de sûreté. Nous avons encore devant nous tout un travail de recherche, même si, aujourd'hui, la masse des données nous semble considérable en termes de caractérisation.

Je conclurai en revenant sur les progrès considérables réalisés depuis 1991. Les différents exposés à venir permettront de le souligner. À grande échelle, le milieu géologique est bien reconnu avec, évidemment, toute une série de données attendues pour 2005 qui vont permettre d'affiner les mesures et de calibrer tout ce que nous connaissons aujourd'hui. Je souligne le poids donné à la réversibilité et l'ingénierie conçue dans cet esprit. J'insiste toujours sur la mobilisation de la communauté scientifique française et internationale. C'est une rupture décisive par rapport à 1991 : avant, le sujet était peut-être un peu confiné dans le cadre d'un certain nombre d'organismes. Aujourd'hui, il est sur la place publique. Il a mobilisé les meilleures équipes et la communauté scientifique française et internationale et est vraiment au cœur des problématiques. Cela nous permet aussi de faire connaître nos travaux et de mettre les éléments recueillis à disposition. Nous pouvons penser que tous ces éléments nous placent

dans une posture relativement optimiste par rapport à la possibilité de produire une évaluation de la faisabilité sous la forme du rapport que nous remettrons en juin 2005 et de celui qui sera remis à la fin de l'année 2005. Je vous remercie.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. JACQ. Comme vous l'avez entendu, nous sommes entrés dans le concret. Nous allons maintenant passer l'Atlantique puisque nous allons entendre le représentant du DOE, c'est-à-dire du ministère de l'Énergie américain, M. John ARTHUR, qui dressera le bilan et évoquera les projets de stockage géologique de déchets radioactifs et de combustible usé aux Etats-Unis.

M. John ARTHUR, OCRWM, DOE, Etats-Unis : Bilan et projets de stockage géologique de déchets radioactifs et de combustibles usés aux Etats-Unis

Merci et bonjour à tous. Je suis Directeur adjoint de l'Office du stockage géologique au sein de l'Office de gestion des déchets radioactifs civils. Pour des raisons de temps, je vous présenterai une version brève de mon travail mais j'ai également une version plus détaillée en format papier que je pourrai vous remettre.

L'organisation que je représente est chargée de conduire des activités définies par la loi sur la gestion des déchets radioactifs de 1982. Cette loi est la base de la stratégie de gestion des déchets nucléaires aux Etats-Unis. Notre mission est de gérer et de stocker les déchets de haute activité aux Etats-Unis ainsi que le combustible usé, et ce en protégeant la santé, la sécurité et l'environnement et également d'une manière qui améliore la sécurité nationale et énergétique et qui obtienne la confiance du public.

Personnellement, je suis chargé des travaux scientifiques et techniques et d'obtenir une licence pour construire et faire fonctionner le centre de Yucca Mountain dans le Nevada. J'apprécie aujourd'hui l'occasion qui m'est donnée de participer à cette audition publique. Les Etats-Unis et la France partagent un engagement, celui de la sécurité et de la santé et de la qualité de l'environnement dans le cadre d'une politique à long terme de gestion des déchets nucléaires. Pour nos deux pays, la participation du public est fondamentale tout comme l'est le fait de mener des recherches scientifiques de haut niveau. Aux Etats-Unis, il y a eu des milliers d'études scientifiques et des centaines d'auditions publiques avant que l'on puisse recommander le site de Yucca Mountain en 2002, site qui servirait dès lors pour le stockage géologique. C'était donc un effort fabuleux et je dois reconnaître dans ce cadre que nous sommes finalement relativement chanceux, puisque Yucca Mountain est le deuxième centre de stockage géologique. On a déjà mentionné tout à l'heure le premier de ces centres de stockage, à savoir le WIPP, dans l'état du Nouveau Mexique, qui fonctionne aujourd'hui depuis avril 1999.

La fonction essentielle du WIPP est la gestion des déchets à activité moyenne issus des programmes militaires. Au cours des 5 dernières années, nous avons réceptionné plus de 3 200 colis de déchets qui ont en quelque sorte « voyagé » sur plus de 5 millions de kilomètres. Cette installation prouve qu'il est possible d'avoir un centre de stockage géologique qui obtienne un soutien massif de la part du public et des élus. Un certain nombre des leçons que nous avons pu tirer dans le cadre de ce premier centre vont s'appliquer à Yucca Mountain. Nous allons continuer à encourager la participation du public et nous allons également observer de très près le fonctionnement et la procédure en cours en France dans la définition d'une stratégie à long terme.

Yucca Mountain se situe dans l'Etat du Nevada, au sein d'une large superficie de terrains fédéraux située à environ 145 kilomètres de Las Vegas. Il s'agit d'une zone désertique et la montagne se trouve dans un bassin hydrologique fermé, ce qui fait qu'il n'y a pas de flux d'eau en direction ou provenant de centres peuplés. C'est un site extrêmement bien connu : au cours des 20 dernières années, un nombre

important de tests et d'expériences ont été menés qui font que nous en avons une compréhension géologique approfondie.

Le centre de stockage géologique à Yucca Mountain, représentera concrètement 66 kilomètres de tunnels situés à environ 300 mètres au-dessous de la surface et au-dessus des ressources aquifères. Les colis radioactifs seront entourés de métaux très robustes qui contiendront à la fois des combustibles usés et des déchets radioactifs de haute activité. 90 % de la capacité sera dévolue aux déchets de nature commerciale, le reste étant consacré à des déchets de nature militaire.

Notre stratégie a été influencée par deux considérations fondamentales : la réversibilité et le stockage direct du combustible. D'autre part, le projet est de maintenir l'ouverture de Yucca Mountain pendant 300 ans ce qui permettra en cas d'évolution, que ce soit au niveau économique, technique ou politique, d'avoir éventuellement accès à ce site. Ce sont donc les générations futures qui décideront éventuellement de la fermeture du centre de stockage.

De nombreux scientifiques de par le monde étudient la possibilité de convertir certains éléments du combustible usé en formes moins radioactives : c'est la transmutation. Je sais que la séparation et la transmutation forment l'un des axes de la stratégie de gestion des déchets nucléaires en France. Il s'agit d'un domaine à fort potentiel, à la fois économique et social. La transmutation ne fait pas aujourd'hui, aux Etats-Unis, partie de la politique de gestion des déchets. Le ministère de l'Énergie poursuit cependant des recherches dans ce domaine pour tenter de mieux comprendre le potentiel de cette possibilité. Des efforts sont d'ailleurs menés en collaboration avec le CEA. Il est important de comprendre que la transmutation permet bien sûr de réduire les volumes de déchets hautement radioactifs mais qu'il y aura, dans le même temps, toujours besoin d'avoir recours au stockage géologique. C'est la raison pour laquelle nous pensons qu'il faut continuer dans nos avancées au niveau de ce stockage géologique. Je crois que nombreux sont les domaines dans lesquels chaque pays peut apprendre des autres et de leur expérience. Les Etats-Unis ont fait beaucoup d'avancées dans le stockage permanent des déchets nucléaires.

La loi sur la gestion des déchets nucléaires a défini un processus pour l'ensemble du développement de ce centre de stockage. Un certain nombre d'étapes de recherche, de recommandation, d'approbation ont été définies et franchies en 2002. Il y a eu les recommandations du secrétaire à l'énergie, des auditions publiques et, fait rarissime, la possibilité pour l'Etat du Nevada de signifier son désaccord avec les recommandations présidentielles. Finalement, le Congrès s'est prononcé à une très large majorité en faveur du site de Yucca Mountain.

En 2004, un certain nombre de recours ont été formulés concernant divers aspects du processus de recommandation de site. Cependant, à une exception près, les tribunaux ont suivi les actions menées par le Gouvernement fédéral, estimant donc que le processus était constitutionnel. Ces recours avaient en fait été prévus dès le départ. Ce n'est pas une surprise et finalement une bonne chose pour un sujet aussi sensible : avec cet examen d'organes indépendants, on favorise le soutien du public. L'exception dont j'ai parlé précédemment concernait un jugement émis par les cours à propos des normes de radiation du stockage géologique telles que définies par l'EPA, l'Agence de protection environnementale. Il a été reproché à l'EPA de ne pas avoir correctement établi la période durant laquelle la radiation devait être régulée. Au départ, l'EPA avait pensé prendre comme marge de temps une période de 10 000 ans. Mais la cour d'appel lui a demandé d'étendre cette période jusqu'à ce que la dose maximale d'émission soit couverte, c'est-à-dire entre 350 000 et 450 000 années, en d'autres termes 35 fois la durée écoulée depuis que l'homme a inventé l'écriture.

Aujourd'hui, il faut déterminer le degré de protection nécessaire pour l'avenir, y compris très loin dans le futur. Cette décision de la cour concernant les normes a engendré un retard dans la mise en place du programme mais n'a pas pour autant constitué un obstacle majeur pour le développement futur. Aujourd'hui, le département de l'énergie est chargé de s'assurer que ces normes de radiation et la protection de la santé, de l'environnement et de la sécurité sont assurées. L'objectif est désormais de faire une demande de licence. Elle devait à l'origine intervenir en 2004, mais le calendrier a dû être révisé. Une fois que la demande de licence aura été formulée, la procédure d'acceptation et de délivrance ou non durera 3 à 4 ans. De nombreux acteurs vont participer à cette procédure d'acceptation ou non, parmi lesquels on retrouve l'Etat du Nevada et l'ensemble des parties prenantes à l'échelle nationale, régionale et locale.

En plus de cette procédure de licence, nous travaillons également sur les systèmes de transport des déchets qui se trouvent à ce jour dans 125 sites répartis sur 39 Etats du territoire américain. Pour cela, nous projetons de mettre en place une ligne ferroviaire de 480 kilomètres pour relier les principaux sites et le Nevada, centre du stockage géologique. Au cours des années à venir, l'Office des transports apportera son aide technique dans ce domaine. Il faudra que le financement soit accru dans le futur par rapport à ce qui a été fait dans le passé. Le financement à long terme d'un centre de stockage est un problème que le Gouvernement a cherché à résoudre au cours des dernières années. Il y a des difficultés mais nous nous sommes engagés à résoudre le problème des déchets aujourd'hui plutôt que de laisser la solution ou la recherche d'une solution aux générations futures.

Il me semble qu'en France, la politique de l'énergie a été formulée autour de trois éléments clés : la sécurité de l'approvisionnement énergétique, le respect de l'environnement et l'attention portée à la gestion des déchets radioactifs.

Je crois que ce sont des éléments qui nous réunissent. Aux Etats-Unis, nous avons fait face à ce défi avec le programme de stockage des déchets. Nous avons l'objectif de défendre l'environnement à travers une politique énergétique durable. Nous avons aussi œuvré en faveur de notre sécurité nationale à travers un système de stockage des déchets ou du combustible usé issu de sous-marins nucléaires. Nous sommes également en train d'aider à rendre le monde plus sûr en acceptant les combustibles qui nous sont livrés par d'autres pays dans le cadre de recherches menées de par le monde.

Je crois personnellement que ces défis qui nous font face dans le cadre d'activités nucléaires nécessitent un effort à l'échelle planétaire. Je voudrais, dans ce cadre, souligner à quel point j'apprécie les efforts de coopération menés avec l'ANDRA et avec les programmes finlandais et suédois. Je voudrais également vous remercier de m'avoir donné l'opportunité de m'exprimer devant vous.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci de ce tableau fort complet de ce qui se fait aux Etats-Unis, lesquels sont, je le rappelle, un acteur important du nucléaire civil. Ils exploitent le plus important parc de réacteurs, presque deux fois plus important que le parc français. Nous disposons maintenant d'une vingtaine de minutes pour les échanges avec les participants, avant de marquer une pause. Je vous demande de centrer vos interventions sur ce qui a été évoqué jusqu'à présent, sachant que les intervenants peuvent naturellement dialoguer entre eux et s'interpeller les uns les autres.

Débat avec les participants

Mme Monique SENÉ, GSIEN

Durant l'exposé de M. JACQ, j'ai relevé qu'il n'avait pas été question d'un rapport qui vient d'être remis au CLIS et qui a évalué le programme de recherche de l'ANDRA. Ce rapport donne un certain nombre de pistes pour montrer que ce programme n'est pas suffisamment complet pour, même maintenant, pouvoir évaluer la faisabilité d'un stockage. Le laboratoire n'a pas prévu un certain nombre de recherches très importantes, en particulier sur l'EDZ, déterminante pour la sûreté d'un stockage. Il y a également toute une série d'éléments qui ne sont pas pris en compte sur la paléogéologie. Dans l'ensemble, l'équipe américaine qui a examiné le programme de recherches constate que, si des facteurs ont bien été pris en compte par l'ANDRA, toute une série de choses doivent être améliorées. Je souhaiterais donc avoir l'avis de l'ANDRA sur ce sujet.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je vous propose de prendre encore deux questions.

M. Francis SORIN, Revue générale nucléaire

Je voudrais enchaîner sur l'intervention qui vient d'être faite concernant ce rapport américain. Je me suis quelque peu intéressé à la question et j'ai essayé de voir qui était l'équipe à laquelle ce rapport avait été confié, quelle était cette association. Je suis tout simplement allé sur son site Internet et j'ai constaté avec une certaine surprise qu'il s'agissait d'une association antinucléaire prônant, dans le manifeste qui ouvre son site, la sortie du nucléaire et l'impossibilité de stocker des déchets radioactifs dans des conditions de sûreté satisfaisantes. Je ne sais pas d'où provient la décision mais je m'étonne que l'on ait confié un rapport destiné à évaluer les travaux menés par l'ANDRA à une association qui prône ouvertement – et c'est son droit le plus strict – la sortie du nucléaire et qui décrit cette énergie comme quelque chose de « *malfaisant* » et de « *diabolique* ».

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne

Nous entrerons dans le détail cet après-midi avec le directeur scientifique de l'ANDRA, mais il n'empêche que je souhaiterais dès à présent dire que le creusement des puits et autres galeries engendre en périphérie une fissuration voire une fracturation qui peut atteindre le tiers du rayon de la zone d'excavation. Qu'en sera-t-il par rapport à cette immense carrière qui doit éventuellement être creusée à 500 mètres sous terre et dont on sait aujourd'hui qu'elle s'étendra à la fin sur 3 200 hectares ? Contrairement à ce que nous disait l'ANDRA pour « faire passer la pilule » dans les années 1990-1995, ce n'est pas le volume d'une piscine qui sera utilisé pour éventuellement enfuir les déchets radioactifs. Aujourd'hui, nous disposons d'un plan fourni depuis déjà deux ans par l'ANDRA dans le dossier « Argile 2001 ». Si vous prenez son échelle, vous constaterez que ce stockage mesurera 6 600 mètres sur 5 400 mètres et atteindra une hauteur prévisible de 10 à 30 mètres. Je crois qu'il faudrait que les gens prennent bien conscience que ce n'est vraiment pas une piscine ; qu'il y aura effectivement une zone de fracturation autour des creusements ; que cette zone devra être, si l'on peut dire, agrandie de façon à pouvoir y apporter de la bentonite voire de l'argile venant d'Espagne. C'est un peu un cri d'alarme. Je considère pour ma part que la zone EDZ engendre un comportement réhabilitaire pour la suite de cette opération d'enfouissement des déchets.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

J'invite M. JACQ à réagir à ces questions. J'ai ensuite noté les demandes d'intervention de Messieurs BOUZON et DOSÉ.

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA

Je vais essayer d'être aussi précis et aussi succinct que possible.

Sur la genèse du rapport de l'IEER, je ne rentrerai pas dans de longues discussions. Le rapport a été commandé par le CLIS, il est là, il est ce qu'il est. Il mêle deux choses de nature différente, à savoir une évaluation des résultats acquis et une évaluation des programmes ou des expériences à faire. Se fondant sur les résultats acquis, à savoir le dossier que nous avons produit en 2001, il en a tiré un certain nombre de conclusions qui n'ont pas, à ce jour, été rendues, puisque nous n'avons pas rendu de dossier en 2005.

Si l'on prend maintenant les recommandations du rapport, elles sont parfaitement inexactes. Pardonnez-moi d'être factuel : il n'y a rien dans le programme de l'ANDRA sur l'EDZ. C'est un point que j'ai abordé dans mon exposé et qui consiste à se poser la question suivante : si l'on creuse la roche, est-ce qu'on l'abîme ? Cette question n'est pas spécifique au site de Haute-Marne. Je vous rappelle que Jack-Pierre PIGUET, le Directeur du laboratoire, est l'un des spécialistes français de la géomécanique et de ces questions. Croyez-moi : nous n'avons pas attendu l'IEER, même si toutes les suggestions sont bonnes à prendre, pour savoir qu'il fallait regarder l'EDZ. C'est l'un des points centraux de notre travail et de la coopération entre l'ANDRA et le CNRS. Le programme existe donc.

En ce qui concerne la paléohistoire, je laisserai Patrick LANDAIS répondre cet après-midi. Il est aussi l'un des spécialistes français du domaine et pourra parler plus savamment que moi du sujet.

À ce jour, deux tiers à trois quarts des recommandations du rapport de l'IEER ont déjà été mis en œuvre dans le programme de recherche de l'ANDRA. Pour les autres, et c'est peut-être là où nous péchons un peu, j'ai l'outrecuidance de dire qu'elles ne nous semblent pas pertinentes. Nous sommes prêts à en discuter et à expliquer pourquoi. Pour l'EDZ, sur la partie qui serait intimée autour de la galerie et pour répondre à M. COLLIN qui indique, à juste titre, que le risque maximum serait d'un tiers du rayon d'après les modélisations, je rappelle que le rayon du puits est de 3 mètres. Un tiers du rayon équivaut donc à 1 mètre. La couche d'argile mesure entre 130 et 150 mètres, donc il faut remettre les choses en perspective. L'autre point extrêmement important est que cette zone peut tout à fait exister. Nous en sommes bien conscients puisque nous l'étudions. Ce qui compte, c'est d'en évaluer l'ampleur. Cela s'est fait avec nos premières mesures sismiques dans la niche, qui ont montré que cela ne dépassait pas la quinzaine, voire la vingtaine de centimètres. Cette zone est donc apparemment extrêmement faible. La seconde question, au-delà de l'existence de l'EDZ, est celle de ses propriétés : a-t-elle des propriétés dégradées par rapport au reste de la roche ? Nous avons déjà effectué des mesures qui ne semblent pas montrer que cela se dégrade beaucoup, mais il y aura encore des mesures à venir.

J'en terminerai avec la dernière question de M. COLLIN, celle de l'emprise, de la taille du stockage. Pour clarifier les choses, je n'ai personnellement jamais parlé de « piscine olympique ». C'est l'image qui est utilisée pour l'entreposage des déchets à La Hague. On n'a jamais dit que cela ressemblerait à une piscine olympique une fois mis en stockage. Le problème est très simple : vous ne pouvez pas mettre beaucoup de déchets chauds concentrés au même endroit. Vous êtes donc obligés de diluer dans l'espace. Cela étant, je renvoie quand même à une considération de pur bon sens : par rapport à des questions qui sont trop sérieuses pour être traitées à la va-vite, trop sérieuses pour ne pas prendre le temps, il y a un outil très simple en ce qui concerne la température, c'est de laisser les déchets refroidir. Il nous sera possible de conserver suffisamment longtemps en entreposage un certain nombre de déchets pour savoir comment trouver l'utilisation optimale de l'espace. C'est une question qui est

encore considérablement éloignée du stade actuel de notre travail. Il s'agit d'un travail scientifique et non d'une quelconque installation industrielle qu'il conviendrait d'optimiser ou de gérer au mieux.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci. La parole est à M. BOUZON, puis à M. DOSÉ.

M. Jean-Luc BOUZON, conseiller général de la Haute-Marne

Je suis vice-Président des élus meusiens et haut-marnais opposés à l'enfouissement des déchets nucléaires quel que soit le lieu. J'ai remarqué qu'il y aurait 28 exposés. Pour ma part, je ne monopoliserai que quelques minutes de votre temps précieux car je crois que vous avez beaucoup de choses à dire.

Je commencerai par reprendre les termes de M. MINON. Il est essentiel pour le processus que le débat soit contradictoire. Le scientifique doit avoir la modestie d'écouter ce qui vient de la population avec l'implication forte des citoyens. Je voulais simplement vous parler d'un petit coin de France, le nôtre, notre terre de vie au quotidien. Que nous soyons pour ou contre ce qui risque de se passer ou ce qui ne se produira pas, nous aimons passionnément notre terre et nous refusons qu'elle se transforme en poubelle nucléaire – on peut appeler cela comme l'on veut, ce n'est rien d'autre – d'autant plus que les éléments scientifiques laissent à penser que nous sommes loin de savoir où nous mettons les pieds. La durée de dangerosité de ces déchets est telle que l'on parle de milliers voire de millions d'années. Or les scientifiques nous disent qu'ils ne peuvent garantir que la réversibilité sera éternelle.

M. JACQ a bien de la chance : il est bardé de certitudes. Il a réponse à tout. Ceux qui ne pensent pas comme l'ANDRA ont forcément tort. Je m'excuse, mais ce n'est pas ainsi que je conçois le débat. Je veux bien discuter, mais il faut que l'avis de la population soit pris en compte. Nous nous prononçons donc contre le stockage quel que soit le lieu, en faisant confiance à la science. En tant qu'opposants, nous pensons que les scientifiques trouveront un jour une solution autre que celle de cette espèce de folie humaine qui consiste à enfouir les déchets les plus dangereux au monde à 500 mètres sous terre.

Permettez-moi de terminer mon intervention par les grands absents de ce genre de débat : il a été question d'audition et de démocratie. Les seules à ne pas être auditionnées sont les deux populations haut-marnaises et meusiennes. Je le dis tranquillement aux parlementaires : nous le ferons à votre place. Vous ne voulez pas de la contestation populaire ! Autant je vous accorde que vous avez un avis à donner, autant j'estime que vous devez recueillir celui des 400 000 personnes supposées accueillir cette poubelle nucléaire. Vous ne pouvez pas la leur imposer ! Nous lançons une pétition dans laquelle nous demandons officiellement un référendum sur la question. Et vous finirez par l'accepter, sinon vous aurez 400 000 personnes « sur le dos ». Ce n'est pas ici que se décidera Bure, une telle décision ne peut se prendre sans l'avis des populations. Sinon, cela signifiera que la démocratie nous fait peur. Or je pense que vous avez besoin de vous appuyer sur l'avis de la population. Je vous donne donc rendez-vous dans quinze jours pour le début des hostilités en Meuse et en Haute-Marne.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je veux rappeler que le sujet de l'audition publique d'aujourd'hui n'est évidemment pas une poubelle nucléaire mais la question du stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes.

M. François DOSÉ, Député de la Meuse

J'étais présent et j'ai voté pour la réalisation d'un laboratoire au nom de la contribution que je crois être d'utilité publique. Nous bénéficions en France de l'énergie nucléaire, il nous faut donc assumer la

gestion des déchets. Quand bien même ce serait la plus mauvaise des solutions, s'il n'existait qu'elle, je la prendrais car j'ai, comme tout le monde, des petits-enfants. J'étais conseiller général en 1993, et le Conseil général de l'époque a accueilli ce laboratoire en Meuse en pensant d'ailleurs qu'il était un objet d'expérimentation parmi d'autres. Ceci pose un autre problème, que je n'aborderai pas.

Ma première observation s'adresse à Claude BIRRAUX et à Christian BATAILLE. L'OPECST ne peut pas éliminer les sciences humaines, qui font peut-être aussi partie de cette approche. J'ai maintenant trois questions simples, du moins à mes yeux.

La candidature de la Meuse s'est faite dans la perspective le cas échéant, si cela devait devenir un centre de stockage, que le dépôt soit réversible. À l'écoute des contributions de ce matin, je me suis posé deux questions :

Aux Etats-Unis, j'ai entendu que la réversibilité était de 3 siècles et qu'on verrait après. En France, la consigne est bien de tout mettre en œuvre afin que le stockage soit réversible. J'ai également bien compris les deux réserves apportées, la sûreté et le temps.

À partir de quelle date ne maîtrisons-nous plus le temps ? C'est la question que je voulais vous poser, et notamment à ceux qui ne sont pas de l'ANDRA, non par défiance mais parce que je profite de l'opportunité qui m'est offerte d'avoir d'autres interlocuteurs. Il y a 10 ans, à Mol, on pensait que l'irréversibilité était la sûreté. Aujourd'hui, je pense que le débat en Belgique est peut-être différent.

À la lumière des recherches scientifiques, est-il donc vrai que le temps va avoir priorité sur la réversibilité et que l'irréversibilité est vouée à s'installer *in fine* quoi que l'on en pense aujourd'hui ?

En termes de sûreté, y a-t-il vraiment un écart de contribution ?

En France, nous nous sommes donnés 15 ans. À combien les autres pays en sont-ils pour que la décision soit prise ? 10 ans, 15 ans, 30 ans ? Je vous remercie de me donner ainsi des points de référence que je pourrai, le cas échéant, partager.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

La parole est à M. ARTHUR.

M. John ARTHUR, OCRWM, DOE, Etats-Unis

Le processus de fermeture pourrait avoir lieu dans 300 ans environ. Quant à la durée de vie des opérations, à savoir jusqu'à la fin de la réception des matériaux, il faut compter de 25 à 40 ans, selon les financements notamment. En ce qui concerne les diagrammes que nous avons pu étudier aujourd'hui, nous avons pu voir la robustesse des constructions et de l'ingénierie en sous-sol. Selon nos estimations d'ingénieurs, nous pensons que cela peut-être maintenu en l'état pendant plusieurs centaines d'années. La réversibilité est un aspect important de notre travail.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je veux dire à François DOSÉ qui s'interrogeait sur la réversibilité que le terme figure en toutes lettres dans le texte de la loi de 1991. En ce qui me concerne, je l'ai écrit en toutes lettres dans le rapport de médiation de 1993 que j'avais remis au premier ministre de l'époque, en prenant très clairement position en faveur de la réversibilité.

M. Didier LOUVAT, Directeur de la sûreté des déchets radioactifs, AIEA

Un stockage qui demeurerait ouvert pour des raisons de réversibilité ne s'appellerait plus un stockage mais un entreposage à long terme. À l'heure actuelle, il n'existe pas encore de norme internationale pour ce genre d'installations. Il va sûrement falloir en préparer et c'est d'ailleurs en projet pour un certain nombre de membres de l'AIEA.

En termes de sûreté, la différence entre stockage et entreposage est la suivante : dans un entreposage, l'essentiel de la sûreté porte sur les qualités du colis. C'est ce qui prime dans la mesure où vous vous privez de la barrière géologique offerte dans le cadre d'un stockage. Voilà la grande différence. C'est la raison pour laquelle j'ai dit que la réversibilité n'était pas une question de sûreté dans le cadre d'un stockage. C'est un choix de société ou de Gouvernement.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Vous aurez bien compris que le point de vue de l'AIEA n'était pas celui du rapporteur de l'Assemblée nationale. Nous allons donc pouvoir reprendre nos travaux et je donne la parole à Mme Sylvie JOUSSAUME, Directrice de l'INSU, qui va nous décrire le partenariat scientifique du CNRS et de l'ANDRA pour l'étude des propriétés de confinement de l'argile.

Reprise des présentations

Mme Sylvie JOUSSAUME, Directrice de l'INSU – CNRS : Le partenariat scientifique CNRS-ANDRA pour l'étude du stockage géologique

Le CNRS s'est associé à l'ANDRA pour répondre aux questions scientifiques qui sont soulevées par le stockage géologique profond. Au-delà du traitement des déchets, ces thématiques scientifiques ont d'ailleurs permis de traiter des questions qui allaient bien plus loin avec, par exemple, la datation de microquantités d'eau. Pour ce faire, nous avons mis en place des solutions coopératives de façon à pouvoir mobiliser la communauté scientifique, cette coopération s'entendant sur le long terme. En effet, on ne peut pas répondre à ces questions sans mobiliser la communauté scientifique sur une période assez longue.

L'interaction avec l'ANDRA a été très positive et fructueuse. Elle a permis en particulier la mise à disposition de données, d'échantillons et l'accès à des chiffres que la communauté n'aurait pas pu sinon obtenir. Pour mettre en œuvre cette coopération, il a fallu créer dans les années 90 des groupements de recherche, de façon à promouvoir une recherche amont de haut niveau et à développer des actions pluridisciplinaires voire interdisciplinaires sur des enjeux plus ou moins innovants. Il fallait également prendre garde à ce qu'aucune barrière ne s'installe entre les groupements de recherche afin de pouvoir traiter réellement l'ensemble du domaine d'investigation.

Cette organisation a permis d'assurer une certaine flexibilité et une réactivité vis-à-vis des décisions Gouvernementales. On a pu ainsi opérer une véritable interface entre la communauté scientifique et la décision politique. Il est important également de signaler que ces recherches se sont intégrées au sein de programmes de recherche internationaux ainsi qu'au sein du 6^{ème} programme cadre européen. Ce travail en commun s'est fait toutefois dans un cadre scientifique tout à fait standard et a permis de favoriser la discussion autour de ses résultats.

Le CNRS a émis un programme sur l'ensemble des axes issus de la loi de 1991 et donc sur l'aval du cycle électronucléaire. La première partie en a déjà été présentée la semaine dernière par Michel SPIRO et je mettrai aujourd'hui l'accent sur l'axe 2 concernant le stockage en formations géologiques profondes. C'est ainsi que trois groupements de recherche ont été mis en place : FORPRO (formation géologique profonde avec le CNRS et l'ANDRA), PARIS (physico-chimie des actinides en solution avec le CNRS, l'ANDRA, le CEA et EDF) et MOMAS (modélisation mathématique des modélisations avec le CNRS, l'ANDRA, le CEA et EDF).

L'ensemble de ce programme mobilise chaque année 150 personnes depuis 1997 pour un budget consolidé d'environ 70 M€ dont 40 % environ pour l'axe 2, sur lequel c'est le GdR FORPRO qui a surtout travaillé. Un certain nombre de questions ont pu être traitées et sont encore en cours d'expertise ou d'analyse.

Un des éléments essentiels est notamment de savoir s'il peut y avoir des transferts d'eau ou de solutés qui pourraient disséminer les différents radionucléides entre la barrière géologique (ici l'argile) et le milieu naturel. C'est ainsi que l'on a étudié le transfert des solutés dans ce milieu argileux, sa stabilité, sa composition chimique ainsi que l'origine et l'âge de l'eau qui peut se trouver en milieu calcaire. Dans ce dernier cas, il a fallu mobiliser une technique très innovante, cette eau datant de plus d'un million d'années. Il s'agissait également de comprendre comment l'eau peut circuler dans cet environnement entre l'argile et le calcaire, sachant que nous avons là un peu de circulation mais surtout beaucoup de phénomènes de diffusion.

La réalisation du laboratoire souterrain en vue du stockage des déchets induit elle-même des perturbations mécaniques avec le forage, thermiques par le dégagement de chaleur des colis voire chimiques en cas de dissémination. Il faut dès lors essayer de savoir comment le milieu répondra et faire pour cela de l'imagerie en trois dimensions pour repérer les éventuelles discontinuités et étudier comment une propagation pourrait avoir lieu.

Ce groupement de recherche FORPRO rassemble donc le CNRS et l'ANDRA, qui participe pour moitié au financement (hors coûts de personnel et d'infrastructures). Il a été renouvelé par deux fois et est piloté depuis le début par le Professeur Joël LANCELOT ici présent. Le GdR a ainsi mobilisé 25 équipes, le CNRS ayant travaillé avec l'Université, l'Institut physique du globe et du personnel des grandes écoles. Environ 200 ingénieurs et chercheurs doctorants ou post-doctorants ont été impliqués dans ces recherches dans des disciplines allant des sciences de l'univers aux sciences chimiques et physiques, de façon à pouvoir travailler dans des domaines aussi variés que la géochimie, la géophysique, la pétrochimie, la géomécanique ou la microbiologie. Le budget hors salaires a été de 380 000 €, avec une partie en actions de recherches et équipements et une autre en logistique. Il convient également de souligner la participation d'un programme européen – Near Field Process – pour la somme de 155 000 € par an.

On parlait tout à l'heure de l'EDZ et il s'agit clairement d'un des enjeux scientifiques auquel ce GdR FORPRO s'est attaché. Nous avons commencé par chercher à savoir quelle pourrait être la zone endommagée autour du puits de forage. Grâce au projet européen, nous avons pu passer ensuite en juillet 2004 à une expérimentation sur place au sein du Mont Terri en Suisse.

Qui dit groupement de recherche dit évaluation et il s'agit bien sûr d'un point extrêmement important. Nous sommes ici complètement dans les normes des grands programmes scientifiques avec un conseil scientifique du groupement lui-même, des auditions auprès de la Commission nationale d'évaluation, un examen régulier de la part du conseil scientifique de l'ANDRA, un audit d'évaluation tous les quatre ans des sections du CNRS, des comités d'experts spécifiques qui ont été mis en place au moment des

renouvellements, des articles publiés dans des revues internationales avec un système de *review* ainsi que des comités d'experts entrant dans le cadre du 6^{ème} Programme Cadre. 59 publications sont issues de ces travaux, 22 autres étant signées. Ce GdR a été l'occasion d'un certain nombre de rapports et de huit thèses de doctorat.

Deux autres groupements de recherches travaillent également autour de l'axe 2, l'un (PARIS) étant davantage focalisé sur la physico-chimie du milieu, les échanges d'ions ou la migration des radionucléides. Quant au GdR MOMAS (mathématiques appliquées), il s'est occupé de toutes les simulations nécessaires pour passer de mesures en champs proches à l'échelle de plusieurs centaines de mètres.

Pour conclure, les groupements de recherche qui ont été mis en place ont constitué un cadre ayant permis de répondre aux questions scientifiques soulevées par la loi. Ils ont également favorisé une mobilisation importante et pluridisciplinaire tout en jouant un rôle de structuration des thématiques scientifiques autour de ces enjeux. L'évaluation scientifique qui a été faite est en ce sens très positive. Les GdR ont permis en outre une implication croissante des équipes dans les expérimentations en laboratoire souterrain.

La communauté scientifique a réellement vécu ce partenariat comme une façon de se mettre au service des enjeux de société soulevés par le problème du stockage géologique profond et elle souhaite vivement poursuivre dans cette voie.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci Mme JOUSSAUME. Après le CNRS, nous retrouvons le BRGM avec M. Christian FOUILLAC, Directeur scientifique du BRGM qui, de la même façon, va nous décrire la contribution de cet organisme aux recherches scientifiques et technologiques de l'ANDRA.

M. Christian FOUILLAC, Directeur scientifique du BRGM : L'expertise scientifique autour des expérimentations du laboratoire de Meuse / Haute-Marne

Mon exposé portera principalement sur le fonctionnement du comité d'orientation et de suivi du laboratoire souterrain de Meuse / Haute-Marne, dont je suis un des membres. Je vais donc m'efforcer de vous apporter un certain nombre d'informations sur l'expertise scientifique mise en place par l'ANDRA autour des expérimentations du laboratoire de Meuse / Haute-Marne et au travers du comité d'orientation et de suivi.

Comme l'a montré tout à l'heure M. JACQ, d'autres organismes existent et mènent leurs propres travaux et le comité d'orientation et de suivi est l'une des composantes de cette expertise scientifique.

Le comité d'orientation et de suivi (COS) a pour mission d'orienter et de suivre les travaux qui sont menés dans le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne. Il assure auprès de l'ANDRA un rôle purement consultatif, selon le dispositif classique d'un pilotage opérationnel et d'une instance de suivi émettant un certain nombre d'avis. Les experts qui sont membres de ce comité s'expriment normalement dans leur domaine de compétence mais il peut arriver que des interventions ou des remarques portent sur des questions de forme, de structure, de logique ou de lisibilité des documents qui sont expertisés.

Le comité est constitué de 13 membres français et étrangers issus du monde académique et des grands organismes de recherche. Tous les membres s'expriment en leur nom propre et leurs commentaires n'engagent en aucune façon l'organisme qui les emploie par ailleurs. Le comité couvre tous les domaines de recherche impliqués par le programme expérimental du laboratoire souterrain :

sciences de la terre, chimie des solutions, instrumentation en ouvrages souterrains. Les spécialités de sciences de la terre sont elles-mêmes nombreuses puisque nous avons là des géologues, des géophysiciens ou des experts en géomécanique, en géochimie, en hydrogéologie et en minéralogie.

Sur le fonctionnement proprement dit, le comité se réunit périodiquement et en fonction de l'avancement du programme de recherche, 17 réunions se sont tenues entre 2000 et 2004. Le comité évalue toutes les phases opérationnelles depuis la reconnaissance de surface jusqu'aux expérimentations dans le laboratoire souterrain. Outre les rapports fournis, des exposés sont faits régulièrement sur l'avancement des travaux par le directeur du site ou le directeur du programme et nous sont présentés lors des réunions périodiques. Nous avons eu également la possibilité de visiter les ouvrages souterrains au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

L'évaluation qui est demandée au COS va de la conception de l'ensemble des programmes (nature des forages, technologies utilisées) aux expériences et aux mesures. Il intervient donc dès l'amont mais aussi jusque dans l'interprétation des résultats apportés par les équipes qui sont en charge de ces recherches.

Le comité travaille sur les documents que l'ANDRA lui fournit et qui sont remis avant les réunions. C'est ainsi que dans les cinq années écoulées, nous avons eu plus de 70 documents présentés pour expertise. Nous recevons bien sûr les informations nécessaires sur la politique scientifique et les objectifs de la recherche en lien avec la loi de 1991. En ce sens, nous avons reçu des exposés du directeur scientifique de l'ANDRA, de ses adjoints et de ses collaborateurs. En cinq années de travail, le comité a eu l'occasion d'émettre environ 160 avis écrits. Une synthèse est réalisée annuellement sous forme de bilan.

J'ajouterai ensuite quelques commentaires personnels sur la façon dont le membre que je suis appréhende le fonctionnement du COS.

En premier lieu, l'organisation matérielle est tout à fait efficace mais comme dans tous les travaux de comités, il est assez difficile de concilier les emplois du temps de 13 membres et le calendrier normal qui est, lui, imposé par le déroulement opérationnel du projet. Par ailleurs, l'exhaustivité des éléments nous conduit parfois à avoir un volume considérable d'informations à expertiser, le tout dans un calendrier contraint par le déroulement des opérations. Heureusement, chaque expert se concentre sur le domaine de compétence qu'il porte et nous parvenons ainsi à synchroniser l'avancement de nos travaux avec les exigences opérationnelles.

Les travaux se déroulent dans une ambiance de complète liberté. C'est ce que voulait au départ l'ANDRA et les experts le ressentent également de leur côté de cette façon. Preuve de cette liberté, nous avons eu parfois des débats assez intenses voire acerbes sur tel ou tel point d'interprétation et tout se passe donc comme il est de règle dans les comités d'expertise scientifique de tous les grands programmes internationaux. À ce titre, les experts ont le sentiment d'apporter une contribution utile puisque leurs remarques ont donné lieu à des révisions de documents et parfois même à des modifications de protocoles expérimentaux. Elles ont également généré un certain nombre de demandes de travaux complémentaires, qui ont donc été soumises à l'arbitrage de l'ANDRA.

La présence de scientifiques étrangers, les informations régulières que nous recevons sur les travaux du Mont Terri et de Mol, enrichissent régulièrement les avis émis par les membres du COS. Le BRGM est lui-même habitué à travailler au sein de programmes européens, avec en outre de nombreux programmes de recherches qui sont focalisés sur l'appui aux politiques publiques. Je puis donc témoigner que le fonctionnement du comité d'orientation et de suivi est strictement conforme à ce que

l'on peut rencontrer par ailleurs dans les comités d'expertise des grands programmes scientifiques internationaux.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. FOUILLAC. Je donne maintenant la parole à M. LALIEUX de l'ONDRAF. Tout à l'heure, M. MINON nous a fait part d'une vision internationale. À présent avec M. LALIEUX, nous allons parler des recherches et des projets de la Belgique pour le stockage géologique des déchets radioactifs de faible ou haute activité.

M. Philippe LALIEUX, Manager du programme de dépôt profond ONDRAF : Les recherches et les projets de la Belgique pour le stockage géologique des déchets radioactifs à vie longue

J'indique au préalable que cet exposé a été préparé avec l'aide du centre de recherches de l'énergie nucléaire à Mol, partenaire clé de notre programme de recherche et développement. Je voudrais également remercier l'Office parlementaire pour l'intérêt qu'il porte à ce programme et pour l'occasion qui m'est offerte d'en parler ici aujourd'hui.

L'ONDRAF est un organisme public créé en 1980 en vue d'assurer la gestion de l'ensemble des produits radioactifs sur le territoire belge. Il ne s'agit donc pas simplement de gestion à long terme. Le centre de recherches de l'énergie nucléaire est une institution bien plus ancienne puisqu'elle a été créée en 1952. Au milieu des années 70, le centre fut l'initiateur de la recherche en matière de stockage géologique en Belgique et dans ce cadre, son attention s'est directement focalisée sur les formations argileuses présentes dans tout le sous-sol du nord-est de la Belgique et en particulier sous ses installations. Les incertitudes d'alors quant à la possibilité de creuser des installations souterraines dans une argile meuble peu indurée à 200 mètres de profondeur ont été telles qu'une des premières priorités du centre a été la création d'un laboratoire souterrain. Ceci explique la présence d'un tel équipement très tôt et pour ainsi dire dès les prémices du programme belge.

Les déchets dont il est question ici ont des volumes relativement limités de l'ordre de 10 à 13 mm³ selon que l'on raisonne en cycle ouvert ou fermé. Il convient de noter la part importante des déchets bitumés de moyenne activité provenant de l'exploitation d'une ancienne usine de retraitement pilote.

À la suite des travaux du centre, la solution de l'ONDRAF pour la gestion à long terme est le stockage géologique au sein de l'argile de Boom. Cette solution a été décrite et évaluée dans un rapport soumis en 2001 à la tutelle de l'ONDRAF ainsi qu'à un audit international sous l'égide de l'AEN. Il est important de noter que l'ONDRAF se trouve actuellement dans une phase de recherche et développement méthodologique visant à confirmer qu'une solution sûre pourrait exister en Belgique et ce sans préjuger du site de mise en œuvre.

Contrairement à ce qui se passe pour plusieurs autres programmes nationaux qui sont présentés aujourd'hui, la Belgique n'a pris pour l'instant aucune décision formelle en faveur du stockage géologique, sachant que nous manquons également d'un cadre réglementaire spécifique au stockage profond.

Vous comprendrez dès lors que l'ONDRAF accorde une importance toute particulière à un dialogue sociétal. De ce dialogue, dont nous ne pouvons bien sûr préjuger des résultats, nous espérons cependant une légitimation du processus décisionnel et de la solution de référence, la prise en considération des valeurs et des demandes des parties prenantes – y compris dans les sujets de recherche et développement à traiter – et à terme, l'acceptabilité d'un site qui soit reconnu tant au niveau local, régional que national.

On l'a dit, la conception d'un stockage souterrain se fait selon une approche systémique qui combine des barrières ouvragées et des barrières naturelles sur un site défini. Le système de stockage doit assurer une série de fonctions de sûreté en fonction de l'évolution de la chronologie des conditions de ce stockage.

Pendant la période correspondant à la phase thermique du dépôt – qui est une phase relativement courte de quelques centaines voire de milliers d'années – il est important d'assurer le confinement physique des déchets de manière à éviter toute migration de radionucléides. Dans notre cadre, ce confinement physique est assuré par le super-conteneur. Dans une seconde phase d'évolution du dépôt et après sa fermeture (c'est-à-dire jusqu'aux alentours de 10 000 ans), il importe de garantir une bonne résistance à l'oxydation des déchets et cette résistance est assurée par les matrices, qu'elles soient vitreuses ou de type UO₂. Il est à noter cependant que dans notre stratégie, aucune fonction de sûreté n'est assurée par les matrices de déchets moyennement actifs (bétons ou bitumes). À plus long terme enfin (la réglementation belge ne prévoit pas de cut-off) c'est la formation haute qui doit assurer un maximum de retard par diffusion et absorption de la migration des radionucléides vers la biosphère.

Il est à noter que dans le cas belge, les performances de l'argile de Boom et de la formation haute sont telles qu'à long terme, elles dominent totalement les performances de toutes les autres matrices, c'est-à-dire qu'une variabilité sur la durabilité du verre ou de l'UOx (par exemple) ne change rien à la situation finale.

Le confinement physique serait donc assuré par un super-conteneur créé en surface et qui combine autour de canistères COGEMA ou de combustibles usés un *over-pack* en acier au carbone massif et du béton. L'avantage d'un tel super-conteneur est qu'il constitue une barrière radiologique permanente : nous n'avons donc pas besoin de manutention robotisée en profondeur. Vous remarquerez aussi que les galeries sont toutes revêtues de claveaux de béton pour les fermer le plus rapidement possible, ce qui permet une restructuration et une cicatrisation de l'argile dans la zone perturbée.

Cette installation serait située au sein de l'argile de Boom, argile peu indurée (donc meuble) qui a elle-même été déposée il y a environ 35 millions d'années. Cette argile se caractérise par une alternance silt/argile et par une assez forte teneur en matières organiques peu évoluées ainsi que par une forte teneur en eau (aux alentours de 20 %), sachant que cette eau est totalement immobile car liée au squelette argileux.

Après 25 ans de recherches et principalement en laboratoire souterrain, nous pouvons avoir une confiance assez importante quant aux réponses apportées en matière de microvariations litho stratigraphiques à l'échelle d'une dizaine de kilomètres. Le transport des solutés est contrôlé par la diffusion, la géochimie favorise une faible solubilité radionucléique. La capacité de rétention est élevée du fait de la présence de minéraux argileux et d'une matière organique qui est principalement immobile.

Toutefois, malgré 25 années de recherches nationales et internationales, il reste encore à lever une série d'incertitudes avant de pouvoir confirmer l'absence de risques réhibitoires, tant d'un point de vue phénoménologique que sur la compréhension et la faisabilité de l'installation. Parmi ces grandes incertitudes, on peut noter les perturbations induites dans l'argile de Boom. En effet, les performances remarquables de cette argile et son usage de barrière impliquent que l'on limite au maximum les perturbations qui pourraient y être apportées. Le creusement de la galerie de liaison nous a montré que l'on pouvait limiter les perturbations créées par le creusement. Nos soucis vont plus désormais sur les aspects thermiques – d'où l'importance du test PRACLAY que nous allons démarrer sous peu, in situ et à grande échelle – ainsi que sur les aspects de fronts chimiques (fronts d'oxydation, fronts de nitrates et fronts alcalins).

L'évolution du confinement physique et de la passivation des aciers pendant la phase thermique est également un souci auquel nous devons faire face, de même que la faisabilité industrielle avec maîtrise des coûts, qui n'a pas été regardée très en détail jusqu'à présent. Un autre problème tient dans la gestion des connaissances sur une très longue période puisqu'il s'agit ici d'une centaine d'années voire plus.

Le laboratoire souterrain de Mol joue un grand rôle dans la levée de toutes ces incertitudes. Dans ce cadre-là, un groupement d'intérêt économique nommé EURIDICE a été réalisé entre le centre sur l'énergie nucléaire et l'ONDRAF pour l'extension et l'exploitation des laboratoires souterrains. Ce travail direct entre les scientifiques en charge de la recherche et les gestionnaires du programme s'est montré extrêmement efficace et utile, notamment dans la préparation de l'expérience PRACLAY.

Le laboratoire souterrain de Mol est une installation relativement modeste avec des galeries d'une longueur maximale de 200 mètres. Ce laboratoire se caractérise par une approche extrêmement progressive puisqu'il a commencé à être creusé au début des années 80 et que les dernières installations datent du début des années 2000. Cette approche progressive correspond en fait à la confiance accrue dans le comportement géomécanique de l'argile de Boom et dans la faisabilité industrielle du creusement. Il faut savoir que les premiers creusements ont été faits sous congélation totale du massif argileux alors que la galerie de connexion a été réalisée quant à elle selon les méthodes industrielles classiques.

Une autre particularité de ce laboratoire est la possibilité offerte de travailler avec des sources radioactives de forte importance. Plusieurs tests avec tracés radioactifs sont en cours depuis déjà une quinzaine d'années. C'est sur cette base-là que nous avons pu étudier le caractère diffusif de l'argile de Boom. D'autres tests ont une nature beaucoup plus intégrée et plusieurs éléments du système de stockage et leurs interactions y sont analysés. Un exemple typique en est donné par l'expérience CERBERUS, qui a combiné l'analyse du comportement du verre en présence de bentonite, d'argile de Boom avec une source de variation de gamma et un champ thermique. De telles expériences sont des cas relativement uniques au sein des différents laboratoires. Elles permettent en outre d'acquérir un certain savoir-faire dans la manipulation de sources radioactives en souterrain, ce qui n'est pas non plus à négliger.

Les dépenses liées au programme restent relativement modestes. Ramenées en euro valeur 2000, les sommes dépensées entre 1974 et 2002 représentent environ 160 M€. Le programme de recherche et développement actuel représente quant à lui 12 à 13 M€ annuellement, auxquels il faut ajouter les contributions de la Commission européenne dans le cadre des différents programmes-cadre de recherche et développement.

J'en terminerai en vous donnant une idée des jalons et des challenges auxquels l'ONDRAF et ses partenaires devront faire face au cours de ces prochaines décennies. Vous l'aurez certainement noté, il est pour nous fondamental d'obtenir la confirmation institutionnelle de l'option de stockage géologique et ce le plus rapidement possible. Nous pensons y arriver d'ici à 2009 à l'aide d'un document de type *Strategic Environmental Assessment* tel que prévu par les directives européennes. La confirmation de l'absence de risque réhibitoire tant au niveau phénoménologique qu'en matière de faisabilité, se fera quant à elle par étapes avec la remise de deux dossiers à nos autorités de sûreté et de tutelle aux alentours de 2012 et de 2020, la date étant fonction des résultats du test PRACLAY. Il est évident que pour avoir un avis définitif sur l'absence de risque réhibitoire, il nous faut d'abord un site. Nous espérons par conséquent d'ici 2020 la désignation d'un site, après quoi nous pourrons entrer dans une phase d'avant-projet avec des demandes d'autorisations progressives par groupes de déchets, en

premier lieu pour les déchets historiques puis les plus récents, ce qui permettrait dans le meilleur des cas une mise en stockage à partir de 2035. En attendant, M. le Président, je vous remercie encore pour l'intérêt porté à nos travaux.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

C'est nous qui vous remercions de cet exposé, qui nous a proposé un tour d'horizon assez exhaustif de la situation belge. Nous allons maintenant nous rendre en Suisse avec le Docteur Jürg SCHNEIDER de la NAGRA, qui va donc nous parler de l'argile en Suisse.

M. Jürg SCHNEIDER, NAGRA – Suisse : La situation des déchets radioactifs en Suisse

C'est un grand plaisir pour moi que de vous présenter aujourd'hui le cas suisse pour la gestion des déchets radioactifs et tout particulièrement bien sûr le développement du stockage géologique.

Sur la situation du nucléaire en Suisse, nous dénombrons cinq centrales nucléaires pour un total de 3220 MW. Même s'il s'agit d'un programme relativement restreint comparé au cas français, ces cinq centrales fournissent néanmoins 40 % de la production d'électricité suisse. Ce programme part de l'hypothèse d'une exploitation sur 60 ans des centrales actuelles avec ici 3200 tonnes de combustibles usés et 290 tonnes de déchets à haute activité vitrifiés. Nous avons ensuite 4400 m³ de déchets à activité intermédiaire et 80 m³ de déchets à faible activité ou intermédiaires.

S'agissant ensuite des limites juridiques qui se posent en Suisse, nous pouvons faire entrer dans ce cadre-là la révision de la loi sur l'énergie, qui a été adoptée en mars 2003. Cette nouvelle version de la loi va entrer en vigueur le 1^{er} février 2005. L'option nucléaire y reste ouverte. Toujours selon les termes de la loi, le stockage géologique doit permettre la surveillance sur une période de temps prolongée avant une fermeture définitive, ce qui clôt donc la question du devenir des déchets nucléaires pour qui adopte cette solution. Pendant cette période de surveillance, il faut que le retrait puisse s'opérer dans des conditions raisonnables.

Le concept suisse de gestion des déchets nucléaires s'appuie d'une part sur des producteurs de déchets (centrales, domaines du médical, de l'industrie et de la recherche etc.), qui sont eux-mêmes traités après une phase d'entreposage pendant un certain temps. En accord avec la nouvelle loi intervient ensuite l'utilisation du stockage géologique avec deux types de stockages différents pour les combustibles usés et les déchets à haute activité d'une part et de l'autre, pour les déchets à activité faible et intermédiaire.

Je voudrais vous présenter à présent un exemple de la structure d'entreposage ZWILAG. Vous voyez que nous retrouvons ici l'ensemble des types de déchets nucléaires. Cette représentation de l'intérieur de la structure vous montre également là où se trouve l'entreposage du combustible usé et du déchet à haute activité. La capacité d'entreposage est de fait très proche des centrales et aucun problème de temps ne se pose avant le passage au stockage géologique.

Sur la présentation du programme suisse pour la gestion des déchets à haute activité, on vous indique ici que le concept a été lancé dans les années 70. L'idée au départ était de prendre en compte l'ensemble des régions mais l'on s'est rapidement rendu compte que certaines d'entre elles étaient plus pertinentes que d'autres quant à l'accueil de déchets à haute activité. C'est notamment le cas du nord du pays entre les Alpes et le Jura. C'est dans cette région que l'on a trouvé des roches cristallines ou sédimentaires et que l'on a pu lancer des recherches sur ces formations.

Tout cela a donné lieu en 1985 à un projet sur les roches cristallines. Dans le cadre de ce projet, le Gouvernement fédéral a, par ailleurs, attesté la faisabilité technique de cette procédure mais la

suffisance des volumes de roches de ce type pour pouvoir accueillir ce genre de stockage restait encore à démontrer. D'autre part, l'idée avait alors été exprimée que la perspective de prouver l'existence de ce genre de roche était toujours assez difficile. C'est la raison pour laquelle les recherches sur les sédiments ont été intensifiées dans le cadre du projet « *Entsorgungsnachweis* » (ou « faisabilité du stockage »).

L'objectif de ce projet est de démontrer la faisabilité d'un stockage sûr à partir de l'existence d'un site pertinent approprié. Il se base sur la présence d'argile *opalinus* dans le nord de la Suisse. Aujourd'hui, un certain nombre de contrôles sont effectués par les diverses autorités et cette procédure durera jusqu'à la mi-2005. Un processus très large de consultation de la population démarrera ensuite et jusqu'en 2006. Le Gouvernement fédéral pourra alors prendre sa décision.

L'endroit clé se trouve être le tunnel d'emplacement pour les combustibles usés et les déchets à haute activité et qui est à 700 mètres sous terre. Vous voyez également appliqué ici le concept multibarrières et la façon dont il est mis en place dans le cadre de ce projet pour une sécurité maximale. Vous avez ensuite sur la droite une liste des différents systèmes de barrières avec le placement dans des canistères qui sont complètement enrobés de bentonite. La barrière géologique est donc formée par l'argile à *Opalinus* et d'autres types d'argile.

Ce centre de stockage se trouve dans un cadre géologique stable et où il n'y a apparemment pas de conflits de ressources. Ceci permet par conséquent d'assurer les fonctions de sécurité, à savoir l'isolement du déchet vis-à-vis de l'environnement, la décroissance de la plupart des radionucléides et la réduction du relâchement des radionucléides qui subsisteraient. C'est précisément ce qui permet d'avoir des taux d'émission très faibles.

Tout cela nous conduit à la question de l'échelle des temps. Le principe de base pour la Suisse est qu'à aucun moment on ne doit dépasser la dose de 0,1 mSv / an. Sur la radiotoxicité ensuite, nous sommes là sur un ordre d'idées de 10 000 à un million d'années. Il faut également que le centre de stockage permette un confinement efficace des déchets pendant toute cette période de temps. La décroissance de la radiotoxicité de ces différents déchets et combustibles usés fait qu'entre 10 000 et 100 000 ans, la plupart passent sous le niveau de la toxicité naturelle de certains éléments comme l'uranium naturel.

Des recherches spécifiques ont été menées dans le domaine géologique au cours des 25 dernières années. Ces recherches d'essence régionale ont porté sur les roches hautes, l'une sur l'argile et l'autre sur le granit, d'autres encore ayant été menées sur des sites spécifiques. Il faut savoir en outre que nous disposons de données sur la géologie des différentes régions mais qui nous proviennent d'autres sources, par exemple des explorations sur les hydrocarbures. Il convient également de souligner à ce stade l'importance de la collaboration internationale avec par exemple ce qui s'est passé avec l'ANDRA pour Bure en France ou au Mont Terri et dans le cadre de divers projets émanant de l'Union européenne. Nous retrouvons là également l'importance de la mise en place d'une synthèse géologique qui prenne en compte l'ensemble des sources de données afin d'avoir une compréhension cohérente d'un site donné.

Ceci nous amène ensuite à la question de la surveillance et de la réversibilité. L'on peut accéder aux couches les plus profondes du centre de stockage mais la majeure partie de l'espace est déjà fermée ce qui, pour des questions évidentes de sécurité, est particulièrement important. Pendant cette phase de surveillance, il a fallu démontrer par une étude que la réversibilité (c'est-à-dire le retrait des déchets) était encore possible à des conditions raisonnables et cette recherche a été menée avec une grande entreprise suisse qui a par ailleurs participé à la construction du tunnel sous la Manche. Nous avons

ainsi pu prouver que le retrait des déchets était tout à fait réalisable et ce y compris pour les déchets les plus complexes.

Je vous ai bien sûr donné là notre point de vue et notre expérience mais je crois que les cas se rejoignent tous plus ou moins quant aux objectifs à réaliser. Quant à nous, la prochaine étape sera d'obtenir en 2006 un retour de la part du Gouvernement fédéral et nous verrons bien à ce moment-là si ce dernier est d'accord pour dire que nous avons géré ces questions de manière satisfaisante.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci M. SCHNEIDER. Sans plus attendre, je donne la parole au Docteur Siegfried KÖSTER du ministère de l'économie et du travail allemand pour nous parler des recherches conduites en Allemagne sur les conditions de sûreté d'un stockage géologique.

Dr Siegfried KÖSTER, Ministère de l'économie et du travail – Allemagne : Les recherches conduites en Allemagne sur les conditions de sûreté d'un stockage géologique

Je vous remercie tout d'abord très vivement de me donner la possibilité de vous présenter aujourd'hui l'objectif de développement et l'état de la recherche de base concernant le stockage définitif des déchets radioactifs dans des formations géologiques en Allemagne. Ces recherches relèvent la compétence du ministère fédéral de l'économie et du travail, qui s'assure dans ce champ du support de l'office fédéral des sciences de la terre et des matières premières à Hanovre.

Vous savez bien sûr que le Gouvernement allemand veut réaliser la gestion des déchets radioactifs par le stockage définitif dans des formations géologiques. La recherche de laquelle je m'occupe est orientée vers la réalisation et est effectuée normalement sans référence à un site.

Je me permettrai ici de commencer par quelques remarques générales. L'objectif le plus important pour la recherche est de s'assurer des garanties de sûreté après la fermeture de l'installation de stockage définitif. Par conséquent, le choix de la formation géologique dépend de la capacité de la formation à confiner des déchets radioactifs dans la longue durée. Dans le même temps, la construction de plusieurs barrières est estimée nécessaire. Suivant en cela les conceptions énoncées par les scientifiques dans le monde entier, dans la conception de l'Allemagne les barrières sont les suivantes : composition et conditionnement des déchets, emballages, barrières ouvragées de fermeture, formation géologique et formation couverte.

La sûreté à long terme du stockage définitif dans une formation saline est essentiellement fonction de la capacité de confinement de la barrière naturelle de sel et des barrières géotechniques mises en place après l'entreposage des déchets radioactifs. Une des qualités requises pour une formation saline appropriée au stockage définitif des déchets hautement actifs dégageant de la chaleur est la plasticité, qui évite des fissures et permet une meilleure maîtrise de la chaleur produite par la fission nucléaire.

Les études menées sur les intrusions de liquides dans les cristaux de sel gemme ont permis de démontrer que depuis près de 100 millions d'années, le gisement de sel et notamment le massif prévu pour le stockage définitif à Gorleben n'ont pas été altérés par l'action de la nappe phréatique. Comparé à d'autres formations géologiques, le sel gemme pose moins de problèmes techniques pour l'exploitation minière ou le stockage définitif.

Afin de compléter les connaissances en Allemagne et en vue de fournir au public et aux responsables politiques des informations pertinentes et scientifiquement bien étayées, notre pays mène depuis près de 20 ans des recherches sur d'autres formations géologiques dans le but de déterminer leur aptitude à

servir de lieu de stockage. Comme l'Allemagne ne dispose pas de laboratoire souterrain pour faire ses recherches, elle mène ses travaux dans le cadre d'une coopération internationale. En conséquence, les participations de scientifiques allemands dans des projets de recherche à l'étranger se réfèrent aux projets ayant lieu dans des laboratoires souterrains et qui concernent les formations argileuses (Mont Terri, Bure) comme les formations granitiques.

J'aborderai à présent quelques éléments plus spécifiques avec tout d'abord une présentation de l'avancée de nos travaux relatifs aux formations salines en Allemagne. Des méthodes techniques appropriées au stockage définitif des déchets à basse et moyenne activité ont été développées et donnent de bons résultats. Dans la perspective du stockage définitif des déchets hautement actifs, l'effet de la chaleur dégagée et les variations sur les roches ont fait l'objet d'études. Les déchets stockés sont fermement comprimés dans leurs roches du fait de la plasticité du sel gemme, qui augmente avec la température. Les essais ont aussi servi à mettre au point la méthode de stockage et à démontrer la faisabilité du stockage en coquilles avec des déchets vitrifiés hautement actifs mais aussi de conteneurs Pollux avec des combustibles irradiés.

Une analyse de la sûreté à long terme du stockage définitif dans une formation de sel gemme en Allemagne doit également démontrer que même à partir d'un scénario d'entrée d'eau de lixiviation, l'irradiation pour les générations futures restera inférieure à une dose de 0,3 mSv/an. Des recherches approfondies ont été menées pour déterminer le comportement physico-chimique des déchets au contact d'eau de lixiviation ainsi que les processus liés au transport des radionucléides et notamment des actinides durables.

Les études concernant les formations granitiques et argileuses étaient axées sur les points suivants, qui sont d'une importance majeure pour ces formations géologiques :

- prise en compte et mise à l'essai d'instruments et de méthodes servant à caractériser la roche ;
- étude de la circulation de nappes phréatiques dans une roche crevasse ;
- modélisation numérique pour le calcul des phénomènes d'écoulement et de transport à l'intérieur des barrières naturelles et techniques ;
- migration des radionucléides et leur altération sous l'effet de colloïdes et de micro-organismes ;
- évaluation générale.

Au vu des résultats des recherches, le stockage définitif dans des formations géologiques est possible dans des conditions assurées. Des sondages précis sur les sites sont indispensables.

Malgré les avancées réalisées par la recherche dans les années écoulées, il nous faudra faire encore d'autres efforts pour approfondir nos connaissances sur les trois formations géologiques et obtenir un niveau comparable pour certaines recherches sur les formations géologiques granitique ou argileuse qui restent à faire.

Pour atteindre les objectifs de recherche, il faut appliquer la possibilité d'une évaluation scientifique complémentaire et vérifier la sûreté à long terme dans le cadre des procédures d'agrément. Vu la complexité du problème, il convient de développer des stratégies expérimentales et théoriques, par exemple en matière de comportement des métaux lourds mais aussi pour ce qui concerne le changement climatique de long terme.

Pour la modélisation du comportement à long terme du système de stockage définitif, il faut disposer non seulement d'instruments appropriés mais aussi des connaissances nécessaires pour bien comprendre ces phénomènes complexes. Les modèles utilisés pour les calculs appellent une base de données appropriée mais il faut tenir compte aussi des aléas. Il convient même de prendre en

considération certains problèmes spécifiques liés à l'extrapolation de données de laboratoire sur des périodes très longues et des dimensions très grandes.

En résumé, pendant ces dernières années, les connaissances concernant les formations granitiques et argileuses ont pu être améliorées grâce notamment à une coopération internationale intense. Au-delà des connaissances profondes, il reste des questions scientifiques à résoudre pour pouvoir réaliser en site concret le stockage définitif souterrain pour le nucléaire radioactif à haute activité et à vie longue. Je vous remercie de votre attention.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Sachez, Dr Siegfried KÖSTER, que nous sommes tout à fait sensibles à ce que vous ayez tenu à faire votre intervention dans la langue française, ce qui nous a permis de comprendre votre propos sans l'intermédiaire de la traduction.

Je vais donner maintenant la parole à Mme Michèle TALLEC, chef de projet « *conditionnement/entreposage des déchets de moyenne activité et à vie longue* » au CEA, qui va nous parler de la performance à long terme des colis de déchets en condition de stockage géologique.

Mme Michèle TALLEC, chef de projet conditionnement, entreposage, stockage des déchets de moyenne activité et à vie longue – CEA : La performance à long terme des colis de déchets en condition de stockage géologique

Je ferai donc le point des connaissances dont nous disposons aujourd'hui sur les différents types de déchets dont il est question lors de cette audition publique.

Nous trouvons tout d'abord les déchets dits de « haute activité », c'est-à-dire ceux qui représentent l'essentiel de la radioactivité de l'ensemble des déchets nucléaires. Pour la France par exemple, ces déchets entrent pour 96 % de l'ensemble de la radioactivité des déchets nucléaires, y compris ceux de faible et de moyenne radioactivité qui sont aujourd'hui gérés de façon industrielle. Ces déchets correspondent également aux solutions de produits de fission résultant du traitement des combustibles usés et qui comprennent les actinides mineurs et les produits de fission. Ils sont aujourd'hui conditionnés dans des colis de déchets vitrifiés, matrices vitreuses coulées dans des fûts en inox.

Les déchets de moyenne activité à vie longue contiennent des éléments de longue vie qui les empêchent de pouvoir être stockés en surface. Ils représentent quant à eux 3,9 % de la radioactivité de l'ensemble des déchets nucléaires, les 0,1 % restants étant constitués par les déchets de faible et moyenne activité à vie courte. L'essentiel de ces déchets de moyenne activité à vie longue provient des produits d'activation que nous allons retrouver soit dans les structures d'assemblages usées qui ont été irradiées pendant leur vie en réacteurs, soit dans un certain nombre d'éléments qui figurent eux-mêmes dans le cœur du réacteur.

Les autres déchets, qui résultent eux-aussi du traitement des combustibles usés ou du fonctionnement des centrales (traitement des effluents, déchets d'exploitation, résines et filtres etc.), sont immobilisés très classiquement – puisque leur contenu radioactif est peu important – dans des matrices cimentaires ou bitume, matrices qui sont elles-mêmes ensuite placées dans des conteneurs métalliques ou en béton voire désormais le plus souvent en acier inoxydable.

On l'a dit, le problème ici est celui de la longue durée sur laquelle il va falloir évaluer le comportement de ce stockage et de ces déchets. Pour pouvoir déterminer le comportement de cette « *première barrière* », une modélisation empirique ne suffit pas et il faut vraiment comprendre les phénomènes qui

vont régir l'évolution des colis de façon à pouvoir faire de la prédiction. On ne ferait sinon que de l'extrapolation. Le long terme s'entend là au-delà de la dizaine de milliers d'année.

Le système de modélisation pour l'étude du comportement à long terme comporte donc deux étapes qui se trouvent elles-mêmes en itération permanente avec une première étape de compréhension scientifique des phénomènes physico-chimiques (quantification, hiérarchisation de ces phénomènes) permettant d'établir des modèles qu'il s'agit ensuite de valider. Nous les validons bien sûr à partir d'essais sur des échantillons en laboratoires mais ces essais ne peuvent être qu'à court terme par rapport aux échelles de temps qui nous attendent. Nous réalisons également des maquettes à échelle réduite qui simulent des conditions de stockage ou encore des maquettes à échelle 1. Surtout, nous essayons d'étudier des analogues naturels (le verre volcanique par exemple pour le verre nucléaire) ainsi que ce que l'on appelle des analogues « archéologiques ». C'est ainsi que l'on a retrouvé au fond de la Méditerranée des verres qui y avaient séjourné pendant plus d'un millier d'années ou que nous menons un certain nombre d'expérimentations sur le Palais des Papes à Avignon ou sur les arènes de Nîmes.

Ces deux étapes en itération permanente nous permettent d'arriver assez rapidement à des modèles validés, pour lesquels nous prenons bien sûr à chaque fois toutes les marges nécessaires. Nous pouvons de cette façon prévoir le comportement de nos colis à très long terme et en conditions de stockage.

Les déchets d'exploitation tout d'abord sont compactés et bloqués dans le ciment. Il s'agit là de déchets très divers – liquides comme solides – et très peu radioactifs mais qui comportent des radionucléides à vie longue et que nous devons donc traiter spécifiquement. Leur très grande diversité fait qu'il est excessivement difficile de les modéliser de façon générique. C'est pourquoi il apparaît aujourd'hui aussi prudent qu'aisé de considérer que cette matrice que constitue le ciment ou le compactage n'apporte pas de propriétés suffisantes de sûreté. En effet, dès que l'eau va arriver au contact du colis – soit au bout d'environ un millier d'années pour un site argileux – la radioactivité sera considérée comme disponible, c'est-à-dire que ce sont les barrières suivantes qui vont alors se mettre en œuvre.

Pour les radionucléides inclus dans un matériau métallique, à savoir tous les matériaux qui ont été activés pendant l'irradiation du réacteur soit une grande partie des déchets de moyenne activité, on considère de manière globalement conservatrice que le mécanisme qui contrôle le relâchement dans le temps de ces radionucléides sera, là encore, la corrosion du métal. La vitesse de corrosion est bien sûr fonction de la nature du métal et des conditions d'environnement. Aujourd'hui la plus grande part de ces radionucléides se trouve incluse dans les coques des assemblages combustibles ou dans les éléments en acier inox pour les grilles de ces assemblages ou autres éléments de structure. En appliquant par conséquent les calculs de vitesse de corrosion et en gardant, encore une fois, les hypothèses les plus conservatrices, le modèle nous permet de dire que le relâchement des radionucléides s'opérera au bout d'environ 100 000 ans.

S'agissant ensuite des enrobés bitumineux, on inclut ici dans une matrice bitumineuse des sels qui sont insolubles dans ce bitume. Quand l'eau arrivera au contact du bitume, elle va en quelque sorte « solubiliser » la surface de celui-ci et pouvoir le pénétrer. Nos sels vont dès lors reprendre cette eau et gonfler, ce qui va créer une zone perméable autorisant la sortie des sels et donc des radionucléides qui y sont inclus. En adoptant, là aussi, une approche très prudente et en prenant le cas le plus pénalisant, les résultats montrent que 80 % du colis initial est altéré au bout d'environ 10 000 ans, c'est-à-dire qu'à ce moment, ces phénomènes commencent simplement à se mettre en œuvre mais les nucléides ne sont pas encore relâchés dans l'environnement.

Sur les colis de déchets vitrifiés, les radionucléides sont donc vraiment piégés dans la structure même du verre et c'est l'altération lente de celui-ci qui met en œuvre un certain nombre de processus permettant le relâchement de ces radionucléides. Ici, la courbe de vitesse de relâchement est assez rapide au départ mais très vite, on constate la formation d'un gel autour de la matrice vitreuse et qui vient ralentir très notablement l'altération du colis. Les estimations dont nous disposons aujourd'hui font état pour ces colis d'une durée de vie supérieure à 300 000 ans.

Les combustibles usés constituent quant à eux un cas un petit peu plus particulier puisqu'ils ne sont pas – en France en tout cas – considérés comme un « déchet » au sens strict du terme. Il convient ici de distinguer deux parties avec en premier lieu tout ce qui est matériau de gainage et de structures, où l'on se retrouve dans le même cas que pour les radionucléides inclus dans des matériaux métalliques. Là encore donc, c'est la corrosion qui va piloter le relâchement pour un ordre de grandeur avoisinant les 100 000 ans. Pour les pastilles de combustibles ensuite, les radionucléides qui sont bien incluses dans la matrice verront leur relâchement piloté par la dissolution progressive de cette matrice de combustibles. En revanche, la fraction des radionucléides située la plus au bord de la matrice pourra passer en solution dès l'arrivée de l'eau, ce qui ne signifie pas, encore une fois, qu'elle sortira alors immédiatement du stockage.

En conclusion, les phénomènes qui gouvernent l'évolution des colis ont été identifiés et hiérarchisés. Quand cette identification n'apparaissait pas totalement parfaite, on a pris systématiquement les hypothèses les plus pénalisantes. Cette méthode a permis d'élaborer un certain nombre de modèles de performance à partir desquels nous pouvons prévoir le comportement de tous les colis tels que produits aujourd'hui en conditions de stockage. Rappelons à cet effet que la durabilité des verres – qui représentent donc ici 96 % de la radioactivité totale – a été établie comme étant supérieure à 300 000 ans.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci Mme TALLEC de conclure sur ce propos de très long terme. Il est vrai que nous avons parfois tendance en politique à oublier cette notion du long terme mais nous n'avons jamais non plus à travailler sur des perspectives aussi longues que celle-ci.

Nous avons donc fait ce matin un beau tour d'horizon avec un certain nombre de retours d'expériences internationales qui nous ont conduits en Belgique, en Suisse, en Allemagne ou aux Etats-Unis. Il nous restera pour cet après-midi la Suède et la Finlande avec bien entendu entre les deux toute la « palette » des avis et des recherches effectuées en France par les nombreux partenaires ici présents.

Le rôle des rapporteurs que nous sommes n'est pas aujourd'hui de vous délivrer un quelconque message mais d'écouter avec vous toutes les interventions et d'essayer de nous imprégner de ce qui peut être dit. Nous vous enverrons ensuite vers le milieu du mois de mars un rapport dont nous essaierons de tirer la « *substantifique moelle* », pour reprendre une expression jadis utilisée par François Rabelais.

Si nous avons choisi ce mécanisme des auditions publiques, c'est précisément pour associer un maximum de personnes et pour que vous soyez, vous aussi, les témoins de la matière sur laquelle nous réfléchissons actuellement. Il est déjà 13 heures et je propose donc de ne pas ouvrir le débat dès à présent. Je renvoie cet échange au milieu de l'après-midi et vous donne rendez-vous à 14 heures 30 pour la reprise de nos travaux.

APRÈS-MIDI : Présidence de M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie,
Rapporteur

La séance reprend à 14 heures 40 sous la présidence de M. Claude BIRRAUX, député de Haute-Savoie, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

J'invite M. Jack-Pierre PIGUET, directeur du laboratoire de l'ANDRA de Meuse/Haute-Marne à faire sa présentation sur les avancées technologiques mises en œuvre par l'ANDRA pour l'étude des milieux géologiques.

M. Jack-Pierre PIGUET, Directeur du laboratoire de Meuse/Haute-Marne, ANDRA : Les avancées technologiques mises en œuvre par l'ANDRA pour l'étude des milieux géologiques

L'objectif de mon exposé est de présenter quelques-unes des avancées technologiques à vocation scientifique les plus marquantes dans le domaine de la reconnaissance des milieux géologiques et de leur instrumentation.

Ces développements ont été réalisés pendant les quinze années de recherche qui nous précèdent, en particulier dans les laboratoires souterrains, les laboratoires étrangers de Mol et de Mont Terri ainsi qu'à Bure. La démarche qui a présidé à ces développements est principalement de pouvoir disposer des outils qui permettent de répondre aux grandes questions scientifiques qui ont été évoquées par M. JACQ ce matin dans son exposé liminaire. Ces techniques sont pour beaucoup importées d'autres champs disciplinaires, en particulier du domaine d'application de l'industrie pétrolière et minière. Les différents procédés ont été mis au point dans les laboratoires méthodologiques étrangers et, en ce qui concerne les différentes méthodes, nous avons essayé de les évaluer à partir de confrontations entre les résultats obtenus par ces différentes méthodes, indépendantes les unes des autres.

Un premier exemple renvoie à la question scientifique première, qui est celle de la reconnaissance du milieu géologique. Vous voyez sur ce dessin l'illustration des campagnes de forages déviés qui ont été réalisés sur le site de Bure au cours de l'année 2004, qui permettent de traversées horizontales ou subhorizontales dans le Callovo-Oxfordien et des forations très inclinées par rapport à la verticale dans les couches du Dogger calcaire qui sont sous-jacentes au Callovo-Oxfordien, et donc à la couche d'argilite qui est visée.

Ces techniques sont directement inspirées de méthodes fréquemment utilisées par l'industrie pétrolière, avec des originalités qui sont particulièrement intéressantes à noter. La première est que l'on travaille dans des gammes de profondeur beaucoup plus faibles que celles auxquelles sont accoutumés les prospecteurs ou exploitants pétroliers. Nous sommes ici dans une gamme de 500 à 800 m de profondeur. L'autre particularité est qu'une large partie de ces forages a été carottée, avec des prélèvements d'échantillons de roches. En particulier, un forage dans le Callovo-Oxfordien a permis d'obtenir pratiquement un kilomètre de carottes, d'échantillons peu remaniés, qui ont été remontés et qui ont pu être analysés. Ce résultat est très utile pour nos applications.

On voit également que ces forages ont été l'objet d'un très grand nombre d'instrumentations, de mesures de diagraphies, de gamma ray notamment. Grâce au carottage, on a également pu identifier un certain nombre d'objets géologiques qui ont pu être caractérisés. Ces forages ont également été utilisés pour obtenir des résultats intéressants pour nous, comme la connaissance de l'état de contrainte in situ avec un certain nombre de méthodes de fracturation hydraulique ou stimulation

hydraulique. Je ne rentre pas dans les détails, mais je pense que c'est un des premiers résultats intéressants.

Toujours dans cette problématique de reconnaissance géologique, des forages déviés ont été couplés avec des méthodes sismiques à haute résolution qui permettent de localiser avec une grande précision la position des différents horizons géologiques et de connaître l'empilement de ces terrains, conduisant à un géomodèle, une représentation fidèle de la structure géologique grâce aux outils informatiques de traitement des données.

Un autre problème renvoie à la connaissance importante de la perméabilité et de la mesure de charge dans les terrains. La perméabilité est la propriété des géomatériaux qui mesure l'aptitude de l'eau ou d'un autre fluide à se déplacer en son sein. En particulier, ce paramètre permet de connaître la vitesse du déplacement. La figure montre un des dispositifs expérimentaux qui a été mis au point, sachant que la difficulté était dans ce cas de mesurer des perméabilités dans un matériau à très faible perméabilité. Le capteur montre qu'on a pu mesurer la pression de l'eau dans les différents horizons, et en particulier dans l'argilite, avec des perméabilités qui s'avèrent être très faibles. L'une des originalités de ce dispositif est qu'il permet la transmission des mesures sans fil grâce à des ondes électromagnétiques qui partent des capteurs situés à 500 m de profondeur et qui vont jusqu'à la surface. Ce dispositif fonctionne à Bure depuis huit ans. Il s'agit du premier type de capteur, que M. JACQ a évoqué ce matin dans son exposé, qui a été mis en place en 1996. Depuis cette date, des perfectionnements ont été réalisés et il existe aujourd'hui un certain nombre de dispositifs de ce genre en service.

Un autre problème renvoie à la question clé de la perturbation apportée par la création d'ouvrages souterrains et à la connaissance de l'endommagement (EDZ). Celui-ci est un des grands problèmes identifiés par les personnes en charge des études sur le stockage souterrain des déchets radioactifs. La zone endommagée va au-delà de la zone simplement fracturée, bien connue, autour des ouvrages souterrains qui sont à une grande profondeur. Elle englobe une zone microfissurée qui peut avoir la particularité de connaître une perméabilité un peu plus importante que celle de la roche encaissante. Il est donc important d'évaluer à la fois l'extension géométrique de cette zone endommagée et l'intensité de l'endommagement. Pour cela, différentes méthodes ont été imaginées et sont en cours d'application et de développement. Pour l'une d'entre elles, il s'agit de connaître l'extension et l'intensité de l'endommagement en reliant celui-ci à la vitesse de propagation d'ondes de haute fréquence imposées à la roche. La sonde que l'on voit sur la diapositive a été utilisée à Bure par mon collègue allemand du BGR, organisme allemand qui entretient une collaboration de longue date avec les équipes de l'ANDRA. Des essais ont été effectués pour la première fois à Bure dès 2001 dans les puits et sont mis en œuvre actuellement dans la niche. L'extension de la zone endommagée est d'ordre dissymétrique. D'autres procédés permettent de recouper les données obtenues pour avoir une évaluation la plus fine possible de la zone endommagée.

Toujours dans la perspective de caractériser l'histoire géologique de la couche et sa capacité à assurer un confinement efficace, il s'agit de méthodes pour connaître la composition chimique des eaux interstitielles et des gaz dissous. Plusieurs méthodes ont été développées et mises au point de façon très précise au laboratoire souterrain de Mont Terri. L'un des procédés consiste à mettre en circulation une eau synthétique dont la composition initiale est proche de celle de l'eau interstitielle contenue dans l'argilite du Callovo-Oxfordien et de suivre l'évolution de la composition de cette eau à mesure que se mêle l'eau interstitielle. Une deuxième utilisation possible consiste à réaliser des cycles de circulation de gaz neutre (argon), qui permet de connaître la composition des gaz dissous dans l'eau interstitielle en suivant l'évolution de sa composition. Enfin, c'est un procédé qui permet, par prélèvement direct, d'obtenir des échantillons d'eau interstitielle issue de la couche d'argilite en faisant circuler ce gaz avec une composition voisine des gaz dissous, leur composition étant obtenue par le procédé précédent.

L'analyse chimique de ces gaz peut être faite en temps réel grâce à un spectromètre infrarouge qui est fixé avec les lignes de prélèvements. Grâce à la mise au point faite au Mont Terri, ce résultat témoigne d'une intéressante accélération des recherches et de l'obtention de résultats pour le cas du laboratoire de Bure, où ceci est appliqué dans la niche.

Un autre exemple renvoie à une nouvelle question clé, qui est celle du confinement permis par la barrière géologique à côté de l'aptitude de la circulation de l'eau, qui est mesuré entre autres par la perméabilité. Un autre phénomène est à l'œuvre, celui de la migration possible des éléments chimiques par diffusion dans la roche et de leur possible rétention. Le dispositif, destiné à évaluer in situ les coefficients caractéristiques de ce mécanisme de diffusion, a été mis en œuvre avec succès au Mont Terri. Le principe est d'introduire dans une chambre un cocktail de traceurs et de mesurer les concentrations et leur évolution dans la chambre d'injection de manière à pouvoir évaluer la cinétique de diffusion à l'intérieur de la roche. L'étape ultérieure de la mise en œuvre de ces mesures consiste à effectuer un carottage, c'est-à-dire à découper une carotte de roche de diamètre plus grand que celui du trou dans lequel s'est faite l'injection, et d'analyser la composition sur les échantillons ainsi prélevés. Un exemple de cette « grosse carotte » est donné au bas de la figure, avec 35 cm de diamètre.

Pour aller plus près des ouvrages souterrains et pouvoir maîtriser la zone endommagée, des mesures ont pu être effectuées sur le soutènement des ouvrages, sur le terrain qui est directement en contact avec ce soutènement. On voit ainsi la mise au point de méthodes de mesure de convergence ou de rapprochement des parois de la roche, de coulisement des cintres, mis au point sur le laboratoire de Mol et aujourd'hui transposés dans la niche expérimentale de Bure, comme on a pu le voir ce matin dans le film.

Un autre aspect technique sur la réalisation d'échantillons de qualité, de façon à éviter dans les analyses ultérieures l'introduction d'artefacts qui seraient introduits par les conditions de prélèvement, consiste en la mise au point d'un procédé mis en œuvre à Mol également, qui a conduit à l'emploi, systématique aujourd'hui, de cellules où les échantillons sont mis sous une atmosphère de gaz neutre (argon) aux fins d'analyse géochimique, dans le but d'éviter la contamination ou l'oxydation des échantillons au contact de l'air.

Un des derniers exemples illustre la question de savoir comment on peut traiter ou interrompre la zone endommagée autour d'un ouvrage par un dispositif approprié, que l'on appelle un scellement. Les essais ont été réalisés dans le laboratoire canadien dans un matériau différent, le granite. L'objet de ces essais était d'une part d'étudier la faisabilité et la construction de ces barrières avec des briques d'argile gonflantes, et d'évaluer la performance de ce scellement en mesurant les débits d'eau qui les traversent sous différents niveaux de pression.

Des technologies avancées ont donc été développées et adaptées grâce essentiellement aux laboratoires méthodologiques étrangers et mis en œuvre désormais au laboratoire de Bure. Elles ont permis d'obtenir un grand nombre de données sur les quatre grandes questions scientifiques clés qui ont été évoquées ce matin. L'exposé de M. Patrick LANDAIS qui va suivre va insister sur les résultats obtenus par ces différentes méthodes.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. PIGUET. J'invite donc M. LANDAIS à nous dire quels sont les grands acquis de la recherche conduite par l'ANDRA à Bure depuis la surface ou en profondeur.

M. Patrick LANDAIS, Directeur scientifique, ANDRA : Les grands acquis de la recherche conduite par l'ANDRA, à Bure, depuis la surface ou en profondeur

M. Jack-Pierre PIGUET a dressé une liste non exhaustive des moyens techniques et scientifiques mis en place sur le site du laboratoire souterrain, de façon à caractériser le milieu géologique, et en particulier la couche du Callovo-Oxfordien. Aux moyens techniques et scientifiques mis en place sur le site du laboratoire souterrain s'ajoute, comme François JACQ et Sylvie JOUSSAUME l'ont précisé ce matin, un effort de recherche au niveau national et international qui vise à donner un ensemble d'informations techniques et scientifiques concernant le milieu géologique. Je vais essayer de vous faire une synthèse des grands acquis sur la recherche conduite par l'ANDRA à Bure, depuis la surface, dans les laboratoires de surface, et en profondeur, lors du creusement des puits et des premières expérimentations mises en œuvre.

Comme l'a rappelé François JACQ ce matin, un certain nombre de questions essentielles se posent quant au milieu géologique, sur lesquelles nous avons cherché à mobiliser les équipes de l'ANDRA et les équipes de chercheurs français et étrangers, de façon à apporter un certain nombre de réponses. La première question est de savoir si l'on a une bonne compréhension de la géologie, c'est-à-dire du passé et de l'ensemble des événements qui ont amené le milieu géologique que l'on observe à son état actuel. La deuxième est de savoir si au cours de cette évolution la couche d'argile qui nous intéresse, le Callovo-Oxfordien, a gardé ou enregistré des propriétés d'homogénéité et si elle n'a pas été perturbée ensuite par un certain nombre d'événements. En troisième lieu, il s'agit de savoir si la résultante de l'ensemble d'évolutions dans le temps et dans l'espace donne des propriétés à l'argile qui sont favorables sur le plan du confinement des déchets radioactifs. Enfin, comme l'a indiqué Jack-Pierre PIGUET, il convient de se demander si cette couche d'argile présente une aptitude au creusement d'architectures de stockage en profondeur.

La première chose à laquelle il convient de s'intéresser est de savoir dans quel cadre le milieu géologique, et en particulier cette couche du Callovo-Oxfordien, s'est déposé et dans quel cadre il a ensuite évolué. Il s'agit du cadre structural qui a été caractérisé depuis 1994 et a été ensuite confirmé par un ensemble d'études menées par l'ANDRA, en deux ou trois dimensions, en cartographie de surface, mais également à partir de l'ensemble des forages verticaux ou déviés qui ont été réalisés par l'ANDRA au cours de ces années. Ils permettent de définir un ensemble de grandes failles qui entourent le secteur étudié par l'ANDRA et qui sont pour certaines, comme la faille de la Marne ou de Vittel, ancrées dans le socle cristallin, ou dans les sédiments du Bassin parisien. Les différentes phases tectoniques qui ont donné naissance ou permis l'activation de ces grandes structures sont parfaitement datées et correspondent à des grands événements : la surrection des Pyrénées, l'ouverture du fossé rhénan ou la poussée alpine, voici environ vingt-trois millions d'années. Depuis la mise en place de ces contraintes, liées au rapprochement des plaques européenne et africaine, les contraintes sur le secteur sont stables, et en dehors de ces grands accidents, la densité de fracturation est extrêmement faible.

On peut se rapprocher à une échelle qui correspond environ à 4 km² autour du laboratoire souterrain, qui a été étudiée de façon assez précise au travers d'une campagne de géophysique en trois dimensions et qui n'a pas détecté de faille à rejet vertical supérieure à deux mètres. Par ailleurs, François JACQ et Jack-Pierre PIGUET nous ont indiqué qu'un certain nombre de forages déviés ont été réalisés sur le site du laboratoire souterrain et ont permis d'extraire à peu près 1 400 m de carottes de Callovo-Oxfordien. Sur ces échantillons, on a relevé trente-huit microcassures qui sont sans mouvement, sans effet tectonique, et sans influence sur les propriétés hydrauliques. Ainsi, lorsqu'on a mesuré la perméabilité dans des chambres de dix à vingt mètres autour de ces fractures, on n'a trouvé aucune variation par rapport à une argile qui ne présentait pas de microcassure. Par ailleurs, un certain

nombre de ces microcassures sont colmatées par des substrats, ce qui relève d'une formation très précoce qui a eu lieu au moment de la compaction des sédiments.

Il s'agit ensuite de trouver un certain nombre d'arguments concernant l'homogénéité du milieu de dépôt, à différentes échelles. La première échelle se situe au niveau du secteur, avec plusieurs dizaines de kilomètres entre les différents forages qui ont été réalisés. Au travers de l'enregistrement des signaux diagraphiques qui sont réalisés dans ces forages, on est capables de trouver des corrélations très nettes et fiables d'un forage à l'autre, qui permettent de repérer parfaitement l'évolution de la couche, et de montrer que celle-ci a une géométrie simple et non perturbée. On peut ensuite se rapprocher à une échelle métrique, c'est-à-dire à peu près à l'échelle de la carotte, et constater que dans ces carottes, de diamètre relativement important, les variations minéralogiques sont extrêmement limitées. On peut descendre aussi à une échelle moléculaire et observer qu'à ce niveau, le milieu de dépôt est très peu variable. La distribution de produits organiques et dérivés des bactéries évoluant au niveau du milieu de dépôt est constante sur les près de 250 km² constitués par la zone de transposition utilisée par l'ANDRA.

Après ce milieu de dépôt, qui correspond à une sédimentation du milieu marin, peu profond, il y a cent cinquante-cinq millions d'années, on doit s'interroger sur un certain nombre d'événements, chimiques notamment, qui auraient pu perturber ce milieu au cours de son évolution. On peut voir dans l'enregistrement de la composition isotopique du carbone prélevé dans l'ensemble des carbonates du Callovo-Oxfordien que cette composition correspond exactement au domaine marin, c'est-à-dire qu'elle a conservé très précisément l'enregistrement du dépôt du Callovo-Oxfordien il y a cent cinquante millions d'années et que depuis cette date, aucune circulation n'est venue perturber ce signal. J'ai donné l'exemple sur le carbone 13 mais j'aurais pu le donner sur d'autres éléments comme le strontium. Par ailleurs, les reconstitutions géologiques et tout un ensemble d'éléments qui ont été étudiés permettent de dire que la température maximale au cours de l'évolution de cette formation n'a pas dépassé quarante degrés. Enfin, lorsqu'on fait l'observation de l'ensemble des minéraux qui sont contenus dans le Callovo-Oxfordien, on remarque qu'il existe très peu de minéraux qui se sont formés plus tardivement, c'est-à-dire à peu près dix millions d'années après le dépôt de cette formation. Cela montre globalement, avec les autres arguments, que cette roche n'a pas été perturbée après sa mise en place par des circulations qui auraient dissous puis précipité les minéraux.

Nous avons un cadre de dépôt à l'échelle régionale, puis une couche avec ses caractéristiques propres et son milieu de dépôt. À quoi cela conduit-il vis-à-vis des propriétés de cette argile au niveau du secteur ? La première chose, comme l'a signalé Jack-Pierre PIGUET, est que la perméabilité mesurée in situ, dans des centres de 10 à 20 m de longueur, est extrêmement faible. Le schéma de droite montre qu'elle varie de $5,10^{-13}$ à 10^{-14} , ce qui représente des perméabilités extrêmement faibles. Il est très intéressant que les mesures réalisées à une échelle de la dizaine ou la vingtaine de mètres soient tout à fait identiques à celles que l'on peut mesurer sur échantillon, ce qui montre que les mesures, quel que soit le niveau où l'on se place, donnent des résultats identiques. Ceci indique globalement que les déplacements d'eau au sein de l'argile du Callovo-Oxfordien sont très faibles, de l'ordre de quelques centimètres par centaines de milliers d'années. De la même façon, sur l'ensemble des échantillons qui ont été prélevés au sein du Callovo-Oxfordien, les coefficients de diffusion sont extrêmement stables et très cohérents sur l'ensemble de la puissance de la formation, soit sur les cent trente mètres qui ont été investis. Enfin, cette formation, compte tenu de la présence de quartz en particulier, a des propriétés thermiques qui sont convenables.

Pour aller plus loin, il convient de descendre un peu plus à l'intérieur de la roche et essayer de l'observer au moyen des propriétés microscopiques. On approche ainsi la porosité, qui est d'environ 15 %. Dans ces 15 % d'eau contenue à l'intérieur de l'argile, à peu près la moitié est très fortement liée

au foyer argileux qui existe au sein de ces argiles. De plus, les pores sont de très petite taille, en gros 50 nanomètres, parfois moins. Cela correspond à quelques dizaines de molécules d'eau, ce qui est très faible. Ces particules d'argile ont la propriété d'être chargées négativement à leur surface. Ainsi, pour un certain nombre d'éléments naturels, ou éventuellement relâchés par le stockage, comme les anions, elle les repousse, et ce faisant, elle ralentit leur progression par diffusion, à l'intérieur de la porosité de la roche. On peut estimer de cette façon que les maximums de concentration aux limites du Callovo-Oxfordien pour les anions très mobiles, comme l'iode ou le chlore par exemple, n'interviendront pas avant trois cent mille ans.

Une autre propriété de l'argile tout à fait naturelle vis-à-vis des cations, qui sont des solutés présents dans les solutions naturelles, est d'avoir la possibilité d'absorber l'ensemble de ces cations. Si l'on schématise l'effet de cette sorption, on se rend compte que dans le cas très théorique où le cation serait versé sans aucune sorption, c'est-à-dire sans aucune capacité de fixation de l'argile, il mettrait à peu près vingt mille ans pour traverser la couche du Callovo-Oxfordien. Compte tenu des capacités de sorption des argiles présentes dans le Callovo-Oxfordien, plusieurs dizaines de millions d'années seraient nécessaires à ces cations pour traverser le Callovo-Oxfordien.

Ce travail est effectué en laboratoire, et on a l'avantage que dans le milieu géologique il existe un certain nombre de traceurs naturels qui confirment le fait que les processus de transfert des éléments sont diffusifs. C'est cette différence de concentration entre un point et un autre qui va faire bouger le soluté, et non pas l'eau. Les traceurs naturels qui existent, en particulier le chlore, et plus récemment le bore et l'hélium, ont montré que ces profils correspondaient à des phénomènes diffusifs sur le très long terme. Enfin, la mise en évidence de contrastes de concentration en chlore par exemple ou d'autres éléments, entre le Callovo-Oxfordien et les formations encaissantes et entre les formations encaissantes elles-mêmes, montrent qu'il y a dans le Callovo-Oxfordien une barrière de circulation d'une solution importante qui isole les formations encaissantes.

On doit également s'intéresser aux formations qui encaissent le Callovo-Oxfordien, c'est-à-dire l'Oxfordien au-dessus et le Dogger en dessous. Ces formations encaissantes présentent également de faibles perméabilités. Les écoulements, tels qu'on peut les mesurer, soit en les datant, soit en modélisant l'hydrogéologie du secteur, sont lents, de l'ordre du kilomètre par centaine de milliers d'années à l'intérieur de ces formations. Il est important de noter que les moteurs de ces écoulements sont faibles. Les écoulements d'eau sont provoqués par des différences de pression entre un point et un autre, et les différences de pression dans le secteur, entre les niveaux de l'Oxfordien et du Dogger, sont très limitées. On a donc un moteur, aussi bien latéralement que verticalement, qui est peu actif.

Il convient également de s'intéresser aux phénomènes perturbateurs naturels qui seraient susceptibles d'affecter sur le moyen ou long terme l'ensemble de la pile géologique qui est étudiée par l'ANDRA sur le site de Meuse/Haute-Marne, et en particulier avoir une vision du cadre sismique et sismotectonique et des aléas sismiques qui seraient susceptibles d'en résulter sur le secteur. Sur la carte de droite ont été reportés l'ensemble des séismes ou microséismes enregistrés sur le territoire français et sur les Ardennes et le fossé rhénan. Toute la zone verte centrale qui correspond au Bassin parisien montre une densité de séismes qui est très faible. Par ailleurs, l'épaisseur de la croûte terrestre au niveau de la zone du Bassin de Paris est extrêmement constante. Elle reste dans la zone verte, alors que sur les zones plus sismiques, comme le fossé rhénan ou les Alpes, les couleurs passent du jaune à l'orange, puis au vert, montrant des variations de l'épaisseur de la lithosphère continentale qui peuvent traduire des accidents profonds susceptibles de générer des séismes. Par ailleurs, les vitesses de glissement des failles qui sont enregistrées à la périphérie du secteur sont très faibles, de l'ordre du micromètre par an. Ceci est dû aux vitesses de rapprochement des deux plaques, européenne et africaine, qui sont très

lentes également, de l'ordre du centimètre par an. L'essentiel de ces mouvements est absorbé, d'un côté du continent par le Maghreb et de l'autre côté par les Alpes.

Sur le site de Meuse/Haute-Marne, l'activité néotectonique, qui aurait pu se dérouler au cours du dernier million d'années ou des deux derniers millions d'années est extrêmement faible. Elle n'est pas détectable, alors qu'elle l'est par exemple en Alsace, dans le fossé rhénan. Il n'y a pas d'activité locale sismique significative, telle qu'elle peut être détectée à la fois par les deux réseaux d'écoute nationaux auxquels l'ANDRA s'est associée et par les réseaux mis en place par l'ANDRA. La zone sismique la plus proche est constituée par les Vosges, à proximité du fossé rhénan, avec des séismes de magnitude 6 environ qui ont été enregistrés. Ils sont distants à vol d'oiseau à près de 75 km au moins du site de Meuse/Haute-Marne. Sur cette base, l'ANDRA travaille sur l'estimation potentielle d'un aléa sismique, elle recalcule des spectres et elle détermine quel peut être le séisme maximal physiquement possible, qui a été défini à 6,1 de magnitude $\pm 0,4$ (jusqu'à 6,5). On a ramené à 6 km l'épicentre de ce séisme potentiel, si les contraintes étaient accumulées pendant des milliers d'années sur les failles entourant le secteur, et il n'y a pas d'effet sur les structures telles qu'elles ont été dimensionnées.

En conclusion, sur la base de l'ensemble de ces études dont je vous rappelle qu'elles rassemblent des centaines de chercheurs et près d'une centaine de laboratoires en continu, les conditions de dépôt sont connues, et elles indiquent un environnement géologique stable depuis des millions d'années. Par ailleurs, cette couche a une géométrie simple et régulière, avec un épaississement graduel vers le nord, la couche est homogène sur une grande surface comme je vous l'ai montré à différents niveaux, il n'y a pas de faille identifiée et tous les indices convergent pour indiquer que la couche est isolée de l'environnement extérieur et qu'elle joue son rôle de barrière. Par ailleurs, l'hydrogéologie globale du système et du secteur est bien connue.

Enfin, je voudrais préciser que l'ensemble des travaux, en particulier ceux qui ont été présentés par Jack-Pierre PIGUET, se dérouleront au cours de l'année 2005 sur le site du laboratoire. Par ailleurs, les travaux qui sont menés parallèlement par l'ensemble de nos partenaires contribueront à apporter des informations supplémentaires à tous les éléments que je vous ai présentés.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. LANDAIS pour cette présentation. Je demande à M. Bernard FROIS, directeur du département énergie, transports environnement et ressources naturelles au ministère de la Recherche, de bien vouloir nous faire sa présentation, qui est un bilan et les perspectives des recherches conduites par l'ANDRA.

M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, transport, environnement et ressources naturelles, Direction de la technologie, ministère délégué à la Recherche : Bilan et perspectives des recherches conduites par l'ANDRA

M. le Président, Messieurs les Parlementaires, Mesdames et Messieurs, chers Collègues, je ne vais pas rappeler le rôle de la Direction de la technologie que vous connaissez, puisque nous nous sommes expliqués la semaine dernière sur ce rôle, qui est d'accompagner les recherches dans le cadre de la loi de 1991.

Je voudrais vous remercier de votre invitation et de pouvoir vous présenter ce que nous faisons. Nous accompagnons les acteurs de la loi. En ce qui concerne le stockage en formations géologiques profondes, tout le monde est d'accord sur la qualité du travail qui est fait dans ce domaine. Je serai plutôt schématique, étant donné que les acteurs de la loi vous présentent les détails techniques et je

vous présenterai les grands points qui me paraissent saillants dans la conception que nous avons aujourd'hui du problème du stockage.

En premier lieu, le confinement des déchets est une nécessité. En effet, quelle que soit la solution que nous allons choisir, nous sommes forcés de penser que nous devons confiner et la solution qui paraît d'un point de vue scientifique la meilleure est celle d'avoir un concept multibarrières. Cela renvoie par ailleurs à un simple bon sens car ce concept est dans la nature. Nous savons que depuis des millions d'années, certaines couches sont stables. M. LANDAIS a fait un exposé remarquable sur la couche qu'il étudie en nous montrant sa stabilité, et nous savons d'un point de vue strictement géologique que certaines couches sont totalement stables. C'est pour cette raison qu'il y a des hydrocarbures, du sel gemme et de l'uranium. En effet, l'uranium existe dans les lignes, et tant qu'on ne le touche pas, il est totalement stable. Nous voyons donc faire la nature ce travail de confinement.

Une des choses sur laquelle tout le monde est d'accord porte sur un point qui est gênant et qu'il convient d'éliminer tout de suite : parle-t-on de stocker des choses et de les abandonner ? Je pense que tout le monde partage le même point de vue à la Direction de la technologie, qui est que dans un premier temps, quelle que soit l'évolution d'un système de stockage, il est essentiel qu'il soit réversible dans une première phase. La discussion devient délicate lorsqu'on parle d'une deuxième phase car dans le concept de stockage en formations géologiques profondes, si l'on parle de stabilité complète, la question est de savoir si l'on scelle ou non. Il convient de mettre la question en avant afin d'être très clair dans ce domaine. La première phase est claire, car il n'y a pas d'avantage à avoir un entreposage par rapport à un stockage. Ce sont deux choses assez similaires au point de vue concept et il faut s'assurer que l'on suit bien ce qui se passe.

Je voudrais regrouper les trois axes de la loi sur trois images. Nous avons l'impression que nous connaissons des avancées sur tous les plans. Nous parlons aujourd'hui du stockage, mais il est bien clair que la transmutation, si elle fait des progrès extraordinaires, n'élimine pas le problème du stockage. Par rapport à la séparation, le problème se pose bien avant. C'est donc un problème dont nous voyons l'urgence du point de vue de la décision. La première décision à prendre n'est pas de savoir si l'on va construire La Hague bis mais de traiter les déchets existants.

La semaine dernière, je vous avais indiqué que je me réclamaient d'une conception purement scientifique. En tant que scientifiques, nous ne connaissons qu'une seule chose : l'évaluation par le monde scientifique et au niveau international. J'ai donc pris l'exemple d'un rapport du MIT, mais il y en a de nombreux autres et tout le monde autour de l'AIEA connaît bien la question. Le rapport du MIT est intéressant car il diverge du nôtre. Du point de vue retraitement, il se place sous l'angle totalement économique. Nous sommes d'accord sur un fait, qui est que le stockage géologique est capable d'isoler de façon sûre les déchets. Tel que je l'ai défini, les déchets, ce n'est pas un combustible usagé, mais un déchet ultime. Pour les Américains, il s'agit de déchets très chauds, alors qu'il s'agit pour nous de déchets qui ont déjà été retraités. La meilleure façon d'isoler les déchets, c'est le stockage. C'est donc un point de vue universel autour de la planète, aussi bien pour les Russes, les Chinois, les Finlandais ou les Suédois. Nous pensons que c'est la meilleure façon ultime de traiter ce problème. C'est un point acquis.

En ce qui concerne le stockage géologique, une étape a été franchie lorsque le Gouvernement a fait une saisine à l'Agence pour l'énergie nucléaire sur le problème de l'évaluation des recherches à l'ANDRA. Je pense que c'est un moment pivot en France, car nous avons mis sur le plan international la question de la qualité de nos recherches. Il s'agit d'une évaluation qui date de 2003, et nous avons fait la même saisine aujourd'hui, pour l'année 2005. Ce rapport est donc un dossier de 2001. Je n'ai pas le dossier final, mais c'est intéressant car c'est une période assez troublée, avec des difficultés

techniques importantes. Il a constitué un pivot car nous nous sommes rendus compte que l'ANDRA était tout à fait capable de faire face à des difficultés techniques importantes et la redéfinition du programme s'est révélée très judicieuse.

La question que l'on pose toujours est celle du granite. Pour nous, ce n'est pas très important car comme nous n'avons pas de laboratoire directement, la Direction de la technologie ne se permettrait pas de parler du granite en France. L'ANDRA a participé à un effort international et l'on a apporté également dans ce domaine des connaissances essentielles.

Mon devoir en tant que chercheur et représentant du ministère est de m'assurer que nous sommes vraiment au meilleur de la recherche. Nous avons vu que l'ANDRA était au premier plan des efforts internationaux. Cela recalibre les choses. J'ai indiqué les appréciations externes qui semblent nécessaires : d'une part, nous sommes au niveau international, d'autre part, l'ANDRA « *is viewed as being innovative* ». Il y aura donc une question très délicate, de savoir si nous devons suivre les gens dans le monde entier, ou si nos connaissances, nos organismes et notre système parlementaire se doivent d'être en quelque sorte en avance sur les autres. Nous ne savons pas répondre, mais d'un point de vue scientifique, nous sommes appréciés pour nos qualités innovantes.

Il existe une collaboration très étroite, et le ministère de la Recherche est très heureux de voir que les organismes qu'il a sous tutelle, en particulier l'ANDRA, le CEA, le CNRS, et les universités, ont donné le meilleur d'eux-mêmes sur des questions techniques très difficiles. Tout le monde se demande si l'on est capable de modéliser lorsqu'on parle de millions ou de milliers d'années. Je pense que l'ANDRA présentera ses résultats, et de l'avis général il y a eu d'énormes progrès scientifiques dans le domaine de la compréhension et dans la durée.

Le stockage géologique reçoit un consensus international et la loi Bataille permet de faire émerger les solutions technologiques. Elle a forcé les acteurs à travailler ensemble et à se mettre d'accord. C'est quelque chose de très important. 2006 marque l'heure des décisions sur les conditions de mise en œuvre. Il ne fait pas de doute que les acquis de la recherche permettent d'analyser le problème. Je n'étais pas présent ce matin, mais je pense que l'ANDRA sera en mesure d'ici la fin de l'année de donner tous les éléments nécessaires.

La question des déchets B est délicate car ils ne sont pas directement inclus dans la loi. Je reprends ce qu'a signalé M. LACOSTE, car nous avons les déchets A, B et C. Je pense que les déchets B font partie du problème, même s'ils ne sont pas explicitement l'objet de décision. C'est quelque chose qu'il faut traiter et je pense que l'on est en mesure de dire beaucoup de choses dans ce domaine.

Je rappelle que le statut de l'ANDRA devient un problème après 2006 et nous sommes très ennuyés car il faut mettre au point un cadre économique et industriel réaliste pour poursuivre les recherches. Une fois que l'on a fait quinze ans de recherche, on ne peut pas, de notre point de vue, faire de la recherche éternellement. A un moment, on traite les choses avec les moyens disponibles et certaines choses n'attendent pas. Au point de vue de la décision, la difficulté pour nous sera de mettre en présence les acteurs qui vont décider la manière dont ils proposent de faire quelque chose qui est une réalité. Lorsqu'on parle de science, il est tout à fait différent de savoir que l'on peut faire le TGV et de prendre la construction du TGV en mains. Le réalisme industriel est quelque chose que nous n'avons pas du tout abordé à la Direction de la technologie. Nous disons simplement que du point de vue de la recherche, il y a d'ici à 2006 une évolution à prendre. Nous avons cherché toutes les solutions, nous avons fait appel à toute la science que nous avons. 2006 est une bifurcation du point de vue scientifique, et il faudra choisir sur quoi on continue.

La recherche va continuer quelle que soit la décision, car on doit accompagner les développements industriels, les évaluations de performance du stockage, et il existe une partie expérimentale qui se poursuit. Ou bien on décide de faire quelque chose, ou bien on décide d'attendre, mais dans les deux cas il convient de poursuivre un certain nombre d'expérimentations. Nous pensons qu'une décision entraîne forcément une focalisation sur les problèmes qui sont posés par le stockage s'il est décidé. Si ce n'est pas le cas, cela me semblerait ennuyeux, car je préférerais que l'on se charge d'un véritable problème technique. La recherche est très gênée lorsqu'elle n'a pas une direction approximative sur l'endroit vers lequel elle se dirige. Quelle que soit la décision, nous voyons bien ce qu'il y a à faire.

Nous sommes très heureux à la Direction de la technologie de voir qu'il existe une véritable cohérence chez l'ensemble des acteurs de la recherche, avec une parfaite articulation entre les acteurs des différents axes de la loi. Ce qui nous rend surtout heureux est de voir que de puissantes collaborations sont menées sur tous les plans. La collaboration consiste à mettre en commun tous nos moyens et d'avoir une opinion qui s'appuie sur quelque chose de stable. J'ai beaucoup admiré l'exposé précédent. Les résultats sont importants et concrets, et nous avons de la chance de tomber sur une argile qui a des qualités intéressantes. Du point de vue scientifique, nous sommes donc très heureux que l'on ait des résultats concrets.

Le consensus sur le stockage géologique s'impose comme une solution. Il n'y a pas de date ni de lieu, mais il s'agit d'un consensus scientifique. Il est intéressant de constater une évolution, dans le sens que l'argile apparaît aujourd'hui comme l'objet d'un consensus pour ses qualités. Je vous remercie, M. le Président.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. FROIS, pour votre présentation qui a abordé le statut de l'ANDRA. En citant comme modèle le SKB, vous m'avez facilité la tâche pour donner la parole à Mme Saïda LAÂROUCHI ENGSTRÖM, du SKB, qui va nous parler des aspects scientifiques et techniques des recherches conduites en Suède sur le stockage géologique.

Mme Saïda LAÂROUCHI ENGSTRÖM, Directrice du Département information et EIA, SKB,
Suède : Les acquis scientifiques et techniques des recherches conduites en Suède sur le
stockage géologique

Pour commencer, je tiens à remercier MM. BIRRAUX et BATAILLE de m'avoir donné l'occasion de vous faire une présentation et de partager avec vous les acquis scientifiques en Suède en vue d'une bonne gestion des déchets nucléaires. Permettez-moi aussi de vous féliciter sur vos initiatives d'ouvrir un dialogue large avant de prendre une décision ou de proposer à votre Gouvernement une continuation du programme de la gestion des déchets nucléaires en France. Cela est très important et nous applaudissons toujours lorsqu'un intérêt national s'intéresse à cette question.

Je vais prendre l'exemple de M. KÖSTER et continuer mon exposé en français. Je vais essayer de vous faire part des acquis scientifiques et du cadre de ces acquis depuis 1970.

La loi suédoise de 1984 sur les activités nucléaires dispose que la responsabilité de la gestion des déchets nucléaires repose sur les producteurs d'énergie. Les propriétaires des réacteurs ont donc eu la responsabilité de mettre en place un organisme, le SKB notamment, qui prend soin de la gestion des déchets nucléaires en Suède. Le système suédois actuel comprend deux niveaux de déchets : les déchets à faible et moyenne activité, dont je vais parler très peu. Ils sont disposés dans un dépôt définitif à Forsmark, petite communauté à deux heures au nord de Stockholm. Ce dépôt final fonctionne depuis 1988 avec succès, avec une acceptation totale de la population locale. Le défi du SKB est de

mener à bien la gestion des combustibles usés. Pour cela, il faut trouver un moyen de les conditionner et de les stocker définitivement.

Nous avons besoin d'une installation de mise en conteneur et de trouver un site candidat apte à construire un site définitif pour ces combustibles usés. La stratégie repose sur trois points. Nous n'avons pas en Suède de retraitement des combustibles usés. Nous faisons un stockage direct de ces combustibles. Nous avons en revanche une installation, qui est par ailleurs de technologie COGEMA, dans la municipalité d'Oskarshamn, avec des piscines pour entreposage. Il s'agit d'une solution temporaire en attendant de trouver une solution définitive, qui est supposée fonctionner pendant une quarantaine d'années avant que l'on puisse prendre la décision de mettre en place un stockage profond définitif.

Le troisième point consiste à avoir un site de stockage profond. Contrairement à plusieurs programmes en Europe, le Gouvernement suédois nous a déjà mis sur la bonne direction au sujet du choix des stratégies, en signalant un stockage profond dans une formation géologique, sans trop s'attarder sur les modalités du concept ou du design technique et la méthode pour la Suède. Cela ne veut pas dire que le Gouvernement suédois a accepté le système KBS-3, qui est notre méthode préférée. En revanche, cela veut dire qu'il a accepté le concept de stockage dans une formation géologique.

Nous avons mis en place depuis 1982, après la loi de 1981, un système de financement pour tous les coûts que la gestion des déchets nucléaires va engendrer jusqu'à la clôture du stockage profond. Malgré ce que les recherches ont coûté jusqu'ici, il reste encore un financement important. L'engagement et le zèle que l'on constate en Suède n'ont rien à voir avec la situation financière. Au contraire, plus éloignées seraient les décisions et plus il y aurait d'argent, mais ce ne serait pas une bonne solution.

Pour encadrer le travail du SKB pour la gestion des déchets nucléaires, nous avons tous les trois ans un rapport sur la recherche qui est soumis à l'approbation du Gouvernement et des autorités. Il est très important pour nous, car il nous donne les grandes orientations pour planifier notre travail et savoir que nous sommes dans la bonne voie. Ce programme est diffusé aux grandes écoles, aux universités, aux autorités et aux groupes environnementaux, qui donnent leur point de vue sur le programme proposé par le SKB, à la suite de quoi le Gouvernement donne le sien sur la direction à prendre. En général, on nous donne de nouvelles directions sur quelques points sur lesquels le SKB devrait se pencher un peu plus. Le dernier programme a été donné aux autorités au mois de septembre 2004, et nous aurons au printemps prochain l'avis du Gouvernement sur les plans et le programme du SKB pour les trois années à venir.

Parallèlement à ce programme qui nous aide à trouver la direction, la distribution des rôles est très importante et très claire pour tous. Les autorités mènent un travail d'inspection et d'investigation, et les municipalités participent au débat autour des acquis scientifiques, car il faut d'abord avoir ces acquis autour desquels on se rassemble comme industriels et communautés locales. Le Gouvernement, à travers les directions qu'il donne tous les trois ans, participe aussi à clarifier le plan du travail qui doit être réalisé par la SKB.

Il est très important d'avoir un travail de recherche limité dans le temps, mais aussi d'avoir des lois très claires et qui sont complémentaires entre elles et non superposées car cela facilite la tâche de tous les acteurs pour repérer les décisions à chacune des étapes du programme de recherche.

Les acquis scientifiques sont très importants. Sans eux, on ne peut pas entamer un dialogue avec les municipalités locales.

Je reviendrai sur le rôle des laboratoires, mais avant cela, je ferai un point sur ce qui va se passer dans les années à venir. M. MINON a signalé que la plupart des pays sont encore dans la recherche. Nous sommes en effet encore dans la recherche, mais dans une phase de transition car nous ferons bientôt de la recherche appliquée. En 2006, on va donner un permis de construire pour la mise en conteneur des combustibles usés à Oskarshamn. En 2008, nous choisirons un site parmi les deux sur lesquels on réalise des forages poussés. Le choix se fera entre Oskarshamn et Forsmark.

On a parfois l'impression en écoutant les débats que les recherches vont prendre fin une fois que l'on lance le permis de construire. Les recherches ne prendront jamais fin et vont se poursuivre jusqu'à la clôture du site. Simplement, le cadre et le but de chaque étape de la recherche seront différents. Ceci est très important car même lorsqu'on a choisi le concept et le design technique pour la Suède, cela représente une cinquantaine d'années pendant lesquelles le site sera en opération. Pendant ce laps de temps, il va se passer beaucoup de choses, et on a l'intention de s'améliorer.

En ce qui concerne les facilités et les acquis scientifiques, le CLAB est le stockage temporaire des combustibles usés à Oskarshamn, qui fonctionne depuis 1995. Nous avons 4 000 t de combustible usé. Je rappelle que l'on ne connaît pas l'avenir du nucléaire en Suède. Même si l'on sait ce que la population veut, on ne sait pas ce que le Gouvernement voudrait en faire. Ce seront peut-être 9 000 t qui seront concernées, soit six mille conteneurs à stocker dans l'avenir.

Nous avons construit une nouvelle piscine, car on pensait voici dix ans qu'on aurait entamé aujourd'hui la prochaine étape de mise en conteneur. Puisque nous n'y sommes pas encore, nous avons été obligés d'étendre la capacité du stockage temporaire.

La KBS 3 est un conteneur en cuivre, en fonte d'acier, qui sera placé dans des galeries munies de puits, dans des galeries à 500 m dans la roche granitique, le tout enveloppé de bentonite, qui a pour rôle de protéger le conteneur et de fonctionner comme une couche de rétention des radionucléides. C'est un système qui comprend des barrières ouvragées et des barrières constituées par la roche granitique.

Je voudrais souligner l'importance qu'ont jouée nos laboratoires dans les acquis scientifiques du programme suédois. Nous avons deux laboratoires, dont un atelier pour la mise en conteneur. Nous essayons de développer des techniques de soudage à faisceau d'électrons pour l'une et à friction thixotropique pour l'autre et différentes façons de fermer et de souder le conteneur. De nombreuses études sont également menées sur le conteneur lui-même.

L'autre laboratoire, beaucoup plus important, est celui souterrain d'Äspö, que beaucoup d'entre vous ont visité. Pour notre programme, les acquis scientifiques apportés par ce laboratoire sont énormes, non seulement du point de vue scientifique mais aussi du point de vue de la démonstration. Une chose est de faire des expériences dans un laboratoire, mais une autre est de les faire dans un laboratoire réel, à 460 m dans la roche granitique, dans des conditions totalement réelles. Différentes études sont menées sur le terrain à Oskarshamn et à Forsmark, qui sont très importantes pour le concept KBS 3 et qui vont se poursuivre au-delà du permis de construire que nous espérons pouvoir recevoir bientôt de notre Gouvernement. Il s'agit pour nous de faire comprendre à nos décideurs et sur le plan national et régional, en leur montrant précisément toutes les expériences que nous réalisons dans le laboratoire souterrain. Cela nous a beaucoup aidés pour expliquer notre programme, qui n'est pas toujours accessible, aussi bien aux décideurs régionaux que nationaux et à la population concernée par une candidature de site.

Parallèlement à nos laboratoires souterrains, nous avons deux sites candidats sur lesquels nous réalisons des forages poussés à 1 000 m. Sur le site de Forsmark, nous avons réalisé huit forages à 1 000 m et nous en avons planifié seize, qui seront finalisés en 2007. Sur le site d'Oskarshamn, nous en avons réalisé six forages à 1 000 m et quinze seront réalisés au total.

Pour les acquis scientifiques en Suède, il fallait avoir des voies parallèles. Ceci a été mené depuis 1975 et la recherche continue. Les laboratoires ont joué un rôle primordial dans notre programme, en particulier celui souterrain d'Äspö, et parallèlement, les forages ont été réalisés dans les sites candidats où un choix est à faire : un choix scientifique et un choix social et politique. Les trois axes ont été très importants pour nous. Sur les acquis scientifiques, je voudrais souligner que notre laboratoire souterrain d'Äspö a été notre plus grande aide jusqu'ici.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, Mme ENGSTRÖM de vous être exprimée dans un français parfait. Nous ne quittons pas les pays nordiques, et je demande à Mme Anna VÄÄTÄINEN, du département de l'Énergie, ministère du Commerce et de l'Industrie de Finlande, de faire sa présentation concernant la politique finlandaise pour l'aval du cycle du combustible nucléaire.

Mme Anna VÄÄTÄINEN, Directrice générale adjointe, ministère de l'Industrie et du Commerce, Finlande : La politique finlandaise pour l'aval du cycle du combustible nucléaire

Merci de m'avoir invitée et d'avoir invité la Finlande. C'est un grand honneur pour nous de faire partie de cette audition publique. Je vais vous parler du cycle du combustible tel qu'il est abordé en Finlande puis du rôle du ministère. J'aborderai d'abord les questions politiques et la prise de décision et ensuite les questions techniques, bien que les deux thèmes soient liés.

Nous avons en Finlande quatre réacteurs et un cinquième sera construit. Le projet est de construire un centre de stockage pour le combustible usé. À ce jour, il existe un centre de stockage pour les déchets à faible et moyenne activité dans nos deux sites nucléaires. Au départ, lorsque les centrales nucléaires ont commencé à opérer, l'objectif principal pour la Finlande était que le combustible usé puisse être transféré à l'étranger, en Russie. Des transferts ont eu lieu, mais l'entreprise TVO n'a plus eu la possibilité d'exporter le combustible usé, et la Finlande a dû trouver rapidement une solution pour son stockage.

En 1983, le Gouvernement a fixé un calendrier pour le stockage définitif, avec en 2010 le début des travaux de construction et en 2020 le début du stockage définitif du combustible usé. En 1987, une nouvelle loi pour l'énergie nucléaire a établi une décision de principe selon laquelle avant qu'une structure nucléaire puisse être construite, il fallait l'adhésion de la société. Le Parlement devait ainsi soutenir la décision. Nous avons discuté et choisi les dispositions financières dans le cadre de la loi de 1987. La décision la plus importante est sans doute celle de 1994, avec l'interdiction d'exporter tout déchet nucléaire ou combustible usé à l'extérieur. Ce sont principalement les membres du parti écologiste qui ont appuyé cette décision, qui a été adoptée en 1994. Dès lors, il fallait conserver tout le combustible usé dans le pays. Les derniers transferts eurent lieu en 1996 et en 1995 a été créée l'entreprise POSIVA, qui s'occupe du développement d'une solution finlandaise de stockage définitif.

En ce qui concerne les organisations et leur rôle, ce sont les producteurs de déchets nucléaires qui sont responsables de leur stockage, et nous sommes responsables de tout ce qui peut se produire au niveau du secteur de l'énergie nucléaire. Il est important que nous travaillions sous l'égide du ministère des Affaires sociales et de la santé, avec une autorité de régulation, le STUK.

Après les décisions de 1983 qui fixaient le calendrier, le processus de sélection de site a débuté. La première phase consistait à trouver des sites régionaux suffisamment grands pour accueillir un centre de stockage géologique. Une des régions finlandaises a rapidement été écartée car elle se situait trop loin des deux principaux réacteurs. L'idée était de stocker le combustible usé en profondeur, à environ 500 m. En 1993, il ne restait plus que quatre zones retenues. L'ensemble de la Finlande a un sol granitique cristallin et parmi les quatre possibilités, il n'y avait pas de différences en termes géologiques. Finalement, nous avons opté pour Eurajoki, dans la municipalité de Olkiluoto. Il avait semblé qu'il serait plus aisé d'y obtenir le soutien de la population car il y avait déjà des réacteurs nucléaires et la population était davantage préparée à recevoir un centre de stockage définitif.

En 1999 a été portée la candidature pour une décision de principe, à savoir qu'un centre de stockage soit construit à Eurajoki, sachant qu'il y avait déjà deux réacteurs à Olkiluoto.

En ce qui concerne l'évaluation de l'impact environnemental de l'installation (Environmental Impact Assessment – EIA), le processus a démarré aux alentours de 1998 avec un programme puis des auditions. Des rapports ont été réalisés sur ce processus, et le ministère a produit une déclaration finale sur ce sujet, mais ce n'était pas à proprement parler le mécanisme de prise de décision. Les déclarations du ministère étaient annexes à l'application de la décision de principe. C'est finalement le Gouvernement, puis le Parlement, qui ont soutenu cette décision. Il est important de noter le rôle des municipalités dans ce processus, qui disposent d'un droit de veto. Avant même que le Gouvernement ou le Parlement se prononcent, la municipalité concernée doit accepter le principe d'un centre de stockage. Cela a été le cas à Eurajoki, où vingt membres du conseil municipal se sont prononcés pour et sept contre. Il faut savoir que les évaluations préliminaires de sécurité étaient positives.

La décision de principe n'est pas définitive. En ce qui concerne la sûreté, c'est le mieux que l'on puisse faire. Les évaluations préliminaires indiquent simplement que l'on ne trouve a priori aucune raison pour que le projet ne puisse pas être mené à bien. Dans le cas de cette décision de principe, on a expliqué que le projet correspondait à l'intérêt général de la société. Comme je l'ai indiqué, il a fallu l'acceptation de la part de la municipalité hôte, qui est fondamentale. En 2001, le Parlement a soutenu la décision, s'agissant à l'époque du stockage du combustible usé des réacteurs existants. Ensuite, lorsqu'est intervenue la décision de construire un cinquième réacteur, on a étendu la décision aux combustibles usés issus de ce nouveau réacteur.

La société est donc engagée dans ce processus et il faut savoir que des décisions finales seront à prendre en ce qui concerne la sécurité. C'est l'une des raisons principales pour lesquelles on a accepté ce projet. Il a toujours été clair que l'on ne peut pas rejeter les responsabilités sur les générations futures, vis-à-vis des déchets que l'on produit soi-même. Par ailleurs, l'idée d'exporter son combustible usé va à l'encontre de l'aspect éthique d'assumer soi-même ce que l'on produit. Enfin, on avait admis l'idée que le stockage ne pouvait pas être évité et qu'on allait se retrouver avec une certaine quantité de déchets. Aussi, des décisions et un calendrier avaient été adoptés. Au niveau technologique, cela semblait acceptable et le site semblait également approprié. Du moment que l'on avait acquis le savoir-faire, on ne pouvait pas arrêter le processus.

La réversibilité était admise comme étant fondamentale et c'était une question clé dans le débat qui a eu lieu au sein du Parlement. En effet, de cette façon, on peut encore avoir accès au combustible usé. Il a donc été demandé que l'on apporte la preuve qu'à toute étape du processus, on pourrait avoir accès au combustible usé. En 1999, il a été décidé solennellement qu'un tel centre de stockage serait réversible. Le vote a eu lieu : cent cinquante-neuf parlementaires se sont prononcés pour et trois contre, qui n'étaient pas des membres du parti écologiste. Deux faisaient partie de la gauche et un du parti chrétien démocrate. Les écologistes avaient soutenu ce processus.

On a donc commencé le projet, et l'on peut voir les différents éléments de ce centre, qui ressemble à celui de la Suède. On s'intéresse en particulier aujourd'hui au comportement de la bentonite autour des conteneurs et dans ce domaine, nous avons une collaboration avec le SKB suédois.

En ce qui concerne la salinité de l'eau, si l'on construit un site de stockage proche de la mer, la salinité sera plus élevée, mais en même temps, le flux d'eau sera inférieur. Le Parlement a donc déclaré qu'il ne pouvait pas se prononcer sur la meilleure solution.

La collaboration est importante avec la Suède pour l'encapsulation et nous aurons à l'avenir différentes tailles de colis pour les combustibles usés actuels et à venir. On peut noter également le développement de la technologie d'encapsulation mais il restera à voir si l'on appliquera cette technologie plutôt à l'entreposage ou au stockage.

L'été dernier a débuté la reconnaissance géologique et l'on va étudier une large zone autour du site. Le laboratoire souterrain d'Onkalo devrait être opérationnel dès 2008 et il ferait partie du centre de stockage. Il faudra donc penser à la collaboration entre ces deux fonctions différentes du laboratoire souterrain et du centre de stockage. En 2012, il y aura probablement la demande de licence de construction pour le centre de stockage et la structure d'encapsulation. En 2020, nous espérons avoir la licence opérationnelle et en 2136 la fermeture du site. À l'époque de la prise de décision, le Gouvernement a déclaré qu'il tenait à rester informé de toute l'évolution scientifique, et qu'avant l'octroi de toute licence, il fallait un rapport détaillé des évolutions technologiques auprès du Parlement. Je vous remercie de votre attention.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Je vous remercie, Mme VÄÄTÄINEN de votre présentation, et je vous souhaite un bon retour, puisque vous allez repartir dans quelques minutes pour le pays du soleil de minuit... En contrepartie, vous avez de longues nuits d'hiver. Je donne la parole à M. STOHR, qui va nous éclairer sur les dimensions de la réversibilité selon les études scientifiques et d'ingénierie. Je vais lui demander de concentrer son intervention afin que nous puissions garder quelque temps pour les questions.

M. Philippe STOHR, Directeur général adjoint, ANDRA : Les dimensions de la réversibilité, selon les études scientifiques et d'ingénierie

Merci, M. le Président. Je vais essayer d'apporter quelques éléments sur les différentes dimensions de la réversibilité. La réversibilité est étroitement liée à la mise en œuvre du principe de précaution, la préservation de la réversibilité renvoyant en effet à une conduite prudente pour l'action dans un univers incertain. Un autre aspect de la réversibilité concerne le droit des générations futures. En effet, il apparaît important de laisser à ces dernières une possibilité de choix, et leur permettre de conserver la maîtrise de processus environnementaux et technologiques, sans toutefois leur abandonner des questions sans esprit de solution ou d'outils pour les traiter.

Dans ce contexte général sur la réversibilité, il convient de noter qu'en France, le souci de réversibilité est apparu précocement dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs. Comme cela a été mentionné ce matin, la loi du 30 décembre 1991 y fait mention de manière explicite, en demandant des études de stockage réversibles et les recherches ont été résolument orientées dans le sens de la réversibilité.

Mon exposé s'attachera à revenir sur ce qui fonde le besoin de réversibilité puis j'essaierai de présenter comment les études scientifiques et d'ingénierie peuvent contribuer à construire une réponse technique à ces besoins, qui doit être analysée et discutée avec les acteurs intéressés.

Plusieurs éléments peuvent motiver une demande de réversibilité. La première concerne la liberté laissée aux générations futures, celles-ci pouvant en effet vouloir faire d'autres choix en matière de gestion de déchets, comme par exemple reprendre des matières radioactives qui auraient été placées dans un stockage pour de nouveaux traitements. Une deuxième motivation peut être le choix d'une progressivité dans la mise en œuvre de choix. L'acquisition de la conviction peut demander du temps, et cette conviction peut être confortée par la possibilité de s'adapter à mesure que le temps passe. On peut ainsi préférer des décisions progressives, réversibles, qui laissent des choix ouverts, dans lesquels un décideur ne serait pas figé par la technique. Enfin, une dernière motivation possible est le principe de modestie. En effet, lorsqu'on étudie le stockage, on construit des échelles de temps très longues, et une approche prudente est celle de la mise au regard des connaissances scientifiques disponibles à un moment et des aléas toujours possibles.

La question est souvent posée de savoir sur quelle durée la réversibilité peut être assurée. Il faut sans doute répondre à cette question que borner la réversibilité dans le temps ne peut qu'avoir un sens relatif. En effet, un paramètre important dans cette notion temporelle concerne la pérennité du dispositif social, réglementaire, mais aussi technique dans lequel pourrait s'insérer un éventuel projet de stockage. Ainsi, assurer la réversibilité implique une présence humaine, une surveillance et une maintenance, conditions nécessaires à la réversibilité.

D'un point de vue technique, la réversibilité dépend aussi des moyens et des objectifs que l'on se donne pour reprendre éventuellement des déchets. De façon caricaturale, un stockage n'est pas réversible dans une première phase ni totalement irréversible dans une seconde. Au contraire, la réversibilité renvoie plutôt à la recherche d'une approche flexible, adaptable dans le temps, et elle doit être appréhendée en termes de niveaux.

Pour essayer de répondre à ce cahier de charges, l'approche de l'ANDRA a été orientée sur deux éléments forts. Tout d'abord, elle a essayé d'analyser les principales phases de vie d'un stockage, avec des échelles de temps associées, pour déterminer les étapes clés qui appellent une intervention humaine. Dans un second temps, il s'agit d'imaginer une gestion du stockage par étapes, avec des jalons décisionnels lors desquels, si on le souhaitait, on pourrait alléger progressivement le niveau de réversibilité et diminuer en conséquence les charges de surveillance et de maintenance. Une telle gestion pourrait se fonder sur l'observation du comportement d'un stockage qui permettrait d'acquérir la conviction dans la durée et qui permettrait de mieux appréhender dans le temps le phénomène et surveiller l'évolution de l'installation de stockage.

Nous avons intégré pleinement ce principe de réversibilité dans les études d'ingénierie pour évaluer la possibilité technique d'un stockage. Ces études ont visé à essayer de proposer des concepts simples et robustes. D'une part, parce que l'on a un souci de faisabilité technique et de maîtrise de comportement. En effet, plus on fait simple, plus on aura la capacité de maîtriser l'évolution des choses d'un point de vue scientifique. D'autre part, les options proposées doivent être robustes, d'un point de vue de la sûreté, mais aussi par rapport aux connaissances scientifiques que l'on va mobiliser pour démontrer la faisabilité des options. De ce point de vue on a essayé d'étudier plusieurs dispositions qui sont favorables aux critères de réversibilité. Les études sur les ouvrages de stockage se sont intéressées aux matériaux durables (béton, acier), dont la durabilité dans un environnement de stockage peut être estimée à plusieurs siècles. La pression qui pourrait être appliquée par la roche sur le revêtement des ouvrages à l'échelle de plusieurs siècles est deux fois inférieure à sa résistance, ce qui montre qu'une

certaine marge de sécurité peut exister à l'échelle de temps séculaire. Par ailleurs, les architectures étudiées sont modulaires, c'est-à-dire qu'elles permettent une gestion souple, par étapes, de la construction, mais également de l'exploitation. Cet élément est important, car cela permet de faire évoluer ou d'adapter la conception en tirant parti du retour d'expérience.

Le troisième point important des études de conception qui ont été menées concerne la définition de conteneurs qui ont conduit à proposer des colis de stockage en béton dans lesquels on pourrait regrouper les colis primaires de déchets à moyenne et longue activité et à mettre des sur-conteneurs en acier autour des colis de déchets vitrifiés. Les sur-conteneurs sont en effet durables à l'échelle de plusieurs siècles, voire au-delà, et permettent de prévenir la dissémination de matières radioactives durant une éventuelle phase d'exploitation d'un stockage, permettant d'assurer la réversibilité. Ils permettent également de faciliter la gestion de ces colis en tant qu'ils standardisent les objets qui seraient amenés à les manipuler.

Un autre point concerne les opérations qui devraient être conduites en souterrain dans un éventuel stockage et pour lesquelles on a étudié les dispositifs de mise en place et de reprise aussi aisées que possible. Une animation va illustrer ce point. Devant une alvéole de stockage, un colis a été apporté devant ce que pourrait être une zone de stockage, pris en charge par un dispositif de chariot élévateur qui l'introduit à l'intérieur d'un SAS. L'engin va se retourner pour être face à l'alvéole de stockage, la deuxième porte du SAS va s'ouvrir, assurant la protection radiologique des hommes qui pourraient être derrière et exploiter le stockage. Finalement, les colis vont être positionnés dans une alvéole de stockage, dont on peut constater qu'elles sont très simples, avec des colis en béton dans un environnement en béton, ce qui assure une résistance à une échelle de temps séculaire, comme je l'ai indiqué. On voit également que ce dispositif de mise en place ressemble à celui que l'on pourrait imaginer pour un entreposage et que les opérations de mise en place des colis sont parfaitement réversibles. Ainsi, les colis pourraient-ils être retirés selon les mêmes conditions que celles dans lesquelles ils ont été mis en place.

La réversibilité peut également être examinée sous l'angle d'une approche par étapes permettant d'agir sur le processus de stockage tout en conservant des possibilités de choix de gestion : soit maintenir l'installation en l'état, soit passer à l'étape suivante, soit revenir à une étape antérieure. Le passage d'une étape de stockage à la suivante n'est pas un choix définitif, mais raisonné en toute connaissance de cause, c'est-à-dire en fonction des paramètres scientifiques et techniques, économiques, sociaux et environnementaux que le passage d'une étape à une autre peut introduire. De manière simple, on peut dire que le premier niveau de réversibilité peut être assimilé à un entreposage avec des moyens de reprise des colis, comme on l'a vu dans l'animation, le dernier niveau correspondant à la fermeture complète de l'installation de stockage. À une première étape, on peut avoir un accès direct aux colis, qui pourraient être mis en place et repris de manière simple ; à une deuxième étape, on pourrait progressivement mettre en place un bouchon argileux qui viendrait fermer l'alvéole de stockage, assurant une fonction de sûreté supplémentaire. Ceci pourrait aller jusqu'à une étape N, où l'ensemble des installations et des puits d'accès, si on le souhaitait, pourraient être remblayés.

La question qui se pose est celle du retour en arrière, qui a été étudié aux différentes étapes. Les moyens technologiques qui devraient être mis en œuvre dans le cas d'un retour en arrière ont été évalués, et l'on peut dire aujourd'hui que d'un point de vue technique, ce retour en arrière apparaît possible. Dans une première étape, il suffit d'inverser le processus de mise en alvéole. Dans une étape supérieure, au cas où on aurait par exemple fermé les alvéoles, cela nécessiterait de desceller les installations et un certain nombre de dispositions ont été étudiées, avec un forage et la recréation d'une galerie d'accès qui permettrait d'accéder aux colis, des dispositions ayant été prises lors de la fermeture

qui permettraient d'assurer que cela puisse se faire dans des conditions opérationnelles et de sécurité satisfaisantes.

Au-delà des mesures de surveillance liées à la sûreté opérationnelle des installations de stockage, un programme d'observation pourrait aider à apporter des éléments en support au pilotage du processus d'un stockage réversible, et aider à la prise de décision des différents choix. Il s'agirait de vérifier que le fonctionnement demeure conforme aux précisions, d'améliorer la modélisation sur la base de données que l'on pourrait acquérir sur de longues périodes de temps, et d'accroître la fiabilité de ces précisions. Cela permettrait de proposer des actions pour préserver ces différents choix à chacune des étapes et des niveaux de réversibilité, et de tirer tout le retour d'expériences afin d'améliorer la conception des installations de stockage.

Techniquement, un tel programme apparaît possible. Les dispositifs et les mesures existent, dont quelques-uns sont déjà mis en œuvre dans des ouvrages de génie civil aujourd'hui, et l'on s'est attaché à étudier comment des capteurs pourraient être insérés dans les ouvrages d'un stockage réversible, de manière à ne pas perturber son comportement et sa sûreté.

En conclusion, je donnerai quelques messages à retenir :

- la réversibilité suppose une intervention de l'homme et un contrôle institutionnel ;
- le principe de réversibilité est inclus dans les études d'ingénierie pour évaluer la réversibilité d'un stockage ;
- la réversibilité apparaît possible sur de très longues durées, avec les technologies actuelles, à l'échelle de plusieurs centaines d'années ;
- une démarche a été définie pour gérer le stockage par étapes et diminuer le degré de réversibilité si on le souhaitait.

Un stockage réversible pourrait jouer le rôle d'un entreposage et évoluer vers une installation passive, ne nécessitant pas l'intervention de l'homme, offrant des garanties de sûreté à long terme. En définitive, un stockage réversible peut constituer un outil flexible laissant des choix ouverts pour les générations à venir. L'ambition des études sur la réversibilité était celle de fournir un outil pour doter les prochaines générations de moyens de pilotage scientifiques et techniques assurant une flexibilité optimale et permettant une négociation sur les choix en matière de gestion des déchets radioactifs à vie longue.

Débat avec les participants

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. STOHR. Nous allons maintenant engager une phase de questions, et j'aimerais donner la parole à M. CANOVA, qui représente le Président NAMY, président du Conseil général de la Meuse.

M. Jean-Louis CANOVA, Conseiller général de la Meuse

Je voudrais dire que je suis accompagné de trois collègues, et que nous représentons les différentes sensibilités de l'Assemblée départementale de la Meuse. Notre assiduité aux travaux de l'Office parlementaire témoigne de l'intérêt primordial des points qui y sont abordés pour le développement de la Meuse, engagés par l'installation du laboratoire de Bure sur son sol, et surtout de notre attention aux modalités et aux résultats des expérimentations concernant le stockage des déchets radioactifs dans les formations géologiques profondes.

La qualité des interventions que nous venons d'entendre et des informations qu'elles dispensent montre le niveau d'expertise et la multiplicité des données qui accompagnent l'instruction d'une question vitale pour des dizaines voire des centaines de générations à venir. Quelle garantie pour la sécurité de l'humanité peut-on aujourd'hui donner à l'enfouissement des déchets radioactifs ? Cette question universelle, pratiquement inconcevable dans l'échelle du temps que nous pouvons percevoir, prend une tout autre réalité lorsqu'on habite à Bure ou à quelques kilomètres d'un laboratoire dont la presse parle d'ores et déjà comme d'un site d'enfouissement programmé.

Le principe de précaution envers l'humanité tout entière s'applique d'abord aux habitants des villages alentour. La communauté scientifique et les décideurs publics en charge de ce dossier doivent assumer un devoir d'écoute, d'information et de dialogue particulier à l'égard des habitants concernés. Il faut pour cela qu'aucune ambiguïté ne vienne entacher la sincérité de la démarche dont l'organisation de ces trois journées témoigne, et qui préparent un débat national où la dimension locale de la problématique devra être entendue.

Le département de la Meuse s'est engagé sur un projet d'expérimentation garanti par les dispositions de la loi Bataille, qui constitue le socle juridique sur lequel s'est fondé notre accord et sur lequel repose aussi la sécurité de tous les habitants de notre département face à des décisions trop hâtives ou des engagements non tenus. La qualité et la rigueur de l'expérimentation et sa communication claire aux communautés concernées constitue le deuxième fondement de notre adhésion à la démarche, et je vous remercie d'y avoir contribué aujourd'hui. Le Président NAMY sera présent le 3 février et vous fera part plus complètement des différents enjeux qui concernent notre département, dans les perspectives et les conséquences des recherches relatives à la gestion des déchets radioactifs. Je vous remercie.

M. Antoine ALLEMEERSCH, maire de Cirfontaines-en-Aulnoy, Conseiller général de la Haute-Marne

Merci, M. le Rapporteur. Je suis vice-président du conseil général de la Haute-Marne, mais je parlerai en tant que maire de Cirfontaines-en-Aulnoy. Mon président de Conseil général étant présent, il lui revient de parler pour notre département. Je voudrais quant à moi parler pour les élus de mon canton.

En 1994, la commune de Cirfontaines-en-Aulnoy a accueilli les premiers travaux préliminaires de l'ANDRA. C'est sur ma commune qu'en 1994 le premier forage a été effectué. À partir de ce forage, qui décidait de la reconnaissance du sous-sol, a été prise la décision d'implanter un laboratoire de recherche dans la zone dite de Bure-Saudron. Suite à ces travaux de 1994, un terrain a été trouvé sur le site de Bure. Les communes concernées dans mon canton ont été amenées à voter pour l'implantation d'un laboratoire de recherche.

J'ai entendu les représentants de l'ANDRA nous parler de réversibilité, mais je peux vous signaler que le vote des dix-huit communes du canton de Poissons a été acquis à l'unanimité, avec des réserves émises le jour de ce vote.

La première de ces réserves a été la mise en place d'un laboratoire de recherche sur le thème de la réversibilité. À l'époque, on n'entendait pas parler de ce terme. Je voudrais « que l'on rende à César ce qui appartient à César ». La deuxième réserve concernait la transparence des travaux qui devaient être effectués sur le site. Cela vous a été confirmé par la surveillance de la part des scientifiques de la CNE. Je voudrais dire à son président M. TISSOT, que j'ai appris à connaître au fil des années, et à tous les membres de la CNE, au nom de tous les élus de mon canton, un grand merci pour leur sérieux, leur transparence et leur honnêteté. Enfin, la troisième réserve concernait le développement économique, sur lequel je reviendrai.

Si nous avons pris ces décisions, c'est parce que nous avons pensé à l'époque que nous étions des élus responsables, respectueux et courageux. Responsables, parce qu'on ne devait pas laisser aux générations futures le soin de gérer le problème des déchets nucléaires. Notre génération doit prendre sa responsabilité. Respectueux, parce qu'on doit respecter ceux qui ne partagent pas le même avis. C'est la démocratie. Et courageux, parce que justement, nous élus, nous devons prendre les décisions lorsqu'on nous le demande, lorsque cela a trait à un sujet sérieux.

À travers toutes ces réflexions, nous sommes amenés aujourd'hui à reconnaître que pour ce qui est de la responsabilité de quelques-uns, et du Gouvernement en priorité, nous devons avoir plusieurs sites de laboratoire. Or, il n'y en a eu qu'un seul. Cela a pour conséquence une pression accrue sur les élus de la zone concernée. En ce qui concerne le développement économique, à part les travaux de mise en place du laboratoire, nous avons aujourd'hui quelques emplois de gardiennage, et encore. Lorsque l'ANDRA met en appel d'offres tous les trois ans les entreprises qui veulent bien s'occuper du gardiennage, nous sommes obligés d'intervenir car à chaque fois, l'emploi de la moitié des employés n'est pas renouvelé. Dans des régions comme dans les nôtres, il s'agit souvent de pères de familles avec trois ou quatre enfants, et je suis obligé d'intervenir en permanence pour les défendre.

Je dis solennellement devant vous, comme je l'ai dit à Nogent et à Bar-le-Duc, qu'il est clair aujourd'hui que toute notre confiance au niveau de la société scientifique vous est acquise. J'ai personnellement confiance en vous tous, et je voudrais rendre hommage aux deux intervenants de la Suède et de la Finlande, qui nous ont montré une grande idée de ce qu'est la démocratie dans leur pays. Opposants ou pas, je pense qu'il existe un consensus chez eux, qui est né du fait qu'ils travaillent ensemble pour l'avenir de leurs enfants et leurs petits-enfants. C'est ce qui nous a guidés, chez nous, et c'est ce qui a guidé les élus de notre territoire.

Lorsqu'on fait partie d'un conseil municipal dans une petite commune d'une centaine d'habitants, vous avez toutes les générations autour d'une table de conseil municipal. Lorsque vous avez des anciens qui ont vécu des événements graves, comme on peut le voir à la télévision en ce moment, ils nous signalent qu'à une époque on leur a demandé de prendre le fusil pour qu'on soit un pays libre, et qu'aujourd'hui on leur demande de donner un bout de terre à des scientifiques pour penser à nos générations futures, en pensant que les jeunes ne vont pas manquer cette occasion. Cela vous fait réfléchir. J'ajoute que je suis agriculteur, et fier de l'être (qui plus qu'un agriculteur peut être respectueux de la nature ?) et ces anciens nous disaient toujours, mais je l'ai vu de mes propres yeux pour l'avoir expérimenté, que la génétique en matière d'élevage, c'est le père qui investit pour le fils. Aujourd'hui, nos responsabilités à nous, élus, c'est de savoir parfois investir pour l'avenir. Certains responsables de ministères sont autour de cette table, d'autres sont partis (ils n'ont pas eu le temps d'attendre que les élus de la France profonde leur parlent) et je voudrais leur dire qu'il est grand temps qu'ils prennent leurs responsabilités.

Aujourd'hui, à Bure-Saudron, en Haute-Marne et en Meuse, dans les deux départements et les deux régions, nous attendons à travers ce développement économique non pas des royalties, comme certains le pensent, pour continuer de changer nos bordures de trottoir tous les dix ans, mais de créer une vie autour de ce laboratoire, de façon à ce que les générations futures puissent prendre leurs décisions, au moment venu, dans des conditions de réussite.

Mon propos est grave, d'autant plus que pour moi, lorsqu'on voit les événements climatiques qui ont lieu à l'heure actuelle dans le monde, Bure-Saudron, si la volonté Gouvernementale est là, c'est un problème européen et mondial, que nous sommes en train de vivre. L'Europe entière pratiquement est rassemblée aujourd'hui, et je suis fier de pouvoir participer avec vous à cette réflexion. Je suis fier de

pouvoir apporter ma simple petite contribution dans un petit canton rural de la Haute-Marne, qui peut demain, avec ses confrères meusiens, apporter à la contribution européenne et mondiale.

Le Gouvernement doit mettre en place la recherche, qui doit être le signe fort, avec toutes les composantes de certains ministères. Tout le monde est ici représenté : CEA, CNRS, ANDRA, EDF, COGEMA, BRGM, et j'en passe. Il est grand temps que le Gouvernement donne un signe fort, de façon à ce qu'avec le développement qui va se mettre en place chez nous, ce soit l'avenir des nouvelles sortes d'énergie qui se mette en place. Je répète toujours qu'« *il pleut toujours sur le mouillé* », une phrase savante d'un agriculteur qui sait de quoi il parle. Je vais vous rapporter une anecdote qui va vous permettre de comprendre ce qui est en train de se mettre en place. J'étais avec une petite délégation de la Haute-Marne avec Claude FISCHER, ici présente, à Cherbourg, pour présenter les entretiens européens de Bar-le-Duc. M. FAUCHON, maire de Flamanville, que j'estime beaucoup, était présent, ainsi que le directeur de l'usine de La Hague, que j'estime également beaucoup, M. le député GATIGNOL, et les responsables économiques du département de la Manche. Nous étions là pour les écouter sur ce qu'ils avaient obtenu au niveau du développement local par rapport à La Hague et Flamanville. Vous avez compris que c'était formidable et vous le savez. Je ne vais pas vous dire tout ce qui se passe dans ce département, tous les emplois créés, la sous-traitance, et on a eu droit à un cours magistral d'un représentant de la communauté de Cherbourg. J'aimais bien écouter mon instituteur à l'école car il était formidable, mais j'ai donné à ce « professeur » cinq sur vingt au niveau de son intervention et je lui ai d'ailleurs dit. En effet, il m'a simplement dit qu'il me parlait en « traduction », et j'ai donc compris très vite qu'il voulait dire que nous étions des « paysans » et qu'en tant que tels, nous n'avions qu'à accepter les déchets et qu'avec l'argent récolté on pourrait faire du développement économique. Mais il ne savait pas qu'il avait devant lui un paysan qui avait compris plus vite que lui. Je lui ai simplement répondu que la filière nucléaire, dont vous êtes au niveau des scientifiques et des représentants des organismes que j'ai cités, des responsables, devait être attentive. En effet, aujourd'hui, nous sommes tous prêts à Flamanville à accueillir l'EPR et demain ce seront d'autres sites. Je disais qu'il « pleut toujours sur le mouillé » et tout le monde est prêt à accueillir la deuxième génération. On parle du projet ITER à Cadarache, l'avenir mondial qui entre en jeu au niveau du développement économique qui va mettre en place demain les nouveaux EPR ou le projet ITER dans quarante ans en Chine, en Inde et autres pays développés. Tout le monde parle des nouveaux EPR et du développement économique autour des centrales, mais personne, à part les quelques-uns de la Haute-Marne et de la Meuse, n'a encore parlé du trou de Bure et de Saudron, du développement économique. C'est simple, et je parlerai avec des images au premier degré d'un mécanicien. Si vous mettez une pomme de terre à l'embouchure du pot d'échappement et que vous mettez en route, le moteur explose. De la même façon, à Bure-Saudron, si à partir des cinquante-neuf pôles de création de déchets que sont les centrales et les nouvelles centrales qui vont se mettre en place, si personne ne pense dans cette filière qu'il est grand temps de penser à Bure et Saudron, à son développement économique, à ce centre européen de recherche qui doit se mettre en place, je peux vous assurer que nous tous ici nous sommes en train de faillir à notre tâche de préparation de l'avenir pour les générations futures. Si rien ne se fait chez nous, il n'est pas impossible que demain je sois un opposant, et que nos tracteurs, qui aujourd'hui n'ont plus beaucoup de travail, car comme vous le savez, l'agriculture est très difficile aujourd'hui, serviront alors à élever des barrages autour de Bure et Saudron.

En conclusion, je dirais que depuis 1994 aucun ministre n'a eu le courage de venir chez nous, à part le secrétaire d'Etat Christian PIERRET, qui a été très attentif, ce que je tiens à souligner. Ce n'est pas un problème politique et je ne fais pas de politique en disant cela, mais je parle tout simplement des responsabilités de tous. J'ai travaillé notamment avec le professeur LANDAIS avant qu'il intègre l'ANDRA, et je sais ce qu'il a fait au niveau des Pôles scientifiques et technologiques dans la Meuse, les soirées que nous avons passées ensemble jusque tard pour préparer les thèmes de recherche sur ce

pôle scientifique. Aujourd'hui, la communauté scientifique est très déçue. Les élus sont très déçus. Pour terminer, je dirais que j'ai confiance en vous tous, ici, et nous sommes ensemble dans une « *barque* ». Cependant, ce n'est pas le Vendée Globe qui se trouve à l'arrivée, mais les générations futures. Que propose-t-on comme solution aux familles à l'heure actuelle ? Que veulent-elles et à quoi aspirent-elles ? Tout simplement, à la sécurité. Pour les familles, cela recouvre la sécurité de l'emploi, la sécurité de faire vivre leur famille et la santé. À travers ce pôle scientifique et technologie, on doit réfléchir sur ces axes et faire ensemble quelque chose pour sécuriser ce mot qui est la famille. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. ALLEMEERSCH, pour l'éloquence de vos propos. Je vais demander aux autres intervenants de limiter la durée de leurs interventions car, sinon, nous n'arriverons pas à terminer la dernière série de table ronde.

Mme Monique SENÉ, GSIEN

Je vais être plus brève. On nous a présenté beaucoup de recherches, on nous a exposé une fois de plus beaucoup de choses, mais à chaque fois, il manque ce que je désire avoir, c'est-à-dire la problématique des incertitudes, et la réalité face au terrain. Qu'a-t-on vu effectivement ? Certes, on n'a pas pu faire beaucoup d'expérimentations, mais tout de même, par rapport au peu qu'on a fait, qu'est-ce que cela apporte réellement ? Cela n'est jamais exposé concrètement. Cela me manque énormément.

En second lieu, on a fait des exposés sur la recherche et l'on a parlé des instances de suivi. Mais c'est en vase clos. Dans tous ces comités, que je connais bien, on fait des exposés, on se partage le « gâteau » et l'on étudie les choses, mais il n'y a aucun regard extérieur. Le CLIS, qui essaie de faire quelque chose, n'a pas de représentant. Des personnes pourraient avoir des choses à dire, car il n'y a pas que les scientifiques de l'ANDRA ou ceux qui sont dans les programmes. Si l'on veut étudier un programme, il faut du pluralisme. L'œil « innocent » d'un scientifique qui n'est pas dans le système géologique ou autre peut aider. Je pense que ce n'est pas assez fait. On ne regarde pas suffisamment les choses avec un œil plus critique.

Je rejoins l'élu qui a parlé car j'ai participé à un programme qui visait à examiner les entreposages de déchets sur toute l'Europe. On a rencontré la Suède, l'Allemagne, l'Angleterre, l'Espagne et on observait comment les populations ressentaient cette problématique. On a compris que les populations jugent qu'on les consulte à peu près à la dixième itération du sujet. Le problème est qu'on ne prend jamais en compte ce qu'elles disent et cela ne vient pas systématiquement dans l'analyse que l'on peut faire d'un dossier. C'est une des problématiques car il n'y a pas de véritable réponse aux questions que les personnes posent. Vous prenez une décision : si elle est contraire à ce que pense un certain nombre de gens, cela n'a pas d'importance. Ce qui compte, c'est de discuter et d'accepter que des choses soient dites et qu'elles soient connues. Ce n'est pas ce qui est fait en général. On ne prend pas en compte les demandes des personnes. Cela manque énormément. Je le constate une fois de plus, et je le regrette. C'est la raison pour laquelle les populations ont tant de mal à venir dans les réunions et à prendre en compte ce qu'on leur demande. Il faut vraiment en tenir compte.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, Mme SENÉ. Je ferai deux observations. Il me semble que Sylvie JOUSSAUME, de l'Institut des sciences de l'univers, rattaché au CNRS, a indiqué qu'il y avait deux cents chercheurs d'horizons différents qui avaient travaillé et une quarantaine de thèses qui avaient été soutenues. Il me semble également avoir entendu Mme ENGSTRÖM dire qu'il fallait d'abord un certain nombre d'éléments

scientifiques pour ensuite pouvoir engager la discussion avec ce que l'on appelle les parties prenantes et les populations.

M. André MOUROT, membre du Bureau du CLIS de Bure

Je voudrais revenir sur les propos de M. LANDAIS, car apparemment nous n'avons pas les mêmes sources d'information, en particulier sur la sismicité de la région de Bure. Dans une publication de l'ANDRA de 1990, intitulée *La Région de Soulaines, géologie, hydrogéologie et géotechnique*, par Jean-Louis KAEIN, on peut lire à la page 45, dans la sismicité historique de la région : « Les plus destructeurs [les séismes] ont un caractère exceptionnel mais ont atteint le degré 8 à Neufchâteau en 1784. » Je signale que Neufchâteau est à vingt-huit kilomètres de Bure. Le degré 8, c'est l'échelle MSK, qui en compte dix. Cela fait beaucoup.

Par ailleurs, un autre séisme a eu lieu à Maizières-les-Joinville, le 16 octobre 1992, de magnitude 2,9 sur l'échelle de Richter. L'épicentre se situe à 5 km au nord-ouest du village, où des dégâts ont eu lieu. J'ai des photographies. Il y a eu le déplacement de plusieurs centimètres de gros linteaux de fenêtres en pierre. C'était à vingt kilomètres de Bure. Dire que la région est parfaitement stable, c'est aller un peu loin.

J'ai consulté également le Réseau national de surveillance sismologique (RENAS), qui dépend de l'Institut de physique du Globe de Strasbourg. J'ai demandé combien il y avait de séismes dans un rayon de quarante à cinquante kilomètres autour du site depuis l'existence du RENAS, le 1^{er} janvier 1980, jusqu'à aujourd'hui. La réponse est cinquante-deux séismes, dont certains atteignent la magnitude 3 sur l'échelle de Richter. Vous pouvez en tirer les conséquences.

Je voudrais revenir sur une notion qui a été évoquée ce matin, le retour des radionucléides, qui m'inquiète beaucoup. Il était fait mention de ces radionucléides vers la biosphère, c'est-à-dire là où nous sommes. On trouve également cette notion de retour dans la Règle fondamentale de sûreté, dans le rapport n°9 de la Commission nationale d'évaluation, et dans le dossier Argile 2001 de l'ANDRA. La date de retour de ces radionucléides est estimée à trente mille à cinquante mille ans pour la Règle fondamentale et à cent mille ans pour l'ANDRA. Je remarque que la CNE s'est bien gardée de donner une date de retour. L'énormité de cette fourchette montre bien l'étendue de l'ignorance que nous avons sur le sujet. Quoi qu'il en soit, se pose une question grave : avons-nous le droit, nous, humains du XXI^e siècle, d'empoisonner les populations futures qui ne nous auront rien fait, par définition, quelle que soit l'époque du retour de ces radionucléides, et de leur envoyer une mort insidieuse ? Je signale que ceci ne s'est encore jamais fait au cours de l'histoire de l'humanité.

Je ferai une dernière remarque succincte sur le laboratoire. Tout le monde parle du laboratoire de Bure. Je suis désolé, mais ce laboratoire n'existe pas encore. Certaines personnes sont descendues dans la niche, mais ce n'est pas un laboratoire. Cette niche ne se trouve d'ailleurs pas dans la bonne formation géologique pour faire les travaux sur l'argile. Aussi, il va falloir creuser encore cinquante mètres pour arriver au niveau des argilites où se ferait le stockage. Ensuite, faire deux cents à trois cents mètres de galeries dans les argilites, dont on verra la tenue... Tout cela sera terminé avec de la chance à la fin de l'année 2005, date à laquelle il faudra donner les résultats des travaux faits dans ce futur laboratoire. Vous en conclurez ce que vous voulez. Merci.

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne

Je serai un peu plus technique. Dans un rapport de ses activités au CLIS en mai 2004, le GdR FORPRO a écrit : « Il y a eu une très faible évolution des argilites callovo-oxfordiennes, les températures n'ayant pas dépassé cinquante degrés. ». Il est question de cent millions d'années. Quelle

est en 2005 la température dans le Callovo-Oxfordien, sachant que les déchets radioactifs sont supposés descendre éventuellement dans le trou à une température de cent degrés ? La température ambiante du Callovo a-t-elle été prise en compte dans ces cent degrés ? Si cela fait vingt degrés, ne va-t-on pas descendre les déchets lorsqu'ils ne feront plus que quatre-vingts degrés, ce qui impliquerait un entreposage plus long en surface ? Une personne du CNRS aurait pu me répondre, mais elle n'est plus là.

En second point, voici deux ans, le représentant de la CNE m'a dit qu'il y avait des surpressions dans le Callovo-Oxfordien et dans les couches encadrantes, c'est-à-dire l'Oxfordien calcaire et le Dogger. Je voudrais savoir où l'on en est aujourd'hui. Récemment, la CNE a dit qu'il n'y avait pas de problème. Aujourd'hui, il semble que ce problème ne soit pas réglé. Je voudrais que quelqu'un qui connaît ce problème s'exprime ici et que ce soit acté.

Enfin, en dernier point, le ministère de l'Industrie tarde à rendre son rapport annuel sur la stratégie et les évolutions techniques. Dans ce rapport, une planche très intéressante s'attache aux investissements. La dernière mise à jour que l'on connaît date de 2002. Il faudrait peut-être que l'on s'active un peu et que l'on nous dise où nous en sommes dans les investissements. Je dirai pour terminer que selon l'estimation, à la fin 2003, l'axe 1 représente 32 % des investissements, l'axe 2 40 %, et l'axe 3, qui semble la moins mauvaise solution, seulement 27 %. On voit bien que l'accent est mis sur l'axe 2, l'enfouissement. En dernier ressort, sur les dix années entre 1992 et ce rapport de 2003, EDF n'a consacré que 3,3 % à la recherche. Alors qu'ils font 80 % des déchets, ils ne participent que pour 3 % à leur gestion.

M. Alain DORANGE, président de la Commission énergie des Verts

Les recherches menées actuellement sont destinées à trouver une solution à l'entreposage de longue durée des déchets. Cela suppose qu'il existe des prévisions faites sur la capacité d'entreposage d'un site tel que celui de Bure et la nécessité peut-être d'avoir plusieurs sites d'entreposage. Une étude de ce genre a-t-elle été réalisée avec les financements, investissements et fonctionnements envisagés au moins dans les grands traits ?

M. Jean-Baptiste POISSON, CGT FNME

En tant que syndicat, je ne vais pas intervenir sur les aspects techniques, mais je ferai part seulement de deux attentes. La première est que les recherches se poursuivent, dans le respect des générations futures, en travaillant sur des solutions et en les élaborant sans enfermer nos descendants dans ces solutions, pour qu'ils puissent les modifier et sans leur laisser irrésolus les problèmes que nous avons créés. Il faut donc poursuivre. Les essais dans le laboratoire doivent pouvoir continuer, et il convient donc de régler les questions liées à son statut à l'issue de l'échéance fixée par la loi Bataille, de maintenir les essais et les équipes à l'ANDRA et chez les partenaires. Pour la suite, il faut également baliser le terrain comme l'a fait la Suède, en traçant un chemin clair, avec des points de rendez-vous pour les décisions, et une décision claire à ce niveau. Il ne s'agit ni d'un blanc-seing ni d'un moratoire.

La deuxième attente concerne le cadre industriel et économique dans lequel cette poursuite de travaux de recherche peut se produire, pour que les responsabilités soient clairement attribuées, ce qui incombe à la loi, et que l'Etat soit garant de leur respect. Je ferai si vous me le permettez un retour d'expérience sur la mise en œuvre de la loi « Bataille » (excusez-moi, M. BATAILLE, mais je continue d'appeler cette loi comme les autres, par votre nom). L'un de ses apports particulièrement importants est l'affirmation que devaient être menés de pair les aspects techniques et économiques et les aspects d'acceptation sociale et les demandes de la société.

Dans la réalisation, tout n'a pas été à la hauteur des ambitions. Je prendrai un seul exemple, qui est l'échec de la mission granite. C'est un échec quant à son résultat car nous n'avons pas de laboratoire granite et cela pèse sur les acquisitions de connaissances que l'on peut faire autrement qu'au niveau générique. C'est surtout un échec dans la capacité à mener de pair ces deux aspects. Pour l'avenir, il est absolument essentiel que l'on s'arme de façon à les mener de pair. Les responsabilités doivent être attribuées par la loi. L'Etat s'est doté d'un outil pour gérer les déchets, avec un établissement public, industriel et commercial, qui est l'ANDRA. Avec les durées en cause, il est indispensable que l'Etat maintienne sa garantie sur le déroulement des choses et il faut donc conserver comme gestionnaire un établissement public ; il convient de le confirmer dans son rôle dans la loi à venir, il doit rester public (à une époque où les sociétés anonymes sont très à la mode), il doit gérer les déchets, ses missions sur les déchets doivent être précisées et clarifiées, elles doivent notamment couvrir l'ensemble des aspects d'acquisition des connaissances, d'intégration avec les aspects technico-économiques et de sûreté. La confirmation est d'autant plus nécessaire que dans ce rôle, l'ANDRA doit traiter avec des organismes et des producteurs de déchets qui sont beaucoup plus importants qu'elle. Ce n'est pas en termes de poids économique que la capacité de traiter d'égal à égal peut se situer, mais bien en termes de légitimité apportée par la loi.

Enfin, je terminerai par la question des moyens. Le financement de l'ANDRA doit être clarifié car il est beaucoup trop erratique et dépendant des sujets sur lesquels elle travaille. Cela doit également s'appliquer au CEA, dont on connaît les difficultés à boucler ses budgets alors qu'il est chargé des deux autres lois de recherche. Je ne préciserai pas une solution, mais le principe pollueur-payeur me paraît devoir être respecté. On a évoqué l'importance de la confiance, qui a été déçue lorsque l'Etat n'a pas respecté ses engagements vis-à-vis de plusieurs laboratoires. On voit à juste titre comment les élus s'en émeuvent. Il y a aussi dans ce domaine une question de confiance. Les privatisations sont très à la mode, avec les besoins de « nettoyer » des bilans pour cet exercice. Si cela devait conduire le consommateur d'électricité à payer une fois et le contribuable à payer une deuxième fois, sur de tels sujets, il ne faut pas s'amuser à tromper les gens. Il faut un appui et un financement clairs qui se basent sur des dispositions de la loi garanties par l'Etat.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur

Pour réagir sur votre intervention, d'abord, je prête volontiers mon nom à ce texte et je ne me sens pas du tout blessé ou injurieux si l'on dit la loi « *Bataille* ». J'ai fait déjà observer que c'était la loi du 30 décembre 1991, mais il est vrai que c'est plus long à dire.

En second lieu, sur la recherche, il faut dire et répéter que l'examen d'un texte de loi en 2006 ne signifie pas que ce sera la fin des recherches. L'étape de 2006 est un rendez-vous législatif, c'est la loi et c'est un rendez-vous obligé, mais c'est à ce moment-là que l'on décidera du sort de la recherche. Je vous dis clairement mon avis, et je pense que Claude BIRRAUX est également d'accord avec ce point de vue. Les programmes de recherche qui sont engagés doivent être poursuivis, et il serait absurde de les interrompre. Le problème de leur financement est un grand problème, qui est reposé d'ailleurs par un récent rapport de la Cour des comptes. Je ne veux pas me prononcer sur ce sujet, mais il est parfaitement évident que le problème se pose de savoir si ce sont les finances publiques qui doivent continuer à être concernées ou ce que vous avez fortement résumé à la fin de votre propos, à savoir si ce sont les producteurs de déchets qui doivent financer. De ce point de vue, des sommes ont déjà été versées, et il est juste de dire que les consommateurs de demain ne devront pas payer une deuxième fois pour ce qui a déjà été acquitté. Je vous rappelle que le texte de loi sera d'initiative Gouvernementale. Les Parlementaires auront la possibilité de l'amender, mais le Gouvernement lui-même devra dire s'il souhaite inclure pour 2007 la réflexion sur le financement, qu'il faudra de toute façon avoir un jour. Ce n'était pas initialement l'objectif principal de notre rapport, même si cette question est aujourd'hui incontournable.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, Christian BATAILLE.

M. Robert FERNBACH, maire d'Houdelaincourt (Meuse), vice-président du CLIS du laboratoire de Meuse / Haute-Marne

Je vous remercie de me donner la parole. Le CLIS a été cité à plusieurs reprises, et je voulais vous apporter quelques précisions. Je suis moi-même maire d'un petit village situé à dix kilomètres de Bure et c'est à ce titre-là que je participe au CLIS et que j'ai été élu vice-président. Le Comité local d'information et de suivi est un organe majeur pour la démocratie locale. À travers la diversité de ses membres, il mène des débats passionnants et parfois passionnés. Certes, les opposants qui siègent au CLIS ont tendance à donner de la voix et à monopoliser les débats, mais à travers leurs questions, souvent pertinentes, ils nous permettent de bien mesurer les enjeux et d'appréhender les risques qu'un éventuel stockage en couches géologiques profondes peut faire peser sur notre environnement. Le CLIS est un outil de formation et d'information pour les membres qui le composent, mais il permet aussi de communiquer avec les populations concernées par le laboratoire, leur fournir des réponses à leurs questions, d'organiser des débats, de diffuser les informations dont nous disposons. Lors des séances plénières largement relayées par la presse locale, nous communiquons sur l'avancement des recherches à Bure, sur les rapports de la CNE, l'examen du programme de recherche de l'ANDRA confiée par le CLIS à un organisme composé de scientifiques étrangers qui figurera bientôt sur notre site et qui pourra être consulté dans son intégralité par tous.

Une majorité de membres meusiens et haut-marnais du CLIS qui participent régulièrement aux travaux, bien que favorables aux travaux de recherche de l'ANDRA, est un peu inquiète. Le creusement des puits affiche un retard significatif. Le rapport que l'ANDRA fournira au Parlement à la fin de cette année ne sera qu'un rapport d'étape, et de nombreuses questions restent posées. Nous demandons que les recherches entreprises soient menées à leur fin. Aux dires des spécialistes, deux années sont encore nécessaires à la collecte des informations pour permettre éventuellement la qualification du site. Même si les éléments recueillis au Mont Terri, en Suisse, ou les carottages effectués dans le Callovo-Oxfordien par des forages dirigés donnent des indications précieuses, le creusement d'une galerie permettant aux scientifiques de mener leurs expérimentations in situ sur la diffusion des radionucléides, la circulation des eaux ou l'EDZ et sur la diffusion d'autres éléments, doivent se poursuivre.

Fin 2005, les résultats ne pourront être que partiels. La qualification d'un site de stockage ne peut se faire dans de telles conditions. Avant de légiférer, laissons à nos chercheurs le temps nécessaire à la réalisation de l'ensemble du programme scientifique initialement prévu. Respectons aussi la loi : l'expression « laboratoires de recherches » figure au pluriel. Des élus locaux ne peuvent pas accepter que l'éventuelle qualification d'un site de stockage ne se résume qu'à la région de Bure. Pour terminer, je tiens à préciser que toute décision nationale sur le choix d'un site de stockage en couches géologiques profondes ne pourra se faire qu'en respectant certaines conditions : le stockage doit être réversible, le principe du stockage devra être accepté par la population locale et il faudra assurer l'accompagnement social tout au long du processus de décision.

M. Jean-André GALEYRAND, CFE CGC

M. le Président, je vous remercie de me donner la parole. La question posée en premier lieu par le stockage profond en France est liée à l'existence d'un seul laboratoire, alors que la loi du 30 décembre 1991 prévoit la réalisation de plusieurs laboratoires souterrains de recherche dans des formations géologiques différentes. Il est néanmoins inexact de notre point de vue d'affirmer que le site de Bure constitue un stockage définitif. À cet égard, nous souhaitons souligner l'intérêt des présentations qui

nous ont été faites aujourd'hui et qui concernent les coopérations internationales dont les résultats seront très certainement utiles aux politiques lorsqu'il faudra prendre les décisions le moment venu.

En second lieu, la caractéristique d'un stockage profond est sa réversibilité. À cet égard, je voudrais rappeler que confinement et stockage ne sont en aucune manière dilution et pollution. Pour la CFE CGC, il importe de bien séparer le rôle de chacun des acteurs, et cela n'a peut-être pas suffisamment été souligné aujourd'hui. Les industriels producteurs de déchets (à ne pas confondre comme vous le savez avec le combustible usagé) ne peuvent se décharger en l'état des déchets une fois produits. Par conséquent, les industriels, dont la responsabilité ne peut être rétroactive, ont l'obligation de livrer des colis répondant strictement aux spécifications demandées, et qu'ils ont approuvées. C'est une obligation de résultat.

Pour la CFE CGC, la gestion à long terme des déchets, dont pourraient s'inspirer avec bonheur d'autres industries, réclame un véritable contrat social et une gestion collective. Pour nous, il importe sur ce dossier de ne pas jouer sur le réflexe de peur, et de conserver toute notre confiance à l'évolution des sciences et techniques au cours des prochaines années. Rappelons que la découverte de la radioactivité de l'uranium par Henri BECQUEREL remonte à 1896.

Pour terminer sur l'ANDRA, dont il a été question aujourd'hui à juste titre, nous voudrions souligner tout l'intérêt d'un contexte favorable créé par la loi de 1991, qui donne une indépendance déterminante à l'ANDRA pour l'avancement sur l'axe 2. Bien sûr, le besoin d'un site de stockage est évident pour tous les acteurs de la filière. Enfin, au-delà de l'intérêt des moyens de financement qui sont essentiels pour l'ANDRA, nous voudrions rappeler que les salariés sont très conscients de porter un projet d'intérêt national à la croisée de multiples enjeux, notamment de société, et que ces salariés ont un potentiel d'évolution vers d'autres missions, telles que par exemple la déconstruction et les résidus miniers. Je vous remercie pour votre attention.

Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week

Je n'ai pas préparé de déclaration, mais je vais poser une question concernant la réversibilité. D'une part, quelle est la période de réversibilité visée ? Mme VÄÄTÄINEN, qui n'est plus parmi nous, nous a parlé d'une période de cent seize ans, M. ARTHUR du DOE, a parlé de trois cents ans théoriques et de cinquante ans réglementaires. Y a-t-il un consensus sur la durée de réversibilité ? J'ai noté que nous ne pourrions pas poser des questions après les interventions suivantes, et j'enchaîne donc sur l'aspect concernant l'autorisation de sûreté. Une fois les déchets en place, même si l'on fait une autorisation pour un temps limité, les autorités de sûreté se trouvent plus ou moins devant le fait accompli. Ma deuxième question, en presumant que nous aurons le temps d'avoir les réponses, porte sur le surcoût de la réversibilité, dans les divers endroits où elle est envisagée.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Ce n'est pas à moi que s'adressent ces questions, mais j'aurais envie de répondre ce que répondait Mathusalem, qui est mort à neuf cent quatre-vingt-sept ans : « *N'anticipons pas* ». M. LACOSTE pourra peut-être répondre. Je ne suis pas sûr que les autorités de sûreté soient mises devant le fait accompli, car manifestement, dans tous les processus, y compris aux Etats-Unis, c'est l'autorité de régulation qui donne le feu vert.

Mme Saïda LAÂROUCHI ENGSTRÖM, SKB

Je peux donner une réponse sur la manière dont on considère en Suède le sujet de la réversibilité. Comme ingénieur, je pense que d'un point de vue technique, c'est toujours possible de reprendre

quelque chose par le processus inverse. Il s'agit toujours d'une question de coût et d'efforts. Quel est le coût qu'une société à un certain moment est prête à accepter et quel est l'effort que l'on a vraiment envie de faire pour cette réversibilité ? Je pense que pour le programme suédois, la réversibilité n'est pas a priori souhaitable, mais plutôt possible pour les générations futures, si pour une raison ou une autre, ils ont besoin de faire ce processus inverse. Ce qui est en revanche décidé, c'est qu'on devra toujours être en mesure de reprendre un colis endommagé pendant la période en opération, soit cinquante ou soixante années. Au-delà de cette période, c'est une considération sociale, politique et financière.

M. Jean-Luc BOUZON, Conseiller général de la Haute-Marne

Je ferai deux remarques et une question directe à nos Parlementaires, puisque nous avons la chance de les avoir ici. Au moins ils ne se « défilent » pas. J'ai fait le choix de venir en tant qu'opposant aujourd'hui, et je ne le regrette pas. Je pense que les élus meusiens avaient leur place. Au-delà de ce que j'ai pu dire, d'autres l'ont fait à leur façon, sans être opposants. Mais scientifiques ou pas, vous devez entendre tous les doutes, voire les colères, les inquiétudes, les peurs, de celles et ceux qui sont censés accueillir ce qui risque d'arriver dans le cadre de la loi Bataille.

Ce dossier va devenir passionnel compte tenu de ce que l'on va enclencher en Haute-Marne et en Meuse, comme je vous l'ai dit et je m'y tiendrai. Je souhaite que la voix de celles et de ceux qui n'ont jamais voix au chapitre, c'est-à-dire les populations, soit associée et entendue, car ce n'est ni vous ni moi qui allons décider, mais les quatre cent mille Meusiens et Haut-Marnais qui sont en droit d'exiger qu'on leur demande leur avis, car c'est chez eux, dans leur « jardin » qu'ils sont censés accueillir ce qui n'est rien d'autre à mon avis qu'une « poubelle nucléaire ».

Depuis ce matin, on nous dit qu'on va faire notre « bonheur ». Vous pouvez vous garder votre « bonheur », car on ne veut pas de ce genre de « bonheur ». Il a même été souligné que pendant trois cent mille ans, on pourra dormir tranquilles. Pour ma part, je ne vais pas dormir tranquille ce soir.

Je vais poser une question directe à nos Parlementaires, sans détours. Dans la loi Bataille, qui s'appelle ainsi et qu'il faut donc assumer, « *laboratoires* » est écrit au pluriel. Ce n'est pas une faute de frappe ou d'orthographe. Dans ces conditions, comment le Parlement pourra-t-il prendre sa décision en 2006 ? J'estime que Bure est, pour l'instant, hors la loi et je pèse mes mots. Nous irons devant le tribunal administratif s'il le faut. La loi Bataille prévoit bien que, pour que le Parlement et le Sénat se fassent une opinion, il doit y avoir des éléments comparatifs, et plusieurs laboratoires. Ce n'est pas respecté.

Le dernier axe de la loi Bataille prévoit la consultation des populations, et ce n'est pas respecté non plus, mais faites-nous confiance car nous allons nous en occuper.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

M. BOUZON, je vous ferai seulement deux remarques. La première, c'est que les Parlementaires rapporteurs se doivent naturellement d'être présents à l'ensemble des auditions, puisque c'est nous qui les organisons. Nous cherchons aussi à nous informer en écoutant les intervenants qui ont été invités à s'exprimer aujourd'hui. C'est donc le rôle naturel des Parlementaires ici présents.

La deuxième chose est que dans le droit fil de ce qu'a indiqué Mme ENGSTRÖM, pour qu'il y ait ensuite un débat, il faut d'abord faire le point sur les connaissances scientifiques qui ont été accumulées. C'est ce que nous tentons de faire et c'est ce que nous tenterons de faire dans la présentation de notre rapport. À partir de là, les différentes forces, politiques, syndicales, associatives et autres, pourront s'exprimer et pourra alors s'engager un débat sur cette question. Je répète, comme je

l'ai signalé dans mon intervention liminaire ce matin, que nous nous bornons pour l'instant aux aspects scientifiques exclusivement. On ne peut pas dire à la fois qu'on n'a pas d'informations sur les résultats scientifiques et ne pas avoir ces auditions pour faire le bilan. Nous essayons donc de tirer le bilan.

Permettez-moi une dernière remarque. En tant qu'élus, depuis longtemps, je pense que les élus ont un sens de la responsabilité. Le ton sur lequel vous appelez quasiment à l'émeute me chagrine profondément, venant d'un élu qui, par définition, est à mon sens responsable.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Vous parlez, M. BOUZON, de ceux qui n'ont jamais voix au chapitre. Ce n'est pas exact. En démocratie, les citoyens ont régulièrement voix au chapitre. Il existe des rendez-vous électoraux. Nous sommes ici dans l'Assemblée nationale, qui est faite des représentants du peuple élus, et nous sommes dans une démocratie représentative. Les Parlementaires ont à décider. Ils ne le font pas en leur nom personnel, mais forts du mandat qui leur a été donné par le peuple. Vous avez une autre lecture du fonctionnement de la démocratie, qui se fonde sur des assemblées populaires, une logique référendaire locale qui n'est pas inscrite dans la Constitution, qui ne se change pas sur un « claquement de doigts ». Je conteste votre propos lorsque vous dites que les populations, l'opinion publique, les citoyens, ne sont pas consultés. Ce n'est pas vrai. Les conseils municipaux ont eu leur mot à dire et ils l'auront encore. Les conseils généraux se sont concertés et l'Assemblée nationale va débattre. À ces différents niveaux, la démocratie fonctionne bien dans notre République.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, Christian BATAILLE. Nous en revenons aux présentations. Je vais demander aux intervenants de concentrer leurs pensées. Je donne la parole à M. Christophe DELLIS, sur les outils de modélisation et de simulation numérique d'un centre de stockage géologique.

Reprise des présentations

M. Christophe DELLIS, Ingénieur projet, Direction simulation et outils expérimentaux, CEA : Les outils de la modélisation et de la simulation numérique d'un centre de stockage géologique

Merci, M. le Président. À propos des outils de modélisation et de simulation, nous sommes partis tout d'abord d'une analyse en amont des problèmes et d'un état des lieux : pour modéliser un stockage de déchets radioactifs, ce sont des phénomènes multi-échelles et multiphysiques qui sont en jeu. C'est ce que l'on a pu constater dans les différentes présentations qui ont été faites aujourd'hui. On part de phénomènes très locaux comme la corrosion, puis on en vient aux colis, à l'alvéole, au stockage et on va jusqu'à une échelle régionale. Le caractère multiphysique renvoie à des phénomènes mécaniques et chimiques, avec la corrosion, ou couplés avec des problèmes de transport.

Des difficultés numériques sont spécifiques à cette étude d'un site de stockage radioactif, puisque les couplages sont forts entre les différents phénomènes. Il existe également de forts contrastes entre les propriétés physiques. On a évoqué tout à l'heure de propriétés au niveau des matériaux géologiques qui avaient un fort pouvoir de rétention, avec des coefficients très faibles pour permettre le transport des radionucléides, et à d'autres endroits des couches qui vont permettre un transport beaucoup plus rapide.

Un autre aspect est le caractère géométrique, qui est très important, avec un facteur 100, puisque le site de stockage fait quelques dizaines de mètres de hauteur, et l'on est sur une région géologique de l'ordre de la dizaine de kilomètres à étudier.

Enfin, la simulation des temps longs est de l'ordre du million d'années, comme cela a été dit à plusieurs reprises.

On souhaite également pouvoir réaliser des études de sensibilité, à la fois aux données et aux modèles, et il faut pouvoir gérer les différentes études qui seront réalisées et les tracer.

Un autre objectif qui était fixé au départ par l'ANDRA était de pouvoir réaliser les calculs de sûreté en 2004 sur une plate-forme de simulation et de modélisation.

Pour atteindre ces différents objectifs, on a choisi de s'orienter vers les besoins opérationnels et de développer une plate-forme de simulation ANDRA, CEA et EDF, qui nous a rejoints en 2003, permettant d'intégrer les différents phénomènes et connaissances. Le terme d'intégration a d'ailleurs été repris à plusieurs reprises aujourd'hui, et c'est quelque chose de très important. Il s'agit également de pouvoir développer les couplages entre les différents outils, de permettre les études de performance ou de référence afin d'appuyer les hypothèses pour ensuite réaliser les analyses de sûreté.

Un objectif de flexibilité a également été intégré de façon à prendre en compte l'évolution des modèles de référence au fur et à mesure de l'avancée des recherches, et pouvoir se plier à l'évolution des besoins des utilisateurs au moment où ils réalisent leurs études. Enfin, nous avons un objectif de maîtrise de l'outil et du projet avec une assurance de la qualité, qui a été constante au niveau du déroulement du projet Alliances, une documentation et, du côté plus informatique, des bases de tests unitaires et une qualification qui permet d'avoir confiance en l'outil.

Le plan de développement qui a été réalisé conjointement par le CEA et l'ANDRA sur la plate-forme Alliances a démarré en 2001 avec une étude de faisabilité, une décision du démarrage du projet en juin 2001, avec un prototype qui a été évalué courant 2002 et une version 1 de la plate-forme qui s'est déroulée de mi-2002 à mi-2003 pour aboutir à une version industrielle fin 2003, avec la V1.2. On note en janvier 2003 le fait qu'EDF a rejoint les partenaires CEA et ANDRA pour co développer cette plate-forme. Le co développement signifie à la fois que des agents CEA, EDF et ANDRA travaillent ensemble sur ce projet et réalisent ensemble la plate-forme.

En décembre 2003, on note la livraison de la version V1.2.b qui était qualifiée et qui a permis à l'ANDRA de débuter dès le début 2004 les calculs de sûreté. On voit la poursuite aujourd'hui des développements de cette plate-forme et de sa qualification, avec la prise en compte de la validation expérimentale. Une version V2 sera livrée en mars 2005 et une version 1.3 a été livrée à mi-2004, qui a permis de prendre en compte de nouveaux phénomènes nécessaires au déroulement des études de sûreté de l'ANDRA, et qui a été déployée de manière industrielle à l'ANDRA et chez ses partenaires en septembre 2004.

Nous avons une stratégie logicielle ouverte vers des moyens modernes et des coopérations, avec un co développement ANDRA, CEA et EDF, et une intégration des codes existants, soit industriels du marché, soit des différents partenaires qui contribuent au co développement de cette plate-forme, soit des codes universitaires. Le choix est de mettre plusieurs codes pour chaque application avec un modèle de données physiques commun, qui permet, au sein de la plate-forme Alliances, de pouvoir tester les différentes options numériques ou les différents modèles au sein de la même plate-forme, ou encore de réaliser des intercomparaisons entre les différents codes pour avoir confiance dans les résultats fournis. Des algorithmes de couplage sont développés au sein de la plate-forme afin de pouvoir coupler les composants numériques. Cette plate-forme s'appuie, pour toute la partie amont et interface avec l'utilisateur, sur la plate-forme Salomé, développée dans le cadre du réseau des

technologies logicielles (RNTL), qui permet d'apporter tous les composants de géométrie, maillage et visualisation, et aux développeurs d'Alliances de se focaliser sur la physique et le numérique.

Nous avons ensuite une introduction progressive des nouvelles capacités de modélisation pour pouvoir avancer dans la modélisation des sites de stockage et, comme cela a été souligné dans la présentation du CNRS, une ouverture vers le monde académique, avec des collaborations avec l'École des Mines, l'Institut de mécanique, des fluides et des solides de Strasbourg, ou le GdR MOMAS.

La plate-forme d'intégration s'appuie sur des choses existantes issues du RNTL avec le projet Salomé, et la plate-forme elle-même, au niveau du numérique et des différents composants, avec plusieurs niveaux d'intégration afin de permettre à l'utilisateur de réaliser les applications.

Une démarche qualité a été mise en œuvre tout au long de ce projet et permet d'aboutir avec la V1.2 en décembre 2004 à une base de qualification complète, intégrant à la fois des tests unitaires permettant de tester la manière dont les composants ont été intégrés et de vérifier que leur comportement, au sein ou en dehors de la plate-forme, est identique. Des tests physico-numériques permettent de se comparer avec des solutions analytiques reconnues par les physiciens (environ cent cinquante tests). Enfin, des tests d'application ont pour vocation de tester sur des cas réels le comportement de la plate-forme en comparant avec des solutions de référence, soit des résultats expérimentaux, soit des résultats issus d'études précédentes avec d'autres outils numériques. Ce processus de qualification s'appuie sur l'apport de physiciens qui observent les résultats et apportent leur avis. Ils sont ensuite intégrés dans un processus automatique de non-régression qui permet d'avancer dans les différentes versions de la plate-forme et d'être en symbiose avec les résultats obtenus par l'ANDRA et les études menées.

Au niveau de l'utilisation, on peut dire à partir de décembre 2004 et de la première version industrielle V1.2, qu'il s'agit d'un outil industriel opérationnel, qui se révèle robuste et rapide pour pouvoir mener les études de l'ANDRA. Enfin, il a une capacité à comparer les résultats issus des différents codes. C'est une souplesse pour celui qui doit apporter son avis d'expert lorsqu'il doit faire tourner les calculs et comparer les résultats.

Quelques chiffres peuvent être donnés pour préciser les calculs de sûreté menés par l'ANDRA en 2004. Un peu plus de deux mille sept cents cas de calculs ont été réalisés. Sur la plate-forme Alliances V1.2 .b et V1.3 on a relevé moins de dix anomalies ou bugs. Enfin, cinq milliers de Gigaoctets ont été générés à la fin 2004 qui doivent être analysés pour permettre à l'ANDRA de réaliser ses conclusions.

Les conclusions et perspectives sur cette plate-forme Alliances peuvent être les suivantes. D'une part, un développement en deux ans d'un outil industriel de simulation qui prend en compte le multiphysique (phénomènes d'hydraulique, de migration des radionucléides, les couplages chimie transport), qui a été validé du point de vue physique et numérique, et qui est développé pour permettre une flexibilité et une évolutivité à la fois au niveau du modèle de données permettant l'intégration de nouveaux composants et une modularité en vue de la flexibilité qui était un objectif initial. D'autre part, les perspectives pour les prochaines années peuvent se résumer en l'introduction de nouvelles physiques et la volonté d'ouverture de cette plate-forme à l'Europe et à l'international via les projets sixième PCRD.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. DELLIS. Je demande maintenant à M. REPUSSARD, directeur général de l'IRSN, appui technique de l'autorité de sûreté, de nous présenter les acquis de son institution pour évaluer les projets de stockage.

M. Jacques REPUSSARD, directeur général, IRSN : Les acquis de l'appui technique de l'autorité de sûreté pour évaluer un projet de stockage

Messieurs les députés, mesdames et messieurs. Si le Gouvernement, à l'issue du processus engagé par la loi de 1991, retient le principe de l'édification du stockage en couches géologiques, l'IRSN, au titre des missions qui lui ont été confiées par son décret de création en 2002, aura le moment venu à présenter un avis sur le dossier de sûreté qui sera proposé par le futur exploitant.

Depuis 1991, et même avant, l'IRSN (autrefois IPSN) s'est attaché à apprécier la disponibilité et la pertinence des éléments de réponse qui devront être apportés aux principales questions que suscite un tel projet en se plaçant dès l'origine dans la perspective du processus d'évaluation de sûreté d'un projet de stockage géologique, ce processus reposant notamment sur le principe de la défense en profondeur. L'IRSN, qui est aussi un organisme de recherche, a étayé cette démarche à l'aide de programmes autonomes de recherches ciblées, menées soit en propre dans nos laboratoires et sites expérimentaux comme celui de Tournemire, qui a été cité ce matin, soit en collaboration avec d'autres organismes en France ou à l'étranger. Depuis une quinzaine d'années, ceci a représenté un investissement en recherche de l'IRSN supérieur à 80 millions d'euros. Une synthèse très courte de ces travaux de recherche sera remise à l'Office parlementaire et sera disponible pour les personnes intéressées. Les questions sur lesquelles les recherches déjà réalisées, en cours, ou les recherches prévues, devront apporter un éclairage suffisant pour apprécier la sûreté globale d'un futur projet d'installation s'organisent à notre sens autour de cinq thèmes principaux :

1. la qualification de la couche géologique envisagée pour accueillir l'installation, au regard de l'inventaire prévisible des radionucléides que l'on compte y stocker ;
2. l'impact à long terme des interactions entre les colis, leurs enveloppes, les ouvrages et le milieu géologique. Tous ces éléments, à commencer par les colis, constituent en effet des barrières successives de confinement et leur performance sera affectée par ces interactions au cours du temps. Il convient donc de comprendre ces phénomènes, et de les anticiper ;
3. la capacité à réaliser des scellements durablement efficaces des voies d'accès et de ventilation de l'installation ;
4. la sûreté de l'installation pendant toute sa phase de l'exploitation, y compris les aspects de radioprotection pour le personnel d'exploitation (qui durera plusieurs décennies comme cela a été mentionné par nos collègues suédois notamment), et l'impact à long terme sur la performance du stockage des conditions de réalisation industrielle et d'exploitation. Il s'agit notamment d'apprécier l'impact des contraintes liées à l'éventuelle réversibilité ;
5. la capacité à modéliser le comportement dans le temps du système de stockage dans son ensemble, y compris dans son milieu, pour évaluer en tenant compte des principales incertitudes, la robustesse des concepts proposés, notamment en termes de marge de sûreté au regard des scénarios pénalisants.

Je ne reviendrai pas sur ce dernier sujet, car il fait l'objet de nombreux échanges internationaux et l'exposé qui vient d'être présenté a montré l'exemple d'un tel outil, mais il en existe d'autres, notamment à l'IRSN. Il sera intéressant de confronter non pas les modèles mais l'application des modèles à des données réelles venant du terrain, dont nous ne disposons pas aujourd'hui.

Je vais revenir sur les différents sujets, en indiquant tout d'abord que les appréciations préliminaires et provisoires de l'IRSN sur la base des données scientifiques actuellement disponibles peuvent être brièvement résumées de la manière suivante (ceci fera l'objet de notes qui seront transmises au secrétariat de l'Office parlementaire).

Sur un plan général, les bases de connaissances qui ont été réunies devraient permettre de porter une première appréciation du point de vue de la sûreté sur les points forts et les points faibles de la couche argileuse et des concepts de stockage étudiés en vue de la réalisation éventuelle d'une telle installation de stockage. À ce stade, l'IRSN n'a pas identifié d'éléments rédhibitoires du point de vue de la sûreté à la définition d'un tel stockage de déchets radioactifs de haute activité et à vie longue dans la formation argileuse sur le site de Bure. Cette appréciation préliminaire nécessite d'être confortée par l'évaluation qui sera faite du dossier qui sera remis par l'ANDRA au cours de l'année 2005.

D'une manière plus spécifique, au regard des problématiques déjà évoquées, concernant les quatre grands domaines de questions, je voudrais apporter les éléments d'appréciation complémentaires suivants. Sur le sujet de la qualification de la couche argileuse, il existe des indices favorables quant à son homogénéité et à l'existence au sein de cette couche de blocs sains de grande dimension. Les techniques de reconnaissance locale de la formation géologique paraissent prometteuses et permettent probablement d'avoir une représentation réelle de la qualité de la couche, mais il restera à valider sur l'ensemble de la zone concernée par un futur stockage les résultats qui aujourd'hui ne sont disponibles que sur le site du laboratoire lui-même.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, les données actuellement disponibles ne permettent pas de proposer un schéma unique d'écoulement hydraulique dans la région étudiée. Il faudra donc établir, à l'aide de modèles qui seront nécessairement relativement complexes, un ensemble d'hypothèses raisonnablement pénalisantes du point de vue de l'évaluation de l'impact possible d'un stockage. Toutefois, l'IRSN estime aujourd'hui que les concepts envisagés par l'ANDRA sont globalement pertinents au regard de cette problématique.

Le second sujet concerne les interactions physiques et chimiques des différents composants du stockage. En ce qui concerne les aspects thermiques, nous considérons que ces questions pourraient être clarifiées dès l'année 2005. De la même manière, un jeu d'hypothèses pénalisantes devrait pouvoir être élaboré assez rapidement pour tenir compte de l'impact de la zone endommagée au voisinage de l'ouvrage. En revanche, en ce qui concerne les aspects chimiques, les hypothèses de travail restent à valider par des expérimentations de longue durée et dans des situations représentatives, notamment au sujet de la corrosion des conteneurs et de la possible constitution d'une phase gazeuse importante au sein d'ouvrages et des alvéoles.

En ce qui concerne les scellements et leur performance au niveau de la sûreté, leur niveau de performance est important pour la sûreté de l'installation. Les essais réalisés par l'IRSN montrent que les zones d'interface entre le bouchon et la roche peuvent être significativement plus perméables que le bouchon lui-même. Il conviendra donc d'être attentifs aux conditions dans lesquelles les techniques expérimentales qui ont été testées sur différents sites, mais pas à Bure, pourront être transposées à l'échelle d'une installation opérationnelle et en tenant compte des caractéristiques propres des argiles de Bure.

En ce qui concerne la sûreté d'exploitation d'une telle installation, je dois souligner que cet aspect n'a été que peu débattu jusqu'ici. Les risques qu'il s'agira de maîtriser ont certes beaucoup de points communs avec ceux d'autres installations nucléaires, avec en plus la contrainte spécifique liée au caractère souterrain de cette installation. En outre, il conviendra d'être très attentif à la qualité de réalisation des ouvrages, à l'échelle industrielle, en ce qui concerne non seulement le creusement des galeries, mais aussi la réalisation des colis et de leurs enveloppes. La capacité de passer de l'échelon de laboratoire au stade industriel sera un facteur majeur de la sûreté de la future installation et affectera globalement la performance en termes de sûreté.

Je voudrais souligner en conclusion que si de nombreux progrès des connaissances scientifiques ont été réalisés au cours des dernières années, de très nombreuses connaissances et surtout des données importantes pour la sûreté manquent encore aujourd'hui. Ces connaissances paraissent cependant raisonnablement à notre portée si nous faisons l'effort de continuer les recherches.

En 2006, il ne sera donc pas envisageable, de notre point de vue, de disposer d'éléments suffisants pour fonder une démonstration de sûreté au sens du processus réglementaire de création d'une installation de stockage géologique de déchets radioactifs. L'IRSN est prêt à poursuivre ses travaux de recherche sur ces sujets, comme il l'a fait depuis plus de quinze ans, notamment en travaillant aux côtés de l'ANDRA sur le site du laboratoire de Bure, puisque nous avons une convention de coopération que nous souhaitons pouvoir poursuivre au-delà de l'année 2006 et à coopérer avec tous les acteurs scientifiques en France et à l'étranger. Enfin, je voudrais souligner qu'en tant qu'expert public du risque nucléaire et radiologique, l'IRSN est aussi prêt à contribuer au nécessaire éclairage scientifique du débat de société dont il a été question, qui est extrêmement important pour la gestion totale et le processus de prise de décision en matière de gestion de déchets radioactifs dans notre pays. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. REPUSSARD. Je vais maintenant demander à M. DUPLESSY, membre de la Commission nationale d'évaluation, de nous délivrer quelques points clés de l'évaluation par la CNE des recherches relatives à l'axe 2 de la loi du 30 décembre 1991.

M. Jean-Claude DUPLESSY, membre de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation par la CNE des recherches relatives à l'axe 2 de la loi du 30 décembre 1991

Tout d'abord, je dois vous présenter les excuses du président TISSOT, qui a été bloqué par la grève des trains. Il a fait plusieurs tentatives pour rejoindre Paris sans succès.

Le premier point dans notre évaluation, qu'il faut souligner, est que depuis deux ans, après le dossier Argile 2001 présenté par l'ANDRA, nous avons observé des progrès considérables. Je voudrais insister sur un point en particulier, qui est qu'aujourd'hui, les scientifiques disposent de plus de 2 km forés dans le Callovo-Oxfordien. Ils peuvent donc étudier cette roche, alors même que l'on n'est pas arrivé au fond du puits.

Le second point à souligner est que nous avons donc eu une « moisson » de données considérable, et nous en attendons une seconde. Cette « moisson » très importante que nous attendons nécessite que l'on ait les résultats des études et des expérimentations qui seront faites dans la niche mais aussi que les travaux prévus par l'ANDRA dans le laboratoire souterrain et dans la couche hôte proprement dite soient effectués. Cela va nécessiter du temps.

Un autre point important à signaler concerne le contexte granitique. L'ANDRA poursuit des travaux en collaboration avec les laboratoires et instituts étrangers. Il faut bien réaliser que la France ne dispose pas de boucliers granitiques stables comme le Canada ou la Scandinavie. Par conséquent, d'un point de vue purement scientifique, il est évident que dans un pays où nous avons eu de la tectonique alpine et pyrénéenne entre autres, il sera certainement beaucoup plus difficile que dans ces autres pays de trouver un site qui réponde à tous les désirs pour confiner éventuellement des radionucléides.

D'autre part, nous souhaitons souligner un point que la CNE a évoqué depuis sa création. Certainement, les perspectives en matière de séparation et de transmutation permettront à l'avenir de

réduire certaines contraintes, mais pas toutes. Dans ces conditions, un dépôt géologique profond reste une option très forte pour prendre en compte les déchets présents et ceux qui risquent de venir.

Si l'on examine les travaux qui ont été faits pour le stockage souterrain, ils ont commencé depuis longtemps avec l'ANDRA, et au début de la mission qui lui a été confiée, elle a étudié trois sites afin de déterminer s'ils étaient satisfaisants pour y installer des laboratoires. Il s'agissait donc de sites qui paraissaient géologiquement convenables pour assurer un stockage de déchets dans des conditions satisfaisantes. La CNE a été amenée à évaluer tous les travaux effectués par les équipes de l'ANDRA, et nous avons remis un rapport (nous n'avons pas été les seuls). Sur la base de l'ensemble de ces informations, le Gouvernement a choisi la formation argileuse du Callovo-Oxfordien dans le site de Bure pour l'implantation d'un laboratoire souterrain.

L'ANDRA a donc lancé des travaux, et je voudrais souligner un point que je considère comme extrêmement important en tant que scientifique. Au fil du temps, des liens se sont établis entre l'ANDRA et la communauté scientifique universitaire, le CNRS, et européenne. Par conséquent, les travaux qui depuis plusieurs années sont menés sur l'axe 2 se font dans une large coopération, avec une très grande ouverture. L'avantage des scientifiques est que ce sont des gens qui par nécessité pour leur promotion, doivent publier, et ils doivent le faire dans des revues internationales, à comité de lecture. Ce ne sont pas simplement des idées « en l'air » qui sont écrites quelque part, mais des recherches fondées, qui reposent sur des travaux lourds, dans lesquels on exprime le résultat et les conséquences. C'est examiné par des pairs qui sont en général peu « tendres » et qui portent leur appréciation afin de déterminer si le travail est digne d'être publié. Le travail que l'ANDRA a mené en réussissant à rassembler, comme l'a signalé Sylvie JOUSSAUME ce matin, plus de deux cents chercheurs universitaires indépendants, qui font ce travail de recherche fondamentale et qui les publient, est un point pour nous considérable dans la crédibilité que l'on peut avoir des résultats qui sont présentés.

Un autre point important est que les options de réversibilité sont bien prises en compte dans les études. Nous y sommes sensibles, et nous voyons au cours du temps que l'ANDRA nous présente un schéma qui intègre la réversibilité.

Lorsqu'on a exprimé une évaluation sur les travaux concernant l'axe 2, il faut être conscient du fait que la caractérisation d'un site, même s'il s'agit du site de Bure, ne nécessite pas forcément un laboratoire souterrain, des puits de grand diamètre et des galeries. Il faut qu'il y ait bien d'autres choses, en amont notamment. En particulier, il va de soi que les forages, toutes les études de diagraphie, tous les travaux qui ont été menés dans une large collaboration technique, notamment avec l'IFP, ce qui a permis d'utiliser les techniques de pointe les plus performantes actuellement pour caractériser le site de Bure, sont à mettre au crédit de l'ANDRA. Nous avons ainsi un ensemble de résultats qui permettent de bien caractériser le site, en attendant d'avoir un accès. Nous ne partons donc pas à vide. Cependant, ces résultats, hautement significatifs, doivent être complétés par l'accès à la formation.

Je voudrais examiner maintenant les choses en passant à une échelle de plus en plus grande. Je vais donc commencer par le plus simple, qui est la roche. Beaucoup de travaux ont été réalisés sur cette roche et la communauté scientifique a pu travailler en laboratoire à partir des 2 km prélevés. On a tout un ensemble de résultats que l'on peut considérer comme positifs : faible perméabilité, capacité de rétention géochimique élevée, régularité stratigraphique et minéralogique et jusqu'à présent on n'a pas pu reconnaître de fractures conductrices. C'est un ensemble de points très positifs car si on ne les avait pas trouvés, cela aurait été une source d'inquiétude majeure. Nous pouvons donc être satisfaits sur ce point.

À une échelle un peu plus grande, on peut examiner les travaux sur les encaissants et sur la région, dans l'environnement géologique. On peut constater que l'on trouve de très bons caractères de continuité, d'homogénéité et de stabilité qui sont ceux que l'on souhaite avoir pour un éventuel stockage. Parmi les points intéressants, les gradients hydrauliques entre aquifères sont faibles et aucune faille conductrice n'a été identifiée à ce jour. Il faut donc maintenant aller vérifier, mais pour l'instant les résultats sont satisfaisants.

Pour conclure, il n'y a pas que des choses positives à dire, malheureusement. Il est clair qu'il reste des points importants à acquérir. À nouveau, je vais me permettre d'examiner cela à des échelles de plus en plus grandes. Pour avoir une connaissance intime de la formation, comme les scientifiques aiment bien l'avoir, au point d'être capables de prédire ce qu'ils vont trouver et voir avant même d'avoir fait la mesure, il reste encore beaucoup d'études complémentaires qui sont de longue durée. 2006 ne peut pas être un arrêt de la recherche. M. BATAILLE l'a souligné mais scientifiquement, il serait catastrophique de croire que l'on a réglé les choses aujourd'hui. L'expérimentation in situ dans le laboratoire souterrain doit être menée. L'ANDRA avait fait des présentations de projets, et ce travail doit être mené à bien. Par ailleurs, le comportement du laboratoire et des galeries dans le temps est important. Un collègue mécanicien m'indiquait qu'au départ, lorsqu'on examine les choses cela se passe bien, mais il faut voir comment cela évolue au fil des mois. Il faut absolument étudier le comportement mécanique et thermique de la roche et des expérimentations seront à faire avec les dégagements de chaleur qui sont potentiellement envisageables avec des déchets radioactifs. La zone endommagée est un point fondamental, comme on l'a dit. Un autre point qui nécessite des études significatives est le devenir des gaz générés par le stockage et leur impact sur la migration des radionucléides.

Je vais aller encore plus loin. Imaginons que nous soyons satisfaits de tout cela. La recherche ne sera toujours pas terminée. Si le Gouvernement prenait la décision de commencer à envisager la création d'un site de stockage sur la base de la qualité des travaux effectués dans le laboratoire, il restera encore un travail scientifique considérable à mener, qui comprendra de la sismique 3D, des galeries et des puits devront être creusés et ceux-ci devront être accessibles aux géologues pendant toute la phase de travail. Il ne s'agira pas uniquement de percer à toute vitesse des trous sans observer le terrain. Il faudra également suivre l'examen de l'évolution mécanique de ces galeries.

M. le Président, après vous avoir présenté notre vision des choses, ses aspects positifs et tout ce qui reste à faire, je vais m'arrêter. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci beaucoup, M. DUPLESSY, de nous avoir présenté l'avis de la CNE, qui a suivi au jour le jour les recherches et le dossier. Je demande maintenant à M. André-Claude LACOSTE, directeur de la sûreté et de la radioprotection, de nous présenter sa communication. Peut-être pourra-t-il répondre à la question qui s'adressait à Mathusalem...

M. André-Claude LACOSTE, directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection,
DGSNR : Le stockage, réversible ou irréversible, en formations géologiques profondes

Je parlerai de ce que pense l'autorité de sûreté nucléaire d'un certain nombre de cas et lorsque je dirai « *nous pensons* », il faudra comprendre que c'est au terme d'un processus dans lequel nous nous appuyons, sur l'expertise technique de l'IRSN, sur les avis d'un groupe permanent d'experts, et vis-à-vis duquel nous nous tournons largement vers nos collègues étrangers afin de connaître la situation ailleurs qu'en France. Au sein même du groupe permanent d'experts, nous avons un certain nombre d'experts étrangers, et nous collaborons en détail avec la Commission nationale d'évaluation, bénéficiant elle-même de compétences internationales.

Je parlerai du stockage réversible ou irréversible en formations géologiques profondes, et je m'efforcerai d'aborder successivement quatre points :

- la réglementation applicable ;
- le régime d'autorisation des différentes étapes de la construction des laboratoires souterrains ;
- comment contrôlons-nous, du point de vue de la sûreté, les recherches menées par l'ANDRA ;
- comment comptons-nous donner un avis au Gouvernement aux différentes étapes prévues par la loi.

La réglementation applicable

Elle est contenue dans une Règle fondamentale de sûreté, la RFS III.2.f, qui a été publiée par nous en juin 2001 et qui est en cours de révision pour tenir compte d'un certain nombre d'éléments, dont la loi Bataille, le retour d'expérience, un certain nombre de recommandations émises ou préparées par des institutions internationales. Cette RFS reste le document de référence dont nous nous servirons pour l'examen des dossiers en 2005.

Rappel des grandes étapes d'autorisation du processus initié par la loi de 1991

En janvier 1994, le Gouvernement a choisi quatre zones géologiques favorables après une mission de médiation conduite par M. BATAILLE. En juin 1996, après avis de l'ASN, le Gouvernement a autorisé l'ANDRA à déposer des dossiers de demande d'autorisation de création de laboratoire sur trois sites (dans le Gard, dans la Vienne et à Bure).

À ce moment-là, l'ASN a émis deux avis. Le premier, du 10 avril 1996, a été rendu public et a fait l'objet d'un communiqué. Nous y indiquions que les préoccupations de sûreté étaient à prendre en compte le plus en amont possible. Un deuxième point, qui était tout à fait important à l'époque, était que la recherche dans les laboratoires souterrains devait être à caractère non pas académique mais opérationnel. Autrement dit, il ne s'agissait pas de vérifier ou d'approfondir les connaissances sur tel horizon géologique en général, mais d'étudier ce qui se passait sur un site en particulier. Nous indiquions également qu'une procédure d'autorisation sur les trois sites pouvait être engagée.

Nous avons émis un nouveau rapport le 1^{er} décembre 1997, en indiquant que les sites de l'est et du Gard étaient les plus favorables, et en faisant des réserves sur le site de la Vienne, qui était dans un horizon granitique.

En décembre 1998 est intervenue la décision du Gouvernement de créer un laboratoire souterrain sur le site de Bure et de lancer une procédure de sélection d'un nouveau site granitique. Cette procédure de sélection n'a pas débouché, pour les raisons qui ont été évoquées à plusieurs reprises aujourd'hui. En août 1999 ont été signés le décret d'autorisation du laboratoire de Bure et le décret fixant la composition du Comité local d'information et de suivi de Bure.

Je rappelle ces étapes car elles montrent le chemin parcouru depuis la loi du 30 décembre 1991. Depuis lors, nos préoccupations sont principalement de trois ordres :

- acquérir des connaissances sur les terrains traversés ;
- minimiser les perturbations mécaniques et hydrauliques lors du creusement des puits ;
- obtenir le maximum de résultats à l'échéance de 2006.

Où en sommes-nous en termes d'examen des dossiers ? Un dossier important était le dossier 2001 Argile, déposé en 2001 et qui correspond aux connaissances acquises par l'ANDRA à cette date. Nous avons conclu l'examen de ce dossier en notant la qualité des recherches et l'absence d'éléments rédhibitoires. Cependant, nous avons noté un certain nombre d'axes d'amélioration sur la méthodologie de sûreté, les concepts de stockage et la prise en compte des incertitudes.

Au même moment, ce dossier a été revu par un collège international de pairs mandaté par l'Agence de l'énergie nucléaire, qui a abouti aux mêmes conclusions.

Où en sommes-nous sur la préparation de l'examen des dossiers 2005 ? Il est prévu en 2005 que l'ANDRA transmette une première version des dossiers 2005 Argile et Granite, et une version définitive au plus tard à la fin de l'année. Nous avons bâti un système pour que, sur la base d'un cadrage de notre part, après instruction par l'IRSN, des examens soient faits par nos groupes permanents d'experts, de façon à aboutir à un avis au début 2006. Dans le même temps est prévue une nouvelle revue par des pairs de l'Agence de l'énergie nucléaire. Le système est organisé de façon à ce qu'un maximum d'éléments soit rassemblé au début 2006.

Je m'étendrai peu sur la situation dans les autres pays, car des exposés spécifiques lui ont été consacrés. Je résume la situation en disant que, clairement, le stockage géologique est une solution de référence pour les déchets de haute activité à vie longue dans une multitude de pays.

J'ajoute quelques éléments pour dire que nous poursuivons notre travail de cohérence et d'harmonisation en Europe. En particulier, récemment, un séminaire européen a été réuni par nous et nos collègues belges de façon à réfléchir à la mise en place de niveaux de référence de sûreté communs pour la sûreté du stockage en formations géologiques profondes afin d'unifier les conditions demandées par les différentes autorités de sûreté en Europe.

J'en viens à mes conclusions, dont la troisième est énoncée de façon lapidaire. La première est que l'Autorité de sûreté nucléaire vise à mettre à disposition du Gouvernement et du Parlement, en 2006, suffisamment d'éléments sur la sûreté des modes de gestion industrielle des déchets de moyenne et haute activité à vie longue. La deuxième conclusion est qu'au stade actuel, nous ne voyons pas d'éléments rédhibitoires s'opposant à la construction éventuelle d'un stockage souterrain dans la structure géologique en cours d'investigations à Bure. Début 2006, nous verrons si ce jugement peut être conforté, appuyé et développé, mais c'est en construction.

Enfin, le dernier point est énoncé sous forme d'une question : quid de la réversibilité ? Volontairement, je n'ai pas fait de transparent sur ce point car je pense que c'est loin d'être un point technique ou scientifique. C'est un point tout à fait fondamental, qui est presque lié à une vision du monde, et qui est sûrement lié à des conditions d'acceptation ou d'acceptabilité du stockage souterrain. J'ai été très frappé en début de séance aujourd'hui par deux affirmations de Jean-Paul MINON, directeur général de l'ONDRAF, et actuel président de notre groupe permanent d'experts. La première est que la sûreté d'un stockage géologique ne peut pas reposer sur la réversibilité. La deuxième est que la réversibilité ne doit pas mettre en cause la sûreté d'un stockage. Ces deux affirmations sont tout à fait fondamentales et définissent bien les marges entre lesquelles nous devons opérer.

Je compléterai cela en évoquant trois points sur la réversibilité. En premier lieu, pourquoi la réversibilité ? On peut penser que celle-ci est souhaitable ou nécessaire pour un certain nombre de raisons. D'une part, tant qu'il y a réversibilité, cela permet une certaine surveillance du stockage. Cela permet aussi une certaine maintenance ou un certain entretien du stockage. Tant qu'il y a réversibilité, on peut imaginer de reprendre des déchets pour les reconditionner, les retraiter ou leur appliquer des techniques nouvelles que la science aurait découvertes. La réversibilité permet de mettre en œuvre une certaine forme de principe de précaution. Enfin, et c'est un point fondamental, la réversibilité permet d'échapper à la peur de l'éternité, et cela permet de se rassurer.

Il y a donc beaucoup de motifs pour lesquels la réversibilité apparaît comme souhaitable ou nécessaire, mais on voit bien que ce sont des motifs qui n'ont pas la même ampleur, le même fondement, ni les mêmes conséquences. Par ailleurs, je ne crois pas à la réversibilité éternelle d'un stockage souterrain, car c'est la négation même de la notion de stockage. Cela revient à dire que l'on fait un stockage souterrain et que l'on refuse d'utiliser la roche alentour comme barrière supplémentaire de confinement. Il y a là une véritable contradiction philosophique.

Enfin, tout ceci conduit à une conclusion qui est que la réversibilité est une notion qui se gère, qui renvoie à des étapes, à des rendez-vous, à des processus de décision, à la définition des efforts qui seraient nécessaires pour qu'il y ait réversibilité. Je pense que c'est typiquement le genre de sujet sur lequel on pourrait imaginer que le moment venu, le Parlement fixe un certain nombre de conditions de cadrage à la poursuite des recherches et éventuellement des processus d'autorisation. Mais c'est un sujet sur lequel je n'avance que prudemment car, pour l'essentiel, il n'est pas de nature technique.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. le Directeur général de la sûreté. J'invite maintenant Sophie GALEY-LERUSTE, directrice des ressources énergétiques et minérales au ministère de l'Industrie, à nous présenter sa communication sur le stockage des déchets radioactifs de haute activité dans la stratégie énergétique globale de notre pays.

Mme Sophie GALEY-LERUSTE, directrice des ressources énergétiques et minérales : Le stockage des déchets radioactifs de haute activité dans la stratégie énergétique de la France

Je vais faire une présentation rapide, car je crois que le ministre de l'Industrie ne devrait pas tarder, et il présentera bien mieux que moi la position du ministère sur la nécessité d'une solution de gestion pérenne pour les déchets radioactifs.

Je ferai un rappel du positionnement de l'axe 2 par rapport à l'axe 1, que nous avons vu la semaine dernière, et à l'axe 3, qui sera examiné la semaine prochaine. En premier lieu, comme cela a été rappelé lors de l'audition du 20 janvier dernier, les déchets à vie longue, de haute et moyenne activité déjà produits, sont au stade actuel des connaissances des déchets ultimes destinés à être pris en charge au sein d'une solution de gestion pérenne. Quelle que soit la stratégie retenue, une solution de gestion pérenne s'impose non seulement pour les déchets existants mais pour ceux engagés, qui sont et seront produits.

On a longuement débattu aujourd'hui au sujet de l'environnement international, et l'on peut résumer la situation pour dire qu'une solution de gestion pérenne est nécessaire quel que soit l'avenir de l'énergie nucléaire. Aujourd'hui, il existe une seule unité d'installation de stockage, le WIPP aux Etats-Unis, qui apporte une référence industrielle intéressante, mais une grande majorité de pays nucléaires considère le stockage comme une solution de référence et mène des recherches très actives sur le stockage. La majorité des pays concernés a fait le choix d'étudier un stockage réversible, au moins à ce stade. Les

études sont conduites dans un contexte international. On a parlé de la forte implication de l'Agence internationale pour l'énergie atomique, et de l'OCDE, qui mène une revue par les pairs. Dans ce panorama international, le laboratoire de Bure, de Meuse/Haute-Marne, est une installation de recherche unique qui mène des coopérations très actives permettant l'acquisition d'expériences tout à fait nécessaires pour poursuivre les recherches.

Au niveau national, la première question est de savoir ce que l'on sait des inventaires. Je voudrais faire référence à l'inventaire mené en novembre 2004 par l'ANDRA, document de référence qui indique clairement quelles sont les catégories de déchets radioactifs concernées par les travaux de recherche menés dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991. Il s'agit des déchets à vie longue, haute et moyenne activité, pour lesquels il n'y a pas actuellement de solution pérenne.

Concernant les déchets de moyenne activité à vie longue, dont la très grande majorité est déjà produite (environ 80 %), le volume est maintenant connu et réduit, dans la mesure où le rythme annuel de production a été divisé par dix au cours de ces quinze dernières années. Concernant les déchets de haute activité, on estime aujourd'hui le stock existant à environ 20 % des volumes prévisionnels en fin de vie du parc actuel, et les déchets engagés devraient être assez comparables aux déchets existants, étant donné les perspectives déjà engagées par l'axe 1.

Au niveau national, il est important d'avancer vers la définition d'une solution de gestion pérenne pour les déchets existants et les déchets engagés. Certains déchets pourraient être pris en charge dans une installation de stockage dès la mise en service de cette dernière. D'autres déchets nécessiteront une phase préalable de refroidissement. La première phase d'exploitation du stockage permettrait une montée en puissance progressive de l'installation et la poursuite des recherches en acquérant ce retour d'expérience, le résultat des analyses permettant de poursuivre le stockage. De telles dispositions sont envisagées dans certains pays comme la Suède, qui prévoit de poursuivre les recherches pendant toute la montée en puissance du stockage.

Au niveau local, concernant le milieu argileux, nous attendons avec beaucoup d'impatience et d'intérêt le dossier 2005 de l'ANDRA, qui devrait faire un bilan complet dans le rapport Argile 2005 de toutes les données scientifiques qui ont pu être recensées sur le laboratoire de Bure. Les progrès accomplis par l'agence au cours de cette période ont été salués par l'OCDE dans le cadre d'une première revue organisée en 2003 au cours de laquelle les évaluateurs internationaux s'étaient déclarés très impressionnés par les progrès accomplis par l'ANDRA depuis 1994, en partenariat avec les institutions de recherche et les universités. On a cité la coopération avec le CNRS et les deux cents chercheurs qui ont travaillé avec l'ANDRA sur ce dossier.

Dans le cas où la faisabilité de principe serait atteinte en 2006, des études détaillées visant à optimiser les concepts et à qualifier une zone géographique seraient encore nécessaires jusqu'en 2015 environ. Il y a donc la nécessité d'une poursuite des travaux de recherche et l'on pourrait envisager une ouverture d'un stockage vers 2020, 2025.

Je ferai part de trois conclusions. Pour les déchets existants et une grande majorité des déchets engagés, une solution de gestion pérenne est nécessaire. À ce titre, il nous semble que l'axe 2 présente des potentialités prometteuses qui méritent d'être exploitées. En deuxième lieu, la nature de la décision envisageable sur l'axe 2 dépendra des résultats de recherche, et notamment de l'atteinte ou non de la faisabilité de principe et du rapport de l'ANDRA sur le dossier Argile 2005. Dans tous les cas de figure, il faudra poursuivre les programmes de recherche, notamment par la mise en œuvre d'études détaillées permettant d'assurer la transition vers la phase industrielle. Enfin, on a beaucoup parlé de la réversibilité aujourd'hui, et l'on se rend compte que c'est un concept fondamental qui doit être intégré au

sein même des études de conception. C'est un processus technique qui doit par ailleurs être suivi et donner lieu à des rendez-vous avec une consultation entre autres du Parlement à des dates clés, permettant de progresser vers une décision finale.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, Mme GALEY-LERUSTE. Nous avons prévenu le ministre de décaler quelque peu sa venue, compte tenu de la densité de la discussion que nous avons eue. En attendant son arrivée, nous allons pouvoir rouvrir un intermède de discussion et d'interventions. L'ANDRA pourrait peut-être répondre à la question de M. MOUROT (qui nous a quittés pour des questions de transport pour rejoindre son département), concernant la sismicité et le choc sismique qui date des années 1700, avec une échelle MSK qui a peut-être été inventée après...

Débat avec les participants

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA

Cela me donne l'occasion de revenir sur l'expression « *bardé de certitudes* » de ce matin qui m'a un peu blessé. Je donne peut-être à tort cette impression. On va présenter des éléments sur les séismes, et je ne voudrais pas que ce soit pris à nouveau comme si on savait tout et qu'on avait tout fait. De profession et de formation, je suis historien des sciences, plutôt que gestionnaire de déchets, et les historiens des sciences savent que la science ne prétend pas à la vérité absolue. Elle prétend à écarter toute une série de choses qui ne sont pas fondées. C'est ce que Karl Popper explique, c'est-à-dire que la science ne prouve pas la vérité mais qu'un certain nombre d'hypothèses sont fausses.

Ce que nous avons essayé de dire, c'est qu'un certain nombre d'hypothèses étaient fausses et qu'on pouvait les écarter. Je passerai ensuite la parole à Patrick LANDAIS pour qu'il réponde sur les séismes, mais si je vais répondre sur ce point, ce n'est pas pour dire que je sais que dans dix mille ans il n'y aura pas de séisme à Bure. Je n'en sais rien. J'ai un certain nombre d'indices qui me font penser que c'est une hypothèse peu probable, mais je n'ai pas l'outrecuidance d'affirmer quoi que ce soit. En revanche, sur les séismes qui ont déjà eu lieu et sur ce que l'on est capable de mesurer, on a un certain nombre d'éléments. Je voudrais que ce que l'on dit soit replacé dans ce cadre. Je ne suis pas plus « *bardé de certitudes* » que la moyenne de personnes dans la salle. Je suis avec mes incertitudes de citoyen français moyen. Pardonnez-moi cette excursion personnelle, mais j'y tiens car cela m'a un peu chagriné. Je donne la parole à Patrick LANDAIS pour qu'il réponde sur ce séisme de 1784.

M. Patrick LANDAIS, Directeur scientifique de l'ANDRA

Ce séisme, d'après les bases de données, a eu lieu le 27 novembre 1784 à 22 h 10. L'épicentre, tel qu'il a pu être recalculé par la suite, est localisé au sud de Mulhouse dans le fossé rhénan. Il a été ressenti dans un certain nombre d'autres villes, lieux et bourgs autour de son épicentre. On reconstitue l'intensité d'un séisme sur la base de ce qui a été écrit dans les chroniques. C'est ce que l'on a fait pour un certain nombre de séismes qui ont semblé importants, qui se sont déroulés dans les Vosges, le plus important étant localisé aux alentours de 1691. À partir de ce qui est écrit, un toit d'une maison qui s'effondre, ou la sensation ressentie par les habitants, on essaie de reconstruire une intensité. L'ANDRA reprend l'ensemble des reconstructions de séismes très anciens qui ont pu être réalisées par les instituts de sismologie, qui tiennent une chronique la plus à jour possible de l'ensemble de ces données, et les intègre dans sa propre base de données de façon à définir le séisme maximal physiquement possible qui doit être utilisé dans le cadre de ces études de sûreté. En l'occurrence, il s'agit d'un séisme qui dépasse d'un degré à peu près dans l'échelle de Richter les séismes maximums

qui ont pu être détectés dans les Vosges, à environ soixante-dix kilomètres du site, l'intensité étant ramenée à quelques kilomètres du site.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Confirmez-vous que vous avez pris en compte les cinquante et quelque mouvements sismiques dont a parlé M. MOUROT ?

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA

Tout à fait. Il faut savoir que suite à l'installation du laboratoire, trois stations sismiques supplémentaires ont été installées par l'ANDRA à proximité du laboratoire, qui ont permis d'y voir beaucoup plus clair dans le réseau de collecte sismique. Ce que l'on appelle parfois séismes dans les mesures des réseaux sont des tirs de carrières notamment. On mesure donc un événement, une vibration. Aujourd'hui, on est tout à fait au clair à ce sujet et nous avons une série de collectes. Ce que signale M. MOUROT est exact, car il y a régulièrement des séismes. Cependant, lorsqu'on parle de séismes d'intensité 2 ou d'événements de cette nature, on parle de choses qui sont à peine ressenties mais qui sont enregistrées et qui sont des événements naturels à partir du moment où la Terre est « vivante ». Comparée à d'autres zones de la France, c'est une zone extrêmement calme. Le paradoxe est qu'avec le réseau sismique que nous avons installé, on en enregistre de plus en plus car on descend de plus en plus bas en termes d'intensité de ce que l'on observe.

M. Philippe LALIEUX, ONDRAF

Je voudrais apporter un complément sur les notions de réversibilité en Belgique, qui ont été abordées par Jean-Paul MINON ce matin et par moi-même dans mon exposé. Dans nos quelques rares textes légaux qui portent sur la gestion à long terme des déchets radioactifs, il est mentionné qu'il n'y a pas l'intention de récupérer les déchets. Il n'y a donc pas d'intention de récupérabilité. La réversibilité peut être considérée comme un plus dans une option technique ou un dialogue, mais ce n'est pas une exigence dans notre conception. Je ne vois donc pas d'opposition totale par rapport à ce qui a été dit.

En ce qui concerne les séismes, nous avons également des mesures sur le laboratoire souterrain, tant en profondeur qu'en surface, puisque nous avons deux accéléromètres placés différemment. Il ne faut jamais oublier de prendre en compte l'atténuation énorme des ondes dans les argiles en souterrain. Les dégâts miniers sont minimes en liaison aux séismes en souterrain.

M. Bruno SIDO, Sénateur de la Haute-Marne, membre de l'OPECST, Président du Conseil général de la Haute-Marne

Nous avons abondamment parlé d'aspects économiques et techniques, et je voudrais vous remercier car j'ai beaucoup appris la semaine dernière et aujourd'hui, et j'espère apprendre encore beaucoup la semaine prochaine. Ceci étant, on a entendu le directeur avoir des idées et non pas des certitudes, et l'on s'oriente vers des idées et des données plus précises. C'est peut-être le rôle de l'Office également de dire aux autorités tant administratives que politiques qu'il existe un aspect qui n'a pas été traité, qui est l'aspect sociétal ou social.

L'intervenant américain a indiqué ce matin qu'il est inutile que les aspects techniques évoluent si l'information de la population et l'aspect sociétal n'évoluent pas au même rythme. Je crois qu'en France aujourd'hui, malgré l'existence du CLIS, qui ne joue pas ce rôle, il faut faire un effort considérable d'information de la population en général, et singulièrement des locaux, sous une forme qui reste à déterminer. Je n'ai pas d'idée préconçue sur la question, mais l'acceptabilité des solutions retenues est

primordiale. Nous faisons entière confiance à nos scientifiques, d'autant plus d'ailleurs que l'on observe qu'il existe une convergence internationale sur la question. Cela nous réjouit car on constate que les scientifiques français, qui sont de très haut niveau, ne font pas cavaliers seuls en la matière, ce qui est rassurant et réjouissant. Mais la population ne sait pas tout cela, et il faut inventer une méthode qui permette aux populations locales de comprendre le sujet, en simplifiant sans entrer dans la caricature ni dans les choses fausses, mais en permettant à la population locale de pénétrer le sujet et de pouvoir comprendre et s'exprimer. Dans une démocratie, on ne peut pas s'exprimer si l'on ne possède pas au minimum un sujet, le plus possible étant le mieux.

Les auditions de l'Office se placent dans le cadre de la préparation d'un rapport scientifique sur l'évaluation des choix, mais en tant que Parlementaire j'interviendrai peut-être à la tribune pour traiter singulièrement de cet aspect dans l'objet de rendre service au Gouvernement, quel qu'il soit, car je ne fais pas de politique « politicienne », et donc à la France. Nous devons absolument régler cette question, car on sait que l'aval du cycle est le goulot d'étranglement qui empêchera la filière nucléaire, qui est absolument nécessaire (il faudrait sans doute insister sur cet aspect, eu égard aux critères de Kyoto). Il faut donc absolument désengorger cet aval du cycle pour que nous puissions poursuivre.

Je ne voulais pas insister, mais mon collègue et ami l'a fait avec brio, avec sa méthode, sur la nécessité pour nos concitoyens - singulièrement les Meusiens et les Haut-Marnais, car le trou se trouve quasiment sur la limite - d'un développement économique partagé dans nos départements mais apporté par le Gouvernement. On se réjouit d'ailleurs de voir que le Gouvernement veut relancer cette méthode d'impulsion économique au plus haut niveau. On sait que dans nos zones, mais aussi ailleurs, aucune industrie ne s'installe si on ne lui dit pas de venir. On sait aussi que le CEA, l'AREVA et autres ne seraient pas allés à La Hague si on ne leur avait pas dit de s'y installer. Je crois qu'il faut faire la même chose dans ce cas. On ne peut pas se contenter de quelques centres d'appel ou de quelques « amusettes » de ce type. Il faut que le Gouvernement mesure tout l'enjeu du problème. Je l'ai dit à Patrick DEVEDJIAN voici moins de huit jours et il le sait. J'étais d'ailleurs avec Gérard LONGUET, pour lui expliquer quelque chose qu'il a par ailleurs bien compris, mais il ne suffit pas de bien entendre. Il faut aussi être écouté.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, M. le Sénateur et Président du Conseil général. Pour reprendre la formule d'Antoine ALLEMEERSCH, vous voudriez qu'il pleuve un peu là où c'est sec... J'ai tout compris.

M. Francis SORIN, Revue générale nucléaire

Je voudrais poser une question concernant l'évolution de la sûreté au fil du temps d'un stockage géologique. On a entendu dans certains exposés des chiffres de l'ordre de 0,3 mSv, qualifiant la dose maximum pouvant être entraînée pour les populations les plus exposées. Je voudrais savoir quelle est la crédibilité que l'on peut accorder à cette évaluation, qui est probablement aussi celle indiquée comme limite à ne pas dépasser dans la règle fondamentale de sûreté en France. Est-elle le reflet de la détérioration normale et attendue, au fil du temps, d'un stockage géologique ? Y a-t-il d'autres scénarios de dommages qui ont été pris en compte dans les études de scénarios concernant l'évolution de la sûreté d'un stockage, des scénarios où les dommages seraient plus importants ? Que peut-on dire actuellement de cette question ?

J'ai une deuxième question à messieurs les députés et sénateurs. Lorsqu'on mesure la somme des travaux de recherche des développements technologiques consacrés à cette question du stockage des déchets, les conteneurs, les barrières ouvragées, l'étude des couches géologiques, on peut penser que cette somme de connaissances pourrait profiter à d'autres secteurs de l'économie et de l'industrie. Je

pense notamment au stockage des déchets chimiques, dont on sait que certains sont extrêmement dangereux pour le très long terme. Peut-on imaginer une sorte de transfert de connaissances entre le secteur nucléaire et le secteur chimique pour le stockage des déchets ?

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Qui peut répondre à la première question ? M. François JACQ.

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA

Je peux indiquer les scénarios qui sont pris en compte dans les études de l'ANDRA et qui seront évalués par l'autorité de sûreté. Pour l'évaluation de sûreté, un premier scénario consiste à considérer que les choses vont se passer comme on l'avait imaginé. C'est ce que l'on appelle dans le jargon le scénario normal. Par ailleurs, on traite de scénarios dits accidentels ou d'incidents, correspondant à des évaluations qui déraperaient par rapport au normal. Il peut s'agir de scénarios qui sont liés à des défauts dans la conception du système, des conteneurs qui fuient, ou la barrière ouvragée qui ne joue pas son rôle. Il s'agit donc de défauts de conception de la part de celui qui aura élaboré le stockage.

Un deuxième type de scénarios est davantage lié non pas à des défauts du concepteur, mais à des interventions extérieures. Il peut s'agir de quelqu'un qui réaliserait un forage à l'aplomb du stockage, et qui chercherait à s'alimenter en eau par des nappes extrêmement profondes, et l'on considère les conséquences que cela pourrait avoir. Ces scénarios sont pris en compte dans les études, quant au mode d'évaluation de ces scénarios, selon les normes internationales définies par la CIPR (autorité internationale chargée des affaires de radioprotection). Pour des scénarios accidentels, on examine les conséquences avec la probabilité qu'ils ont de se produire. C'est cela qui permet aux autorités de sûreté, in fine, d'évaluer si les dispositions prises sont prudentes et si les conséquences de ce genre d'accidents sont acceptables. C'est d'ailleurs exactement, sauf qu'elle s'applique sur des objets différents, la démarche que vous constatez pour la conception, le dimensionnement, le suivi en sûreté des installations électronucléaires existantes.

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

La seule position que je peux exprimer est une position vis-à-vis de celle que vient d'indiquer François JACQ. L'ANDRA fournit de tels documents, et nous vérifions que nous pouvons accepter les hypothèses et l'ensemble des calculs qui sont faits.

Une autre question était posée sur le retour d'expérience entre le stockage éventuel géologique de déchets non nucléaires et le stockage de déchets nucléaires. Il existe une expérience dans un certain nombre de pays de stockage souterrain de déchets chimiques, le plus connu étant le stockage souterrain de déchets chimiques dans des mines de sel en Allemagne. On pourrait dire qu'historiquement le retour d'expérience s'est pratiquement fait dans l'autre sens, sachant qu'une bonne partie des connaissances sont de nature géologique, et elles sont communément partagées dans la communauté des géologues.

M. François DOSÉ, Député de la Meuse

Je voudrais faire une observation à l'écoute de tout ce que j'ai entendu pendant cette journée. Je ne suis pas un antinucléaire ou un antilaboratoire, puisque j'ai voté pour. J'étais Conseiller général à l'époque. Sur dix ans, il n'y a pas une seule journée où je n'ai pas noté des choses qui m'ont interpellé

sur ce problème. Je crois qu'on est plus forts aujourd'hui sur ce thème, même s'il reste des zones d'incertitude, qu'on ne l'était il y a douze ou treize ans.

Pour reprendre deux questions qui ont été posées, il y aura une difficulté d'ordre éthique au niveau de l'acceptabilité. Lorsqu'on a accepté l'hypothèse tendant à dire que l'on bénéficie d'un bien commun qui est l'électricité d'origine nucléaire et qu'il faut absolument que l'on contribue à toutes les étapes, y compris les plus délicates, de sa faisabilité, il faut se rappeler que lorsque nous avons proposé cette candidature, il y avait trois conditions réelles :

- le problème de la réversibilité (même si je n'en fais pas une idéologie) par rapport à la candidature et à ce que les gens ont entendu ;
- les déchets français et non européens, mais cette notion pourrait changer ;
- un laboratoire parmi d'autres.

On aura du mal à expliquer à la population que l'on pourrait esquiver un deuxième laboratoire. Les gens penseront qu'ils ont été trompés. Je crains que cela porte préjudice, non seulement à la démocratie, mais à la filiale nucléaire. On dira que l'on savait où l'on allait dès le départ.

Je termine ma contribution sur la question posée de savoir si l'on devait envisager un transfert de technologie, en quelque sorte. C'est pour cette raison que je souhaite que l'on maintienne jusqu'au bout le problème de la réversibilité. Cela signifierait en effet que l'on peut innover car, de toute façon, si une phase reste problématique, on passe outre et on enfouit. Je souhaite chercher le progrès, mais en acceptant dès le début d'assumer les difficultés autrement qu'on ne l'a fait aujourd'hui, c'est-à-dire trente ou quarante ans après. Il s'agit d'un blocage éthique sur le transfert, dès lors que ce serait irréversible.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, François DOSÉ. Permettez-moi d'accueillir et de souhaiter la bienvenue à Patrick DEVEDJIAN, ministre délégué à l'industrie. Au nom d'Henri REVOL, président de l'Office parlementaire et sénateur, des Parlementaires et des deux « pauvres » rapporteurs que nous sommes (car il nous reste encore beaucoup de travail à accomplir), j'aimerais vous remercier de l'honneur que vous nous faites, M. le Ministre, de l'écoute que nous avons trouvée auprès de vous et de vos collaborateurs. Nous n'avons qu'à nous féliciter des relations que nous entretenons avec le ministre délégué à l'Industrie, qui prête une très grande attention à ce que font le Parlement et son Office parlementaire sur ces sujets. Je vous donne la parole.

Allocution de clôture de M. Patrick DEVEDJIAN, Ministre délégué à l'industrie

Merci, M. le Président, mesdames et messieurs, sénateurs, députés, j'ai envie de dire et réciproquement. J'ai un peu l'air d'être « donneur de séné par désir de rhubarbe » en disant cela, mais je veux très sincèrement remercier chaleureusement les députés BIRRAUX et BATAILLE en particulier de m'avoir invité à conclure cette audition.

Je suis très frappé en ce qui concerne la relation avec l'Office, étant moi-même un ancien parlementaire, et ayant parfois sur la fonction parlementaire un peu de scepticisme, de bon aloi, en forme d'autocritique. Je suis très impressionné par le professionnalisme de l'Office. Alors que la fonction de parlementaire est parfois décriée, je pense que la visibilité des travaux de l'Office, sa manière de travailler, le sérieux et le professionnalisme avec lesquels il travaille, pour l'intérêt général, dans un esprit intelligent, au-delà de nos querelles de « boutique », toujours avec une vraie vue de l'avenir, sont vraiment quelque chose de très encourageant et peut-être de pas assez connu du grand public, pour le bien du Parlement. Cela profiterait sans doute à l'ensemble de l'institution parlementaire d'avoir une

meilleure lisibilité des travaux et du professionnalisme de l'Office. C'est pourquoi, pour ma part, je n'hésite pas à l'utiliser, car la qualité du travail et l'intelligence de l'approche, avec une bonne relation avec le fonctionnement de la démocratie, la légitimité qui le soutient, tout ceci est très encourageant.

Vous avez suivi depuis le début des années 1990 le dossier des déchets radioactifs, et vous avez travaillé dans la perspective du rendez-vous de 2006. Je suis certain que les différents rapports que vous avez produits, ainsi que les travaux de synthèse que vous menez actuellement seront à l'évidence d'une grande utilité, à la fois pour le Gouvernement et pour le Parlement.

Je voudrais souligner d'abord l'importance du sujet qui nous réunit aujourd'hui. Satisfaire les besoins énergétiques croissants de la planète tout en respectant notre environnement, en particulier en luttant contre l'effet de serre, est un enjeu politique majeur pour le XXI^e siècle. C'est pourquoi, dans le cadre du projet de loi d'orientation sur les énergies, qui est en cours d'examen par le Parlement, j'avais présenté quatre axes pour un développement durable de l'énergie, que je rappelle :

- relancer la politique des économies d'énergie ;
- accroître le recours aux énergies renouvelables ;
- renforcer la recherche sur les nouvelles technologies de l'énergie ;
- confirmer la place consacrée à l'énergie nucléaire au sein de notre bouquet électrique.

Le nucléaire pourra constituer une source durable d'énergie pour l'avenir, mais seulement à deux conditions : que les exploitants nucléaires continuent de maintenir un très haut niveau de sûreté (M. LACOSTE sait de quoi il s'agit), et que soient mises en œuvre des solutions de gestion sûres et pérennes pour tous les déchets radioactifs.

De telles solutions sont déjà mises en œuvre pour les déchets de très faible, faible et moyenne activité à vie courte. Il reste à trouver de telles solutions pour les déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité, qui ne représentant que 10 % du volume mais 99 % de la radioactivité. C'est l'objet des recherches qui ont été engagées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991. Un plan national de gestion des déchets radioactifs est en préparation, qui dressera le panorama de l'ensemble de ces solutions de gestion existantes ou en cours de définition.

Comme vous le savez, la loi de 1991 a initié un programme de recherche important et fixé une échéance pour faire un bilan de ces travaux et prendre les orientations ou les décisions politiques nécessaires. Je veux souligner que ce programme de recherche a, depuis quatorze ans, permis d'acquérir de très nombreuses connaissances. Conformément au calendrier prévu par la loi, le Gouvernement devra présenter au Parlement un nouveau projet de loi en 2006. Plusieurs étapes nous mèneront à cet examen parlementaire.

Les acteurs de la recherche (CEA, CNRS, ANDRA), remettront leur rapport à la mi-2005. Ces rapports seront ensuite évalués, d'une part au plan scientifique par la Commission nationale d'évaluation, d'autre part au plan de la sûreté nucléaire, par l'Autorité de sûreté nucléaire, avec l'appui de l'IRSN, enfin, au plan international, par une revue de pairs organisée par l'OCDE à ma demande et à celle du ministre de la Recherche.

Au-delà de cette évaluation technique, s'agissant d'un sujet important pour la protection de la santé et de l'environnement, il est nécessaire que l'information et la discussion ne soient pas réservées à un petit cercle d'experts scientifiques, industriels, associatifs ou administratifs. Il est essentiel que les Parlementaires s'en saisissent. La contribution de l'Office, au travers des travaux des députés

BIRRAUX et BATAILLE me paraît à cet égard décisive. Il faut aussi que chaque citoyen puisse s'informer et participer en exprimant ses préoccupations et ses opinions.

C'est pourquoi j'ai souhaité qu'un Livre Blanc soit rédigé et qu'il fasse l'objet d'une consultation du public. Pour l'organisation de cette consultation, j'ai décidé de saisir, conjointement avec mon collègue le ministre de l'Écologie et du Développement durable, la Commission nationale du débat public, autorité administrative indépendante créée à cet effet par la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité. Cette saisine est en cours de préparation et sera adressée à la CNDP dans les prochains jours. Cette consultation, dans l'hypothèse où elle serait acceptée par la CNDP, porterait non pas sur un projet précis d'infrastructure mais sur les options générales en matière de gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Je souhaite que cette consultation soit menée à l'automne 2005 avec un esprit de transparence, d'ouverture, de dialogue et de respect. C'est sur la base des résultats issus des évaluations scientifiques, du débat public ainsi que des propositions de l'Office parlementaire, qu'enfin je proposerai le projet de loi au premier semestre 2006.

Ayant annoncé la perspective de ce projet, vous comprendrez que je ne me hasarde pas à anticiper sur son contenu et sur les résultats des recherches préalables. Je me bornerai à vous faire part de quelques convictions et à relever des questions qui devront à mon sens être examinées.

Tout d'abord, il nous faut aller aussi loin que possible dans la réduction de la nocivité des déchets produits. Le retraitement permet déjà, par la séparation et le recyclage du plutonium produit dans les centrales, de réduire la nocivité des déchets produits. C'est une étape de séparation et de traitement indispensable si nous voulons disposer d'une filière performante qui englobe aussi bien la phase de production d'énergie que celle de traitement des déchets. Mais il faut aller plus loin encore. Comme toute industrie, le nucléaire se doit d'essayer de valoriser les matières issues de la production. Comme cela a été évoqué dans le cadre de votre première journée du 20 janvier dernier, les recherches engagées dans le cadre de l'axe 1 devraient déboucher à l'horizon 2040 sur la définition de nouveaux réacteurs nucléaires aptes à valoriser encore plus de plutonium ou à transmuter les actinides mineurs.

Cependant, nous ne pouvons pas nous permettre de tout miser sur le pari que ces technologies réduiront tous les déchets tout de suite, ni qu'elles les réduiront à zéro. En effet, il faut être réalistes et transparents à l'égard de nos concitoyens. Aussi performantes soient-elles en 2040, les technologies de l'axe 1 n'auront pas un rendement égal à 100 % et ne réduiront donc pas à zéro les déchets radioactifs. En outre, elles ne pourront pas s'appliquer à tous les déchets, en particulier aux déchets déjà existants. Pour tous ces déchets, il faudra définir une solution de gestion sûre et pérenne à très long terme à partir des potentialités de l'axe 2 et de l'axe 3, ce dernier pouvant permettre de traiter des phases de transition. Il faudra donc des entreposages et des stockages.

Ainsi, comme cela a souvent été rappelé par les députés BIRRAUX et BATAILLE, les trois axes de recherche ne doivent pas être considérés comme des voies concurrentes mais plutôt comme des solutions complémentaires. À quel rythme ces solutions devront-elles être mises en œuvre et pour quels types de déchets ? Les entreposages devront-ils plutôt être en surface, comme c'est le cas aujourd'hui à La Hague ou à Marcoule, à quelques dizaines de mètres de profondeur ou à quelques centaines de mètres de profondeur ? Vaut-il mieux des entreposages provisoires ou des stockages réversibles ? Faut-il plusieurs laboratoires ou un seul peut-il suffire ? Autant de questions qui devront être éclairées cette année par les résultats de recherche, évalués par les experts puis discutés avec le Parlement.

Enfin, je veux rassurer ceux qui s'interrogent sur notre capacité à disposer, en 2006, d'éléments d'appréciation suffisants. Les résultats de recherche sont nombreux et de qualité. Cela a été souligné

dans le cadre de la présentation de l'axe 1 la semaine dernière, cela sera montré la semaine prochaine à propos de l'axe 3. Cela a été évoqué aujourd'hui à propos de l'axe 2, avec en particulier les travaux menés dans le laboratoire de Bure. Ces travaux ont permis de réaliser de multiples forages depuis la surface, d'atteindre la couche géologique concernée, de construire la niche d'expérimentation à quatre cents mètres, et permettent, en ce moment même, de l'exploiter. Ce n'est certes pas la fin du processus d'acquisition des connaissances, mais c'est déjà très important.

Je voudrais revenir sur ce mot de processus, car 2006 est une étape importante, mais cela ne sera pas la fin du travail. Il nous faut définir collectivement un cheminement clair et lisible au-delà de 2006, pour construire chaque étape de décision sur une base solide. C'est une des raisons pour lesquelles la notion de réversibilité a été incluse très tôt, notamment au sein des programmes de recherche sur l'axe 2.

Les travaux menés par l'ANDRA sur ce sujet présentent des avancées remarquables et permettent aux générations actuelles d'esquisser une solution de gestion, tout en léguant aux générations futures la possibilité de maîtriser le processus. Sans préjuger des résultats de recherche et des discussions qui suivront, je suis d'ores et déjà très sensible à l'intérêt d'intégrer la notion de réversibilité dans les orientations ou les décisions qui seront prises en 2006. Par ailleurs, au-delà de réponses techniques comme la réversibilité, il convient de prévoir des rendez-vous intermédiaires offrant à chaque fois la possibilité de se reposer les bonnes questions et d'avancer en toute connaissance de cause vers l'étape suivante. Dans ce processus, il importe d'impliquer l'ensemble des acteurs et, en particulier, les collectivités locales qui acceptent de s'engager aux côtés de l'Etat dans la définition et la mise en œuvre de solutions de gestion pour les déchets radioactifs.

Je veux profiter l'occasion qui m'est donnée pour saluer le sens des responsabilités des populations et des élus des départements de Meuse et de Haute-Marne. Quand tant d'autres le refusaient, ils ont accepté, dans l'intérêt général, d'accueillir sur leur territoire un laboratoire de recherche sur le stockage des déchets radioactifs, outil indispensable pour faire progresser les connaissances sur le stockage des déchets. Ils ont dépassé les appréhensions, compréhensibles d'ailleurs, et évité les postures idéologiques. Je les remercie au nom de tous et souhaite que cela continue.

Ces quinze années de recherche ont amené des progrès décisifs dans la compréhension des techniques qui pourraient être utilisées pour gérer de manière sûre les déchets radioactifs. Au moment de décider des orientations à mettre en place en matière de gestion des déchets radioactifs, il convient d'éviter deux écueils, bien connus des décideurs et répertoriés par les anglophones sous les acronymes bien connus NIMBY et NIMTO, que l'on peut résumer en français par : « Pas dans mon jardin, pas pendant mon mandat. »

Sur la base d'un socle de connaissances capitalisé pendant quinze années de recherche, avec l'éclairage du débat public qui sera mené en 2005 et en ayant le souci de la nécessaire progressivité du processus, je ne doute pas que nous puissions envisager sereinement le futur de la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue, et je suis sûr de votre participation et de votre attention sur cette question délicate, mais tout à fait indispensable à traiter. Je vous remercie.

Applaudissements.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci beaucoup, M. le Ministre, de votre intervention, qui a été particulièrement claire, qui indique quelles sont les étapes que le Gouvernement entend engager jusqu'en 2006, au moment où il y aura un

débat parlementaire. Je vous remercie de la confiance que vous faites à l'Office parlementaire puisque vous comptez sur les éléments d'évaluation que l'Office va vous donner. Je rappelle encore, pour ceux qui ne s'en souviendraient pas, ce que nous a dit tout à l'heure Mme ENGSTRÖM, qui représente le SKB, le gestionnaire des déchets suédois : il faut avoir les éléments scientifiques et techniques avant d'engager le débat avec les citoyens. Nous essaierons quant à nous de donner les paramètres scientifiques et techniques qui permettront d'engager ce débat.

Mesdames et messieurs, M. le Ministre, merci beaucoup. Notre séance a été extrêmement tendue et fructueuse et beaucoup d'informations ont pu être données. Nous ne sommes pas dans les « jeux télévisés », mais nous reviendrons avec Christian BATAILLE en troisième semaine, et peut-être y retrouverons-nous quelques-uns d'entre vous. Merci.

Chapitre III : Audition du jeudi 3 février 2005 – Axe 3 : Le conditionnement et l'entreposage de longue durée

MATIN : Présidence de M. Henri REVOL, Président de l'Office parlementaire puis, de M. Claude BIRRAUX, Député de Haute-Savoie, Rapporteur

La séance est ouverte à 9 heures 10 sous la présidence de M. Henri REVOL, sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

M. Henri REVOL, Sénateur de la Côte d'Or, Président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Mesdames, Messieurs, Bonjour. En tant que président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, j'ai le plaisir d'ouvrir cette troisième journée d'audition publique que les rapporteurs de l'Office, Christian BATAILLE, député du Nord, et Claude BIRRAUX, député de Haute-Savoie et premier vice-président de l'Office parlementaire, organisent dans le cadre de la préparation de leur rapport sur l'état d'avancement et les perspectives des recherches relatives à la gestion des déchets radioactifs.

Après les auditions du 20 et du 27 janvier 2005 consacrées respectivement à l'axe 1 de la loi du 30 décembre 1991 – la séparation et la transmutation –, et à l'axe 2 – le stockage réversible ou irréversible dans des formations géologiques profondes –, cette journée sera consacrée à l'axe 3 de cette loi, à savoir le conditionnement et l'entreposage à long terme.

Je voudrais en tout premier lieu remercier chaleureusement nos invités américains ou européens : M. le Professeur Burton RICHTER de l'université Stanford, Prix Nobel de physique, M. Andris PIEBALGS, Commissaire européen à l'énergie, M. Claes THEGERSTRÖM, Président de la société SKB chargée de la gestion et du stockage des déchets radioactifs en Suède et le Docteur Jukka LAAKSONEN, Directeur de l'autorité de sûreté nucléaire de la Finlande.

Je voudrais ensuite évoquer rapidement deux grands thèmes : l'articulation des différentes solutions de gestion des déchets radioactifs les unes par rapport aux autres, et la mise en perspective des questions posées par l'aval du cycle du combustible nucléaire dans la question plus générale de l'approvisionnement en énergie de nos économies.

Tout d'abord, le conditionnement et l'entreposage de longue durée sont deux questions fondamentales pour une gestion optimale de l'aval du cycle.

Comme nous l'a montré l'audition du 20 janvier sur l'axe 1, des progrès scientifiques importants ont été effectués depuis 1991 sur la séparation des éléments les plus radioactifs présents dans les combustibles. Ceci laisse entrevoir que la séparation devrait permettre de maximiser encore les avantages du retraitement. Second volet de l'axe 1, la transmutation est aujourd'hui démontrée scientifiquement grâce aux expériences dans le réacteur Phénix et à la technologie des réacteurs à neutrons rapides. Pour l'avenir, plusieurs voies sont envisageables comme l'ont exposé les spécialistes des réacteurs rapides de Génération IV et ceux de réacteurs pilotés par accélérateurs.

Comme nous l'a montré l'audition du 27 janvier sur l'axe 2, le stockage géologique est, pour l'instance internationale AIEA et de nombreux pays comme l'Allemagne, la Suède, la Finlande, la Suisse et les Etats-Unis, la méthode de gestion des déchets radioactifs la plus sûre à très long terme. S'agissant de la France et du laboratoire de Bure, l'ANDRA a présenté une moisson de résultats dont nos rapporteurs, Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX, nous diront dans leur rapport à quelle question ils répondent et dans quelle mesure et quelle direction ils devront être complétés pour fournir une connaissance parfaitement précise des propriétés de l'argilite du Callovo-Oxfordien de Bure.

Nous allons nous intéresser aujourd'hui au conditionnement et à l'entreposage de longue durée. Il ne s'agit certes pas d'un axe de recherche mineur. Le conditionnement oppose en effet à lui seul trois barrières de confinement à une éventuelle migration des radioéléments dans l'environnement : la matrice, la gaine du combustible ou le conteneur, et enfin le surconteneur. L'entreposage de longue durée offre quant à lui une flexibilité pour optimiser, à l'avenir, la mise en œuvre et la séparation poussée de la transmutation et du stockage définitif des déchets incinérés.

Le second grand volet concerne la mise en perspective de la gestion des déchets radioactifs. M. Andris PIEBALGS, Commissaire européen, nous fait l'honneur de participer à notre session de la matinée. Vous avez récemment déclaré, M. le Commissaire, que la question du nucléaire est du ressort des Etats membres. Vous avez ajouté : *« Au niveau européen, je compte promouvoir la recherche sur la gestion des déchets »*. J'aimerais vous préciser que, par la participation assidue de leurs représentants aux auditions d'aujourd'hui et des 20 et 27 janvier, la Suisse, la Belgique, la Finlande, la Suède, l'Allemagne mais aussi les Etats-Unis ont manifesté concrètement leur intérêt pour ce que nous faisons en France, et que l'orientation que vous proposez trouvera certainement un accueil favorable, en particulier pour des recherches fondamentales comme celles sur la séparation et la transmutation. De son côté, le Professeur Burton RICHTER replacera la question des déchets radioactifs dans la perspective plus vaste du futur de l'énergie nucléaire et de son rôle dans l'approvisionnement énergétique du monde. D'autres orateurs, qui s'inscriront dans les plages de temps dévolues à la discussion ou dont les interventions sont prévues cet après-midi, présenteront certainement leurs synthèses de nos débats scientifiques et techniques.

Sachez que, pour sa part, l'Office parlementaire exposera ses conclusions le 16 mars après l'examen pluraliste au plan politique, et pluridisciplinaire au plan scientifique, que nos collègues feront des informations et des points de vue très nombreux rassemblés par nos rapporteurs, Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX. Je voudrais profiter de cette dernière séance pour leur adresser toutes mes félicitations, au nom de l'Office parlementaire et du Parlement, pour le travail considérable qu'ils ont entrepris et qui aboutira prochainement, enrichi grâce à vous toutes et à vous tous, et qui est, je le pense, un exercice fondamental dans un pays démocratique qui confie à son Parlement, représentant du peuple, le soin de décider de l'avenir des grandes questions qui préoccupent notre société. Je les remercie en votre nom et je passe la parole à Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX, qui présidera la réunion de ce matin.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur

Mesdames et Messieurs, la question de la gestion des déchets radioactifs occupe l'Office parlementaire depuis déjà un certain temps, 15 ans exactement, c'est-à-dire depuis 1990, année pendant laquelle j'ai préparé mon premier rapport sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité à la demande du Gouvernement de l'époque, qui voulait connaître la réflexion du Parlement. Ce rapport a été adopté par l'Office en décembre 1990 et a largement inspiré la loi du 30 décembre 1991, intervenue un an après.

Je souhaiterais d'abord revenir, dans ce bref propos introductif, sur la genèse des trois axes de recherche énoncés par la loi, puis sur la dimension particulière de l'entreposage de longue durée.

Première observation : le conditionnement et l'entreposage de longue durée sont deux pivots de la gestion des déchets. Lorsqu'il s'est agi, en 1990, de classer les grands domaines de la recherche à effectuer pour la gestion des déchets radioactifs, une distinction s'est imposée, d'une part, entre la séparation et la

transmutation, et, d'autre part entre l'entreposage et le stockage des déchets issus du retraitement sans opération supplémentaire sur leur structure et leur composition.

Assez rapidement, la nécessité est toutefois apparue de différencier clairement l'entreposage de longue durée, qui est une solution d'attente, du stockage géologique qui est, lui, une solution durable. À ce point de mon propos, permettez-moi une observation sémantique ou de vocabulaire sur le terme « *stockage* » : lorsque l'on réfléchit aux axes de la loi et que l'on se penche sur les aspects sérieux, stables, durables, je souhaiterais que l'on emploie le mot « *stockage* » et qu'on laisse le terme d'« *enfouissement* », très péjoratif, aux adversaires du stockage. À mes yeux, le terme d'« *enfouissement* » est un terme non scientifique. C'est un terme anecdotique. Je crois qu'il faudrait s'attacher à retenir le mot de « *stockage* », nettement plus précis.

Il est apparu également indispensable d'accorder une attention particulière au conditionnement qui, comme Henri REVOL vient de le rappeler, est d'une très grande importance pour la sûreté. En réalité, l'entreposage de longue durée est d'une grande importance en ce qu'il permettra une flexibilité dans la gestion des déchets radioactifs, notamment en ouvrant la voie à un retraitement différé des combustibles usés, ou en rendant possibles des périodes d'attentes par exemple pour le refroidissement des colis de déchets vitrifiés avant leur mise en stockage définitif.

Pour autant, l'entreposage de longue durée ne représente qu'une solution transitoire de gestion des déchets radioactifs. C'est une méthode provisoire. Comme nous l'avons vu la semaine dernière, tous les pays nucléaires sont d'accord pour estimer qu'une solution définitive est indispensable pour les déchets de haute activité et à vie longue, ainsi que pour les combustibles usés. En réalité, l'entreposage de longue durée, nécessairement renouvelé, est la solution préconisée par les adversaires du nucléaire. De quelque point de vue que l'on se place, l'entreposage de longue durée n'est pas une solution satisfaisante si l'on considère, comme nous devons le faire, notre responsabilité vis-à-vis des générations futures. Nous avons déjà une longue expérience de l'entreposage à La Hague et à Cadarache pour les déchets de haute activité. Mais l'entreposage de longue durée suppose la maintenance, la surveillance et la reconstruction à intervalle plus ou moins rapproché des installations, sans parler de l'éventuelle obligation de reconditionner les déchets. L'entreposage n'est pas la solution optimale en matière de sûreté radiologique, sans parler de la sécurité qui ne peut être assurée au même niveau qu'en couche géologique. Nous ne pouvons laisser cette charge et cette situation non optimale, je me répète et je résume, aux générations futures. Il nous faut donc nous attacher sans relâche à perfectionner les techniques de conditionnement et d'entreposage de longue durée, c'est ce que nous verrons aujourd'hui, mais il nous faut en même temps avancer vers la mise en place de solutions plus durables. Je vous remercie et laisse à présent la parole à Claude BIRRAUX.

M. Claude BIRRAUX, Député de la Haute-Savoie, Rapporteur

Merci. Je m'associe également aux remerciements qui ont été adressés par notre Président et par Christian BATAILLE à nos invités américains ou européens. Professeur Burton RICHTER, je voudrais vous dire combien j'ai été impressionné par la vision à long terme sur l'énergie nucléaire et le cycle du combustible que vous avez présentée lors de notre rencontre à Stanford, en avril dernier. Nous avons pu encore, à cette occasion, échanger à votre domicile puisque j'ai eu l'honneur d'être invité à dîner chez vous et accueilli d'une manière particulièrement chaleureuse et amicale. Pour ceux qui en douteraient, votre présence comme celle de représentants du DOE ou celle du Dr. Hermann GRUNDER, Directeur du laboratoire national d'Argonne, montrent que les relations scientifiques de l'Office parlementaire français avec les Etats-Unis sont au beau fixe.

M. le Commissaire PIEBALGS, je voudrais souligner combien nous sommes sensibles à l'honneur que vous faites au Parlement français, à l'occasion de l'une de vos premières visites dans notre pays, en venant lui exposer la vision de la nouvelle Commission européenne sur la gestion des déchets radioactifs. Nous sommes impatients de connaître les orientations de votre action, en particulier pour ce qui concerne le « *paquet nucléaire* » introduit par Mme de PALACIO.

M. le Président THEGERSTRÖM, vous nous avez accueillis en novembre 2003 à Stockholm, Oskarshamn et Äspö, pour nous présenter le travail remarquable qu'accomplit le SKB dans la mise en place d'un système de gestion des déchets radioactifs d'un très haut niveau de sûreté, avec l'appui des populations locales. Merci, de surcroît, d'avoir accepté d'exposer vos méthodes à la représentation nationale, aux élus et à l'ensemble de nos participants.

Dr LAAKSONEN, nous sommes de très anciennes connaissances. Nous nous sommes rencontrés à de nombreuses reprises et pour la dernière fois en février 2003 dans le cadre du rapport que nous préparions, Christian BATAILLE et moi-même, sur la durée de vie des centrales nucléaires. Nous avons toujours été particulièrement intéressés par votre vision pragmatique, par votre efficacité et par le très haut niveau de sûreté atteint par le secteur nucléaire dans votre pays.

Je remercie également par avance tous les autres acteurs de cette dernière audition, les représentants des exploitants, les acteurs de la loi de 1991 ainsi que M. LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, qui aura assisté à l'ensemble de nos auditions, M. MAILLARD, Directeur général de l'énergie et des matières premières, M. FROIS, Directeur de la technologie au ministère de la recherche. J'aimerais souligner que nous aurons, ce matin et cet après-midi, plus de deux heures réservées aux questions, aux prises de position et à l'expression de ceux qui souhaitent le faire.

J'attire toutefois l'attention de tous sur le fait que nos débats se déroulent dans le cadre de l'OPECST, dont les travaux interviennent toujours en amont de ceux des commissions permanentes, c'est-à-dire, pour le sujet qui nous occupe, en amont de la préparation de ce qui sera un projet de loi pour 2006 et qui prendra la suite de la loi BATAILLE.

La tâche qui nous incombe est à elle seule immense : apporter les éléments scientifiques et techniques à la décision. Nous n'avons pas oublié ce que nous disait Mme ENGSTRÖM la semaine dernière : le préalable à la discussion politique de gestion des déchets radioactifs est de disposer d'éléments scientifiques et techniques sur la question. Notre but, au cours de ces auditions, est de « *mettre tous les éléments sur la table* ». Avec l'aide de tous, je suis certain que nous allons progresser dans le domaine des connaissances et que nous pourrons donner les meilleures informations possibles au Parlement. M. LACOSTE, vous avez la charge du propos introductif au débat du jour.

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection : La gestion des déchets radioactifs – bilan et perspectives en termes de sûreté nucléaire

Merci M. le Président. Je vais aborder la gestion des déchets radioactifs en France en me plaçant du point de vue de la sûreté. J'avais prévu, suivant un plan en trois points, de parler de l'élaboration du plan national de gestion des déchets radioactifs ; d'évoquer plus spécifiquement les recherches menées suivant l'axe 3 de la loi de 1991, à savoir le conditionnement et l'entreposage de longue durée ; de présenter ensuite un point de vue global sur l'axe de loi après 15 ans de recherches. À la réflexion, il m'est pas apparu très opportun d'intervenir sur ce troisième point dès le début de la matinée. Je me bornerai donc aux deux premiers, en me réservant d'intervenir plus globalement au cours des différents moments dévolus à la réflexion que M. le Président vient d'évoquer.

Je commencerai donc par le plan national de gestion des déchets radioactifs. Pour l'autorité de sûreté nucléaire en France, il est tout à fait fondamental de disposer d'un cadre global pour la gestion des déchets radioactifs quels qu'ils soient, d'où qu'ils viennent, quels qu'en soient les producteurs ou la nature. C'est la seule façon d'assurer la cohérence de l'ensemble du dispositif de gestion. Il me semble que c'est aussi la seule manière de prendre en compte les préoccupations du public, qui ne portent pas seulement sur les déchets de haute activité ou les déchets à vie longue, mais sur l'ensemble des déchets. C'est une façon d'assurer la cohérence des pratiques en matière de gestion.

Pour avoir cette vision d'ensemble, nous nous appuyons sur une nomenclature opérationnelle des déchets radioactifs que nous avons peu à peu mise au point avec l'ensemble des partenaires intéressés, et dont vous pouvez constater qu'elle est régulièrement mise à jour. Nous distinguons entre les déchets suivant deux types de catégorisation : d'une part leur activité, c'est-à-dire leur possible nocivité (très faiblement actif, faiblement actif, moyennement actif, hautement actif) et de l'autre suivant leur durée de vie (très courte durée de vie, courte durée de vie soit moins de 30 ans, plus de 30 ans de durée de vie). Par rapport à des présentations relativement récentes, vous constaterez que nous avons ajouté la colonne « très courte durée de vie » pour prendre en compte le cas, par exemple, des déchets hospitaliers dont un certain nombre ont des durées de vie de quelques jours. C'est une catégorie que nous ne voulons pas négliger.

Notre but est donc bien d'avoir une vision globale et de nous demander, face à cette matrice, quelles sont les cases en face desquelles il existe d'ores et déjà des solutions. Le stockage en surface au Centre de l'Aube constitue une solution en place depuis un certain temps pour les déchets faiblement actifs et moyennement actifs à courte durée de vie. Il existe, depuis une date plus récente, un stockage en surface pour les déchets très faiblement actifs. Clairement, les auditions de l'Office sont consacrées à la mise en œuvre de la loi de 1991 ou de l'article L-542 du code de l'environnement, à savoir les déchets hautement actifs et les déchets hautement actifs à vie longue. Parmi les sujets à traiter pour lesquels il n'existe pas encore de solution définitive, il y a les déchets faiblement actifs à vie longue, pour lesquels il faut trouver des solutions, stockages en surface ou en subsurface. Cela vise en particulier des déchets de graphite ou des déchets radifères. Il faut citer également le problème des sources radioactives à faible ou moyenne activité, de courte durée de vie mais de radioactivité relativement concentrée et qu'on ne peut traiter comme les autres. Notre but est que l'ensemble de la matrice soit couverte par des solutions pérennes.

On ne peut pas omettre, dans cette énumération, le cas particulier des terrils résultant de l'exploitation des mines d'uranium, très faiblement radioactifs mais à longue durée de vie. Encore une fois, le but est de parvenir à mettre en place une solution pérenne face à tout type de déchets, quelle qu'en soit la nature.

J'avais déjà eu l'occasion de revenir sur les objectifs poursuivis lors de la première audition de cette série. Il s'agit de mettre en œuvre une gestion des déchets qui soit sûre, claire et exhaustive, en appliquant les principes de droit commun qui sont ceux de la loi de 1975 sur la gestion des déchets (qu'ils soient ou non radioactifs) : responsabilité des producteurs, traçabilité, lisibilité du système de gestion.

Comment mettre au point un plan national de gestion des déchets radioactifs ? Ce plan avait été appelé en conclusion d'un rapport de l'OPECST paru en 2000. Il est élaboré pour le compte des pouvoirs publics par l'autorité de sûreté nucléaire. Nous réunissons un groupe de travail et des sous-groupes de travail avec l'ensemble des parties prenantes, producteurs, gestionnaires, chercheurs, administrations, élus, associations de protection de l'environnement, et mon idée, si le processus fonctionne bien, serait de présenter au Gouvernement et au Parlement une possibilité, une opportunité. On pourrait imaginer que, si nos travaux aboutissent favorablement, les principes ou les orientations de ce plan national de gestion des déchets radioactifs soient par exemple approuvés par la loi dont le Parlement débattera en 2006. C'est la proposition que je fais mais, encore une fois, il reviendra au Gouvernement d'une part et au Parlement de l'autre de prendre parti sur ce point.

Où en sommes-nous de nos travaux ? L'autorité nucléaire a produit une version préliminaire de ce PNGDR en septembre 2004. Nous avons mis en discussion une version 1 en janvier 2005, et mon espoir est que nous disposions d'une version consolidée à l'été 2005 pour procéder à des consultations de façon tout à fait générale, en consultant explicitement un certain nombre d'entités, en mettant cette version sur notre site web pour recueillir les informations. Si tout ceci fonctionne, nous pourrions effectivement disposer d'une version élaborée du plan national de gestion des déchets radioactifs pour le début 2006, en concordance avec les échéances du débat au Parlement que prépare actuellement l'OPECST.

Le PNGDR marque donc bien la volonté de sûreté nucléaire de situer les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue dans un ensemble plus vaste, à savoir la nécessité de gérer l'ensemble des déchets.

Le deuxième point de ma présentation concerne les recherches menées suivant l'axe 3 de la loi du 30 décembre 1991, entreposage de longue durée et conditionnement. Notre rôle est de définir une réglementation applicable et de contrôler les recherches menées du point de vue de la sûreté.

L'entreposage, même de longue durée, n'est pas une solution définitive. Le conditionnement des déchets est un point tout à fait fondamental qui recouvre à la fois l'idée selon laquelle il faut un conditionnement pour l'entreposage, et celle selon laquelle il faut songer à un conditionnement qui permette éventuellement de passer de l'entreposage au stockage.

Quels sont les principes de l'entreposage de longue durée ? Il est utilisé dans l'attente d'une solution définitive et il se distingue de deux choses de la façon suivante :

- Il se distingue des entreposages industriels qui existent déjà par le fait qu'il vise, en principe, un objectif de durée de 1 à 3 siècles, contre quelques décennies pour les entreposages industriels. La visée temporelle est donc beaucoup plus longue.
- D'autre part, l'entreposage de longue durée se distingue du stockage par la nécessité de reprendre un jour les déchets entreposés pour une nouvelle gestion. Autrement dit, la visée de l'entreposage de longue durée n'est que d'être une solution provisoire. Il a donc une fin, alors que le stockage, fût-il réversible, est conçu pour être fermé à terme, donc pour être une solution définitive.

Ces points sur lesquels le sénateur REVOL avait d'emblée insisté me semblent majeurs.

Où en sommes-nous actuellement sur l'entreposage de longue durée du point de vue de la sûreté ? Le dossier déposé par le CEA portant sur les options de sûreté d'un entreposage de longue durée en surface et en subsurface appelle de notre part les remarques suivantes :

Pour le moment, il s'agit d'un concept basé sur un site générique, c'est-à-dire sans choix de site. Il manque donc des caractéristiques importantes sur le dimensionnement de ces installations. Nous n'avons pas beaucoup de doutes sur la faisabilité d'un tel entreposage, mais un entreposage de ce genre comporte clairement un certain nombre de contraintes : il faut assurer une maintenance sur le long terme et faire, en tout état de cause, le pari que les institutions conservent le contrôle des sites pendant des durées importantes.

Voilà ce que je peux dire sur ce dossier, sachant que le conditionnement est un point important qu'il faut associer à l'entreposage de longue durée, dont je pense qu'il fera l'objet d'un certain nombre de présentations et d'exposés dans la suite de cette journée.

Pour résumer : il est nécessaire d'avoir une vision globale via le plan national de gestion des déchets radioactifs. Pour l'entreposage de longue durée, le processus est en cours mais il faut garder à l'esprit qu'il ne peut être qu'une aide, une assistance en attendant des solutions pérennes qui sont les seules vraies définitives. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci. Je laisse maintenant la parole à M. Andris PIEBALGS, Commissaire européen, en lui redisant encore tout l'honneur et le plaisir que nous avons à l'accueillir.

M. Andris PIEBALGS, Commissaire européen à l'énergie, Union européenne : L'énergie nucléaire et les déchets radioactifs – une perspective européenne

M. le Président, Messieurs les députés, M. le Directeur général, Mesdames et Messieurs, c'est un honneur pour moi de m'exprimer aujourd'hui devant vous dans le cadre de cette audition publique, deux mois après mon entrée en fonction.

Je tiens à remercier en particulier Messieurs BATAILLE et BIRRAUX de me donner ainsi la possibilité de présenter les principaux éléments de l'approche communautaire en matière de nucléaire.

L'énergie nucléaire revêt une importance déterminante au sein de l'Union européenne. Elle représente un tiers de la consommation d'électricité en Europe. 13 Etats membres l'utilisent comme source d'énergie pour produire de l'électricité, exploitant au total 155 réacteurs nucléaires. La plupart des autres Etats membres importent de l'électricité d'origine nucléaire. Il existe aujourd'hui plusieurs projets de réacteurs, comme en France ou dans quelques pays candidats comme la Bulgarie et la Roumanie.

Quelle a été l'action de la Communauté dans ce domaine ?

En novembre 2000, la Commission avait adopté le Livre vert intitulé « *Vers une stratégie européenne de sécurité des approvisionnements énergétiques* ». Dans ce document, elle avait souligné que le nucléaire ne pouvait se maintenir sans un consensus au sein de l'opinion publique. Or ce consensus n'est possible que si certaines questions clés liées à la sûreté et à la sécurité trouvent une solution satisfaisante dans la plus grande transparence. Le large débat organisé autour du Livre vert avait fait apparaître ce même souci.

Plusieurs facteurs ont conduit la Commission à adopter une attitude volontariste en matière de sûreté nucléaire : les préoccupations de l'opinion publique, l'élargissement de l'Union européenne et la nécessité d'harmoniser les règles et les pratiques de sûreté dans les Etats membres, afin de préserver une concurrence équitable sur le marché de l'électricité. Cette approche a pour objectif de garantir le maintien d'un haut niveau de sûreté nucléaire au sein de l'Union élargie. Concrètement, l'approche de la Commission s'est traduite par deux propositions de directives qu'elle a adoptées en janvier 2003. Ces propositions, fondées sur le chapitre 3 du traité Euratom relatif à la protection sanitaire, n'ont pu être adoptées par le Conseil. Dans ce contexte, en septembre 2004, la Commission a adopté deux propositions révisées de directives, prenant en compte certains amendements du Parlement européen ainsi que des éléments résultant de discussions au Conseil et acceptables par elle-même.

Ces propositions ont été présentées au Conseil en décembre dernier. Aujourd'hui, mon objectif est de vous préciser les principaux éléments de l'approche communautaire en matière de sûreté nucléaire au sein de l'Europe, c'est-à-dire la sûreté des installations nucléaires, la gestion des combustibles usés et les déchets radioactifs.

Je commencerai donc par la sûreté des installations nucléaires.

Dans ce domaine, l'approche de la Commission repose sur deux éléments majeurs, la communautarisation des règles et principes existants et la mise en place d'un système d'évaluation.

La communautarisation des règles et principes existants a pour objectif d'éviter de créer un corpus communautaire de normes de sûreté des installations nucléaires. La proposition de directive définit en effet des obligations de base et des principes généraux provenant pour l'essentiel de la convention sur la sûreté nucléaire conclue sous l'égide de l'AIEA.

Concrètement, il s'agit pour l'essentiel d'intégrer dans l'ordre juridique communautaire des principes internationalement reconnus, comme par exemple celui selon lequel la responsabilité en matière de sûreté des installations nucléaires incombe à l'exploitant sous le contrôle de ses autorités nationales. Une telle approche a le mérite de la simplicité et de l'efficacité. Tous les Etats membres de la communauté sont parties contractantes de cette convention.

Le deuxième axe concerne la mise en place d'un système d'évaluation. La proposition de directive prévoit que les Etats membres transmettent périodiquement à la Commission un rapport sur les mesures prises pour

s'acquitter des obligations découlant de la directive, ainsi que sur l'état de la sûreté des installations nucléaires situées sur leur territoire. Ces rapports seront évalués par la suite par un comité composé des représentants des autorités de sûreté nationales. Cette évaluation croisée est un élément fondamental concourant à renforcer la confiance du public sur la qualité de la sûreté nucléaire au sein de l'Union élargie. Je tiens à préciser que, contrairement à une opinion trop répandue, la Commission n'a pas pour objectif de créer un corps d'inspecteurs communautaires chargé d'aller vérifier la qualité de la sûreté au sein des installations nucléaires. Au-delà de l'évaluation des rapports nationaux, le comité sera chargé de favoriser l'échange de bonnes pratiques entre les autorités de réglementation en vue d'assurer l'harmonisation progressive des approches de sûreté nucléaire. Il conseillera également la Commission sur toute question ayant trait à la sûreté nucléaire.

Le deuxième volet de l'approche communautaire concerne la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs.

L'Union européenne est à la pointe des technologies nucléaires. Paradoxalement, les progrès réalisés en matière de gestion des déchets hautement radioactifs demeurent relativement limités dans leur mise en œuvre. L'Europe produit des déchets depuis plus de 50 ans. Les conditions de leur entreposage ne permettent pas toujours d'en garantir la sûreté sur de très longues périodes. Les raisons résident dans le fait que les technologies permettant d'assurer une gestion à long terme n'ont pas été mises en œuvre. Dans sa proposition de directive sur la gestion des déchets radioactifs, la Commission a voulu mettre en place des mécanismes incitant les Etats membres à prendre des décisions afin de progresser dans ce domaine. Pour ce faire, la Commission a examiné les différentes expériences nationales en la matière. La loi française du 30 décembre 1991 dite « loi BATAILLE » relative à la recherche sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité a été riche d'enseignements.

Au-delà de la communautarisation des règles et principes existants et de la mise en place d'un système d'évaluation, la proposition de la Commission comporte deux points essentiels : L'obligation pour chaque Etat membre de définir un programme de gestion des déchets assorti d'échéances et le renforcement des efforts de recherche et développement consacrés à ce domaine.

Je commencerai par le programme national de gestion. La proposition de directive demande à tous les Etats membres d'adopter un programme de gestion concernant toutes les formes de déchets radioactifs. Cette obligation est indispensable. Cela permettrait de garantir une gestion sûre et de renforcer la lutte contre des évacuations illicites pouvant porter atteinte à la protection des personnes et de l'environnement. Il est également important de souligner que l'absence de gestion nationale des déchets radioactifs peut entraîner des transports non justifiés. Il s'agit également d'une difficulté à laquelle la Commission devra s'attacher.

Il existe déjà une législation communautaire couvrant certains aspects de la gestion des déchets radioactifs. La Communauté dispose notamment d'une législation en matière de transfert de déchets radioactifs. La Commission a récemment transmis au Conseil une proposition de modification de cette directive afin de la rendre plus transparente et d'aider au transfert de combustible usé.

La gestion des sources scellées, souvent perçues comme pouvant entrer dans la fabrication de ce qu'il est convenu d'appeler des « *bombes sales* » est également couverte par une directive communautaire adoptée en 2004.

La Commission a par ailleurs prévu de présenter en 2005 une proposition dans le domaine du transport de matières radioactives. De nombreuses études ont confirmé que les solutions envisagées aujourd'hui pourront assurer les isolations requises des déchets sur des périodes très longues. La stratégie du stockage en couches géologiques profondes pour les déchets hautement radioactifs et à vie longue réduit considérablement les risques d'une diffusion accidentelle dans l'environnement. Il existe un large consensus international parmi les experts sur le fait que cette méthode d'évacuation constitue la meilleure solution de

gestion connue à ce jour. La plus grande difficulté réside dans l'acceptation par le public, notamment par les populations résidant à proximité des sites de stockage potentiels. L'acceptation par le public demeure un élément fondamental pour l'avenir de l'énergie nucléaire. La Commission considère donc qu'il est indispensable non seulement de fournir des informations au public mais également de l'impliquer dans les discussions sur les nouveaux projets.

Pour conclure sur ces points, je souhaiterais préciser que, contrairement à ce qui a pu être dit, la Commission n'a jamais proposé et n'a pas l'intention de proposer un système obligeant un Etat membre à recevoir les déchets radioactifs d'un autre Etat membre. La Commission ne serait pas opposée à ce que des Etats membres s'entendent entre eux sur une telle solution, mais elle ne souhaite pas intervenir dans un choix qui ne relève pas actuellement de ses compétences.

Je voudrais également insister sur le besoin d'un effort accru en matière de recherche. Une coopération plus efficace s'impose entre les différents programmes intéressant les Etats membres. En établissant un cadre pour une coopération et une coordination améliorée, on augmentera la rentabilité globale des efforts ainsi que la crédibilité et l'acceptabilité de l'ensemble des travaux entrepris. Le centre commun de recherches, tout particulièrement l'Institut des Transuraniens de Karlsruhe est très impliqué en matière de recherche dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. Le programme cadre de recherche et de développement technologique de la Communauté continuera également à jouer un rôle important mais il ne suffira probablement pas, à lui seul, à garantir le succès.

La Commission continuera donc à encourager la coopération entre les Etats membres dans un but d'intérêt commun de recherche et développement technologique. À cet effet, la Commission envisage de proposer en 2005, dans le cadre du projet Euratom, la création d'une entreprise commune chargée de coordonner certains aspects dans le domaine de la recherche en matière de gestion des déchets radioactifs. Notre expérience d'entreprise commune – je pense tout particulièrement à celle qui a été récemment créée dans le cadre du projet GALILEO – nous pousse en effet à aller dans cette voie.

En conclusion, il est souhaitable de doter l'Union européenne d'une législation crédible en matière de sûreté nucléaire et de gestion des déchets radioactifs. Sa mise en œuvre permettra à l'industrie nucléaire européenne d'évoluer dans un cadre juridique stable et identique pour tous les exploitants nucléaires. Pour ma part, j'entends tout mettre en œuvre pour que les propositions législatives de la Commission soient adoptées. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci pour ces propos particulièrement clairs. Malgré la provocation amicale de M. WAETERLOOS avant le début de notre réunion, vous avez tenu des propos qui me vont droit au cœur et qui me font plaisir parce que vous avez réellement précisé comment vous conceviez le rôle de la Commission européenne. Je m'en félicite et je vous en félicite. Je laisse maintenant la parole au Professeur Burton RICHTER.

Professeur Burton RICHTER, Prix Nobel de physique, États-Unis : Une vision à long terme de la question des déchets radioactifs

Je vous remercie de me donner la possibilité de parler de ce problème qui nous concerne tous.

La France fait face à une décision à prendre concernant la place de l'énergie nucléaire dans le mix énergétique à venir. Le stockage sécurisé du combustible usé et d'autres matériels radioactifs est l'une des préoccupations actuelles. Personnellement, je voudrais insister sur le fait que, si cette question est bien gérée, il ne s'agit pas d'un problème si sérieux que cela, tant à court terme qu'à long terme. Lorsque l'on regarde d'autres questions énergétiques, on constate que des problèmes beaucoup plus importants peuvent se poser que ceux qui nous préoccupent dans le cadre de l'énergie nucléaire.

En matière d'énergie, les deux questions principales sont aujourd'hui le changement du climat et les contraintes de l'offre. Certaines prédictions de l'IIASA (International Institute of Applied Systems Analysis) ont montré que la demande allait doubler d'ici 2050 et augmenterait encore de 70 % entre 2050 et 2100. La demande augmentera d'ailleurs beaucoup plus rapidement dans les pays en voie de développement que dans les pays développés. D'ici 2025, les pays en voie de développement consommeront autant d'énergie primaire que les pays industrialisés et la Chine consommera autant que les Etats-Unis. Ceci engendra des contraintes en matière d'offre, par exemple pour le pétrole. Aujourd'hui, la demande augmente chaque année de 1,5 million de barils par jour. L'augmentation de la demande posera également des problèmes en matière de gaz naturel, pour lequel il existe déjà des contraintes de transport.

Si l'on continue avec le mix énergétique actuel, l'impact écologique sera très important. Si rien n'est fait, l'IPCC montre que la proportion de dioxyde de carbone s'accroîtra dans l'atmosphère, entraînant une augmentation moyenne de la température de 3 à 5 degrés. Dans l'Arctique et l'Antarctique, les hausses seraient d'ailleurs deux fois supérieures à cette fourchette.

La communauté scientifique s'inquiète en outre de la possibilité d'événements climatiques extrêmes. Il est aujourd'hui trop tard pour éviter complètement le réchauffement climatique, mais on peut limiter au maximum l'augmentation de la température moyenne en évitant d'utiliser des combustibles émettant des gaz à effet de serre. Dans ce domaine, je crois qu'il n'y a que deux alternatives : La première est l'efficacité de l'économie : quand vous ne consommez pas une certaine énergie, l'énergie ainsi économisée ne pollue pas. L'autre alternative est l'énergie nucléaire, qui n'émet pas de gaz à effet de serre. Il est important d'avoir à l'esprit que les énergies renouvelables ne sont aujourd'hui pas suffisamment maîtrisées pour permettre de produire à l'échelle du terawatt. Il faut savoir que le soleil ne brille naturellement pas en permanence et que le vent ne souffle pas tout le temps.

Je souhaiterais à présent en venir au traitement sécurisé du combustible usé. Il y a trois composants principaux :

- Les produits de fission, qui représentent environ 4 % et sont certes très radioactifs mais ne nécessitent d'être isolés que quelques centaines d'années avant que leur radioactivité décroisse suffisamment,
- L'uranium, dont la radioactivité est négligeable et que l'on pourrait presque envisager de redéposer dans les mines dont il a été extrait,
- Le principal problème concerne finalement le pourcent qui reste, à savoir les actinides : plutonium, américium, neptunium et curium, mais également deux produits de fission que l'on trouve en très faible quantité. Le problème est que ce sont des composants à longue vie. Il faut donc soit s'assurer que l'on évite leur diffusion dans la biosphère pendant des centaines de milliers d'années, soit trouver une manière de réduire leur durée de vie.

Comment éviter la diffusion de ces produits dans la biosphère ? En France, le processus de retraitement existe, avec la séparation du plutonium qui est ensuite réutilisé dans les réacteurs. Il est peut-être plus intéressant de voir ce qui se passe lorsque l'on ne procède pas à cette séparation. Quand on prend chaque élément séparément, il n'y a pas de gros problème au niveau scientifique ou même sur le plan du génie nucléaire. Les produits de fission ne sont pas problématiques non plus dans la mesure où ils ne nécessitent que quelques centaines d'années de stockage. Il en va de même pour l'uranium, compte tenu de sa faible radioactivité.

En France, le problème potentiel des composants à longue durée de vie semble avoir été surmonté ou résolu par le CEA grâce au développement d'un verre à longue durée permettant de conditionner le composant. Des tests de vieillissement accéléré ont montré que la durée de vie de ce verre se compte en centaines de milliers voire en millions d'années. Aux Etats-Unis, la séparation des trois composants a été interdite par crainte des répercussions possibles en termes de prolifération d'armes nucléaires. On a préféré le cycle de combustible

unique, où l'on conserve les déchets nucléaires ou le combustible usé pour les stocker en couche géologique. Ceci pose cependant également un certain nombre de problèmes, par exemple celui de l'accumulation de plutonium de par le monde. Ce cycle implique par ailleurs un enrichissement plus important de l'uranium pour compenser l'énergie qui n'est pas extraite du plutonium.

La transmutation constitue une autre alternative. Elle consiste à détruire les matériaux qui peuvent être utilisés pour la construction d'armes nucléaires. Elle peut être réalisée par le biais de la fission du plutonium et d'autres actinides, pour en faire des composants à durée de vie plus réduite et surtout s'assurer qu'ils ne sont pas utilisables pour la fabrication d'armes. Si ce travail est mené de manière suffisamment approfondie, il réduit le temps d'isolement du déchet ultime qui passe de quelques centaines de milliers d'années à quelques milliers d'années seulement. Sachant que les Égyptiens avaient eux-mêmes construit des pyramides pour conserver les restes de leurs pharaons et que ces structures existent encore aujourd'hui, nous devrions être capables d'en faire autant.

En ce qui concerne la transmutation, beaucoup de travaux de recherche sont en cours en France, aux États-Unis et au Japon. On constate que tous ne pourront être menés à travers les réacteurs traditionnels, qui ne peuvent réaliser qu'une partie du travail de transmutation. Il faut donc disposer de systèmes à neutrons rapides ou à spectre rapide, sur le modèle de ce qui se passe dans le réacteur Phénix en France. Ces systèmes permettent la fission d'isotopes impossible à réaliser avec les réacteurs actuels.

Une possibilité de système à spectre rapide est l'installation sous-critique pilotée par accélérateur, préconisée par le professeur RUBBIA il y a deux semaines et depuis quelques années maintenant. Je ne pense pas que ces installations sous-critiques soient viables sur le plan économique, si l'on considère la possibilité de vendre l'électricité sur les marchés. Il y a un problème de fiabilité qui entraîne des risques d'interruption pendant des mois ou des années. Les problèmes liés à l'utilisation de ce genre de structures sont donc trop importants et nous ne pouvons pas nous permettre, dans le monde actuel, des coupures d'électricité liées à des interruptions de ce type, qui porteraient sur des centaines de mégawatts.

Il existe cependant une autre possibilité, à savoir le recyclage multiple des actinides. On pourrait, par ce biais, réduire le nombre d'installations nécessaires en passant d'un facteur de 5 à 10 réacteurs à eau légère, soit les réacteurs actuels, à 1 réacteur de nouvelle génération. Il semble cependant que ce soit une option difficile et surtout coûteuse à mettre en œuvre.

La France a choisi de retraiter le combustible usé en le séparant et en le mixant pour en faire du MOX, qui peut être remis dans le cœur des réacteurs de génération actuelle. Il me semble que les réacteurs de génération suivante pourront être alimentés exclusivement avec du MOX. Ceci permet naturellement de réduire l'accumulation de plutonium, mais pas la durée d'isolation des déchets qui sont produits. Bien que le plutonium soit dégradé, le problème de sa durée de vie longue demeure donc. Malgré cette option, il faut donc réfléchir à la possibilité de la transmutation dans un système à neutrons rapides.

Il semblerait qu'on doive aujourd'hui faire face à un manque d'uranium, notamment d'uranium 235 nécessaire pour les réacteurs actuels. Selon les scénarios envisagés en France ou aux États-Unis, on table sur une consommation mondiale d'électricité nucléaire de 1 000 à 1 500 GW pour 2050. Si ces niveaux sont atteints pour un prix de 135 \$ par kilo ou moins, il y aura un véritable problème d'accessibilité à l'uranium. Il y a bien sûr des incertitudes concernant ce scénario, mais c'est malgré tout le scénario le plus digne de confiance auquel on peut s'intéresser aujourd'hui.

Aujourd'hui, les successeurs logiques des réacteurs actuels seraient les surgénérateurs à neutrons rapides qui peuvent résoudre deux problèmes. Tout d'abord, ils utilisent non pas de l'uranium 235 mais de l'uranium 238, ce qui multiplie par 100 environ les ressources disponibles et permet de surmonter le problème de l'offre.

Ils peuvent d'autre part fonctionner en cycle fermé, ce qui est forcément intéressant, d'autant qu'ils pourraient également consommer les résidus à longue vie des réacteurs actuels.

J'encourage fortement la recherche et le développement concernant cette nouvelle génération de réacteurs. Dans ce modèle, avec ces nouveaux réacteurs, les produits de fission ne seraient stockés que pendant quelques centaines d'années environ. Au bout de ce laps de temps, leur radioactivité serait négligeable. Il existe plusieurs options possibles parmi lesquelles les réacteurs à sodium du type Phénix. Je ne peux pas dire quelle est exactement la technologie que je préconiserais, je n'ai pas d'opinion sur la question, mais je crois que c'est réellement la direction générale qu'il faut suivre avec la possibilité de stocker pour aujourd'hui le combustible utilisé de manière non séparée, en attendant que ces nouveaux réacteurs soient disponibles. Je crois qu'il y a là un moyen de faire de l'énergie nucléaire une énergie sûre à grande échelle, à long terme, et qui n'émette pas de gaz à effets de serre.

Je ne voudrais pas conclure sans évoquer la question de la prolifération. C'est d'ailleurs dans ce domaine que les présidents FORD et CARTER dans les années 1970 ont mis en œuvre une politique de non-retraitement et déclaré que le combustible utilisé devait être directement transféré dans des sites de stockage géologique. Il s'agit d'une option viable tant qu'il y a de l'uranium, mais qui exige un nombre croissant de centres de stockage pour les combustibles usés. C'est une politique qui empêche en quelque sorte la mise en œuvre des systèmes à neutrons rapides, parce que même ceux-ci nécessitent un processus de retraitement. Il faudrait examiner si cette politique est toujours pertinente au regard des évolutions technologiques. Quand on parle de prolifération, il faut bien faire la part des choses entre la prolifération engendrée par des Etats nations et celle engendrée par des organisations non Gouvernementales. À l'image de ce qui s'est passé en Corée du Nord ou en Libye, la seule manière pour les nations d'éviter la prolifération est d'avoir des accords internationaux forts et contraignants. D'ailleurs, nous disposons aujourd'hui d'un nouveau régime international et le Président de mon pays, George W. BUSH et celui de l'AIEA, Mohamed EL BARADEI, sont d'accord sur ce sujet, en tout cas sur le fait que la meilleure manière de parvenir à ce régime international est d'internationaliser le cycle du combustible. En fait, ils se sont surtout mis d'accord sur la nécessité d'internationaliser l'amont du cycle. Je pense que c'est également le cas pour l'aval du cycle, sachant que cette démarche serait particulièrement favorable aux petits pays et aux pays en voie de développement. En effet, ceux-ci pourraient recevoir des combustibles ou des réacteurs nucléaires au moment même où ils entreraient dans le circuit de la production d'énergie nucléaire. Si un tel schéma internationalisé devait se mettre en place, il faudrait bien sûr que ce système soit régi par un groupe de pays relativement limité mais également diversifié, afin de séparer les contraintes d'ordre politique et l'accès à l'énergie. Cette question relève naturellement davantage des politiques que des scientifiques.

Vient ensuite la question de la prolifération par les organisations non Gouvernementales comme Al Qaïda ou Aum Shinriki au Japon. Il est plus probable que l'acquisition de matériel nucléaire se fasse dans ce cas par le vol ou l'achat plutôt que par le retraitement du combustible utilisé. Il s'agirait quand même de quelque chose de relativement complexe à mettre en œuvre même pour une organisation comme Al Qaïda.

Pour conclure, je dirais que la France s'est dotée d'un programme cohérent et bien pensé pour l'avenir à long terme de l'énergie nucléaire. La question du stockage des déchets a été bien pensée et de bonnes solutions ont été proposées. La transmutation est peut-être une solution à envisager. La recherche doit être encouragée dans ce domaine. Nous ne savons pas ce qui va surgir en matière de transmutation, et nous pourrions voir celle-ci un peu comme « *la cerise sur le gâteau* ». Il faut aujourd'hui un système international efficace pour éviter les problèmes de prolifération mais c'est, encore une fois, davantage l'affaire des Gouvernements que des scientifiques. L'internationalisation de l'amont et de l'aval du cycle serait une véritable « bénédiction » pour les petits pays et les pays en voie de développement.

Je crois que l'énergie nucléaire peut jouer un rôle très significatif dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La France a été un leader en matière d'énergie nucléaire et est aujourd'hui le pays où le ratio

émission de gaz à effets de serre / unité de production est le plus faible. Si le taux constaté en France était appliqué à l'ensemble du monde, les émissions de gaz à effet de serre seraient divisées par deux, c'est-à-dire beaucoup plus que les objectifs du protocole de Kyoto. Les scientifiques sont en train de mettre en place aujourd'hui des options techniques pour un avenir nucléaire sûr et les équipes françaises sont peut-être les plus avancées. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Après ce très large panorama sur la politique énergétique, je laisse maintenant la parole à M. Philippe PRADEL, qui abordera les perspectives technologiques établies par le CEA pour le conditionnement et l'entreposage à long terme.

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA : Les perspectives technologiques établies par le CEA pour le conditionnement et l'entreposage à long terme

Merci M. le Président. Mesdames et Messieurs, il m'appartient en quelques minutes de présenter et d'introduire les recherches menées sur l'axe 3 par le CEA et ses partenaires, et d'en donner quelques illustrations, sachant que d'autres exposés viendront par la suite compléter et préciser les différents résultats obtenus.

Le contenu des recherches menées dans le cadre de l'axe 3 a été suffisamment détaillé ce matin, notamment les deux mots « conditionnement » et « entreposage ». Je voudrais insister que le fait que le conditionnement recouvre plusieurs domaines.

- En premier lieu, le traitement même des déchets initiaux, des déchets bruts avec un objectif permanent d'inertage et de réduction de volume.
- Le conditionnement lui-même, le façonnage, est un autre grand domaine de travail, sachant qu'il y a au-delà de cela également deux autres thèmes forts de recherche,
- La caractérisation qui est la connaissance précise des colis produits et des déchets initiaux.
- Le quatrième thème est le comportement à long terme de ces colis pour inscrire leur comportement dans la durée, que ce soit dans une phase d'entreposage ou de stockage.

On comprendra aisément que l'ensemble des actions qui ont été menées en matière de conditionnement l'ont été en relation très étroite avec les équipes en charge de l'entreposage mais aussi avec celles en charge de l'axe 2, c'est-à-dire les équipes de l'ANDRA. Certains des exposés reviendront plus en détail sur ces questions.

Le deuxième grand thème, l'entreposage de longue durée, est lui-même découpé en deux parties principales :

- L'étude de conteneurs précis, spécifiques et dédiés à l'entreposage, car celui-ci implique *de facto* une notion de reprise à l'issue d'un délai à définir, voire éventuellement un traitement. L'intégrité du contenu doit donc être conservée.
- L'étude d'entrepôts, qui se situe davantage dans une perspective d'ingénierie.

Pour illustrer les résultats obtenus, je commencerai par dire qu'après près de 15 ans d'études, nous avons déjà enregistré des transferts à l'industrie et des résultats physiques. Aujourd'hui, la production de déchets de haute et moyenne activité à vie longue liée à la production d'électricité nationale a été réduite d'un facteur 10 par rapport à ce que nous avons pris en compte au début des années 1990.

Pour illustrer l'axe 3, je voudrais revenir sur l'inventaire national publié en fin d'année dernière. C'est la connaissance précise de l'ensemble des colis et des filières pour chacun des déchets, qui permet une vision projective de l'inventaire des colis de moyenne et haute activité. En matière de conditionnement, les résultats ont permis d'avoir des valeurs fiables et précises en termes d'inventaires. Les progrès qui ont permis cette division par 10 sont de deux ordres : issus de l'axe 1 via la réduction de la toxicité et le tri sélectif des

contenus et liés au conditionnement, c'est-à-dire au choix des colis et des caractérisations de leur comportement.

Les acquis transférés en matière industrielle relèvent de ce que nous avons appelé la « standardisation » des colis de déchets produits en ligne avec l'électricité. Un effort significatif a été fait pour standardiser la géométrie des colis de façon à la fois, pour l'axe 3, à avoir une simplification et une standardisation en matière de transport et de stockage ultérieur, mais également en interaction avec les études de l'axe 2, à avoir une standardisation en matière de transport et de stockage.

Dernier point dans ces relations entre la science et l'industrie, les entrepôts industriels sont de plusieurs natures. Les derniers à avoir été construits dans la « fenêtre » 1990 – 2000 ont été dimensionnés pour une durée de quelques décennies et examinés pour voir s'ils pourraient avoir les caractéristiques requises pour la longue durée. Ces analyses ont été faites et montrent qu'on peut facilement, et sans anticiper, imaginer des prolongations de vie si celles-ci s'avéraient nécessaires autour de la centaine d'années, du fait de leur modularité notamment. Compte tenu de leur inspectabilité, on pourrait également imaginer, avec des inspections périodiques, gagner une flexibilité supplémentaire pour aller au-delà, sachant qu'il est toujours possible de reconstruire à l'issue de la durée de vie prévue.

Ces entrepôts industriels offrent donc une grande flexibilité pour les colis standardisés dont je parlais précédemment, mais tout cela est naturellement dit sous réserve des analyses de sûreté correspondantes qui n'ont pas encore été menées. Nous en sommes aujourd'hui au stade de l'évaluation.

En ce qui concerne plus spécifiquement le conditionnement et la caractérisation des déchets, j'ai déjà mentionné la réduction du volume et la standardisation, mais d'autres efforts ont été menés sur la mise au point d'un procédé de conditionnement adapté à chacune des typologies de déchets. Je parle en particulier des déchets du passé, puisque nous avons maintenant atteint un niveau de standardisation et de réduction adapté pour les déchets produits en ligne. Par contre, pour les déchets du passé qui représentent plus d'importance relative puisqu'ils constituent la grosse quantité des déchets de moyenne activité, la mise au point de conditionnement adapté a non seulement permis de réaliser un inventaire mais a aussi été à la base des recherches et des développements de l'axe 3.

Les méthodes de caractérisation et ce que l'on appelle la « science du comportement à long terme » pour évaluer les évolutions des colis – qui a été mentionnée par le professeur RICHTER et qui vous sera détaillée – ont permis de développer aujourd'hui des modèles de simulation basés sur des analogues naturels, mais aussi des expériences accélérées, qui offrent les moyens de donner des garanties suffisantes de comportements sur des durées longues.

C'est l'un des grands acquis et des grands progrès obtenus en la matière sur des travaux de caractérisation et de comportement à long terme de ces déchets.

En ce qui concerne l'entreposage, j'ai indiqué que la durée des entrepôts industriels pourrait, si nécessaire, être étendue. Elle pourrait également être étendue par reconduction et reconstruction. Ceci étant, pour toute une catégorie d'autres déchets, il a fallu effectuer à la fois des études d'ingénierie et des réalisations de démonstrateurs de colis de façon à montrer, au-delà de l'intuition, que de réaliser des entrepôts est à la portée des ingénieries modernes et à démontrer par des réalisations physiques qu'il était possible de réaliser des colis remplissant les fonctions nécessaires, en termes de durée et de reprise possible après entreposage long. Comme je l'avais dit précédemment, c'est un sujet pour lequel le caractère démonstratif est essentiellement visuel et repose sur la capacité à venir se rendre compte que ces objets existent et ont bien été étudiés suivant un cahier des charges, et qu'ils satisfont pleinement celui-ci.

Différents aménagements internes ou des colis et galeries d'entreposage réalisés sur le site de Marcoule, et font partie des différents équipements qui seront à disposition dans le VISIATOME qui ouvrira pour permettre au public de venir voir les résultats physiques et concrets obtenus.

Toujours sous réserve des analyses de sûreté qui n'ont, comme l'a indiqué André-Claude LACOSTE, par encore été menées à leur terme et loin s'en faut, la faisabilité de l'entreposage de longue durée est aujourd'hui démontrée pour tous les types de déchets à vie longue que nous avons examinés. Aujourd'hui, dans le débat et les décisions à prendre, elle apporte une flexibilité importante dans la perspective des choix qui devront être faits en termes de durée préliminaire d'entreposage avant stockage. Ces résultats et les résultats industriels dont je parlais précédemment garantissent aujourd'hui totalement cette flexibilité.

Sur la base de ces résultats industriels acquis et des verrous scientifiques qui ont été levés sur l'axe 1 et l'axe 3, nous avons aujourd'hui « *ouvert le champ des possibles* ». Cela nous a permis d'avoir un dialogue et un réel débat fondé sur des options et des choix à faire et non pas sur une seule et unique possibilité imposée. Ces résultats – 10 fois moins de déchets que ce qui était anticipé ; faire des déchets d'aujourd'hui les combustibles de demain – sont une illustration forte de ce qui sera sans doute largement discuté en fin de journée, à savoir la complémentarité des axes de recherche. Dans une dynamique de progrès continue, nous poursuivrons les études et la nécessité de réduire en permanence le volume et la toxicité pour, à la fois :

- Minimiser la durée de surveillance et de mise à l'écart nécessaire,
- Garantir la réversibilité du stockage et la non-irréversibilité des décisions qui sont à prendre dans l'année qui vient,
- Permettre une optimisation saine entre l'entreposage et le stockage, de façon à avoir une gradation de décision dans le temps avec, à tout moment, la possibilité de revenir sur des décisions non irréversibles.

Il semblerait que cela soit, classiquement, la possibilité qui nous est aujourd'hui offerte à partir des résultats obtenus. Après 14 années de recherche, nous nous sommes dotés des conditions d'un débat serein et de la possibilité de nous engager dans ce j'appellerais « une démarche de progrès continu » dans la perspective d'un nucléaire durable, pour des raisons exogènes de ressources et de climat, et dans une nouvelle génération d'équipements qui permettra d'obtenir les résultats progressifs que j'ai indiqués. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. PRADEL. La parole revient maintenant à M. THEGERSTRÖM, qui présentera le conditionnement et l'entreposage dans la perspective de la gestion des déchets en Suède. Je note au passage que le Royaume de Suède fait de gros efforts pour être agréable aux élus de la République puisque ses deux représentants, dont l'un est intervenu la semaine dernière, s'expriment en français.

M. Claes THEGERSTRÖM, Président, SKB, Suède : Le conditionnement et l'entreposage, deux problématiques centrales dans la gestion des déchets en Suède

Merci M. BIRRAUX. Je commencerai par mettre en perspective la question de l'énergie nucléaire en Suède. Le nucléaire représente la moitié de l'électricité produite en Suède, l'autre provenant de l'hydroélectrique. La consommation d'électricité d'origine nucléaire par habitant est en Suède 40 % supérieure à ce qui existe en France. La Suède dépend donc toujours, et pour longtemps encore, de l'énergie nucléaire.

Aux termes de la loi suédoise, les propriétaires de centrales sont responsables de la manutention et de l'évacuation sûres de tous leurs déchets radioactifs. C'est le principe de responsabilité du producteur. Pour satisfaire ces exigences, les 4 compagnies qui possèdent des centrales nucléaires ont formé le SKB, dont les tâches principales sont la recherche, la préparation, la construction et l'exploitation de toutes les installations indispensables à la manutention et à l'évacuation sûres de tout le combustible irradié et de tous les déchets radioactifs.

Compte tenu de la limitation du programme nucléaire aux 12 réacteurs existants, il n'y a pas lieu, en Suède, de retraiter le combustible irradié. Le SKB a mis au point un système pour la gestion de tous les déchets radioactifs. Pour assurer les ressources nécessaires, il y a en Suède, depuis 20 ans, un fonds spécialement dédié au programme de gestion des déchets radioactifs.

Les déchets de faible et moyenne activité provenant des centrales, des hôpitaux ainsi que des industries ou de la recherche sont envoyés au SFR, installation de stockage définitif des déchets provenant de réacteurs, à vie courte, de faible et moyenne activité. Cette installation a été construite entre 1982 et 1988 à une profondeur de 50 à 100 mètres dans le soubassement rocheux, à 1 kilomètre de la côte, sous la mer Baltique, au large de la centrale Forsmark. Le dépôt se compose de cavités creusées dans la roche en différentes configurations, selon le type de déchets à recevoir. Cette installation fonctionne donc maintenant depuis près de 20 ans.

Le combustible irradié est entreposé depuis 1985 dans le CLAB, installation d'entreposage provisoire centralisé du combustible irradié situé sur le site d'Oskarshamn. Ce dépôt, nécessaire à la décroissance de la radioactivité du combustible irradié avant sa mise en stockage géologique, a donc été mis en service en 1985. Implanté aux abords de la centrale nucléaire d'Oskarshamn, il comporte des installations de surface utilisées pour la réception des combustibles. Il existe également des installations souterraines, des piscines d'entreposage et des équipements de transfert situés à 30 mètres sous la surface. La capacité initiale du dépôt, soit 5 000 tonnes, va être portée à environ 8 000 tonnes suite à la mise en service de piscines supplémentaires dans une nouvelle caverne. L'ouverture de celle-ci a été effectuée par abattage du rocher à l'explosif malgré la proximité de l'ouvrage en exploitation. Les travaux ont été facilités par l'aménagement, lors de la création de l'installation, d'une réservation de canal de transfert pour extension de capacité. Une nouvelle réservation a été faite pour extension ultérieure éventuelle, au cas où la capacité pratiquement utilisable, soit environ 8 500 tonnes, viendrait à être atteinte compte tenu de l'entreposage de déchets de haute activité issus de réacteurs de puissance dans certaines alvéoles de piscines, ce qui ne pourrait survenir avant au moins 15 ans. Le CLAB est constitué d'installations assez classiques pour manipuler les combustibles. La particularité consiste essentiellement dans la nature souterraine du stockage.

Je poursuivrai avec le concept de stockage profond KBS-3 développé en Suède pour être utilisé sur le territoire national ainsi qu'en Finlande, en coopération très étroite avec nos collègues finlandais.

Les premières recherches sur le stockage des déchets de haute activité et du combustible remontent à 1977. Le concept KBS-3 n'a fait l'objet que de quelques aménagements depuis son expression en 1983. Il repose sur le conditionnement des assemblages combustibles dans un conteneur en fonte à graphite inséré dans une enveloppe en cuivre de 5 centimètres d'épaisseur dont le couvercle est soudé. Il en résulte un colis cylindrique de 5 mètres de haut et 1 mètre de diamètre, pesant 25 tonnes et qui contient 4 assemblages UOX de réacteurs à eau sous pression ou 12 assemblages de réacteurs à eau bouillante d'une puissance résiduelle totale inférieure à 2 kilowatts environ. La définition détaillée du conteneur et du procédé de soudage, son couvercle, sont l'objet d'études et d'expériences à caractère technologique à l'atelier pilote de conteneurage d'Oskarshamn, dédié à la mise au point du procédé de conteneurage du combustible irradié.

Dans ce laboratoire, deux méthodes de fermeture du conteneur par soudage sont développées en parallèle, soudage par faisceau d'électrons et soudage par friction thixotropique. L'adaptation de la méthode par faisceau d'électrons au soudage du couvercle du conteneur a été entreprise dès la création du laboratoire, en l'an 2000. L'équipement de soudage initialement installé a été modifié pour améliorer la finition du joint soudé. Quoique la mise en œuvre de cette méthode bénéficie d'une longue expérience, des difficultés persistent qui sont en particulier liées à la phase terminale de l'opération. L'équipement de soudage par friction thixotropique ou friction malaxage a été installé plus récemment, en mars 2003. Cette méthode consiste à mettre un outil en rotation rapide au contact des pièces à assembler et maintenues sous pression l'une contre l'autre. La friction

de l'outil sur les pièces amène le métal à un état pâteux, et la matière des deux pièces au contact subit une opération combinée de forgeage et d'expression. Contrairement à la soudure par faisceau d'électrons, ce procédé ne comporte pas de fusion de la matière et ne rencontre pas les problèmes habituels de soudage. Son développement est donc très prometteur. Le développement des procédés de soudage est accompagné par celui des méthodes de contrôle des joints soudés par radiographie, ultrasons et courants de Foucault.

Nous prendrons cette année une décision en matière du choix du procédé de soudage. Par ailleurs, les procédés de fabrication des enveloppes constitutives des conteneurs et de l'insert en fonte sont à l'étude.

Un conteneur complet comprenant l'insert en fonte et son couvercle soudé par friction malaxage a pu être réalisé en mai 2004, suivant un plan qualité. Aucun défaut n'a pu être décelé dans les joints soudés, dont la résistance mécanique s'est avérée égale à celle du métal de base. Le programme prévisionnel, qui prévoit le dépôt d'une demande d'autorisation de création de l'atelier de conteneurage en 2006 en vue d'une mise en service industrielle en 2017, est jusqu'à présent respecté. Les installations seront situées à côté du CLAB.

Pour conclure sur le rôle du conteneurage et de l'entreposage dans notre programme, nous avons un entreposage centralisé des combustibles usés pour une période prévue de 25 à 40 ans. Cette installation est située sur la commune d'Oskarshamn, dont il faut noter qu'elle a clairement déclaré ne pas accepter l'entreposage de très longue durée et souhaiter voir avancer le programme de stockage profond. À l'unanimité, les habitants se sont portés volontaires pour l'étude d'un site de stockage profond à proximité du CLAB. Les études en cours ont dû vous être présentées la semaine dernière par Mme ENGSTRÖM.

Il y a bien entendu un entreposage temporaire pour une durée de quelques années des déchets de faible et moyenne activité sur le site nucléaire. Après, les déchets sont directement transférés dans un stockage souterrain.

Finalement, tout conteneurage est prévu pour satisfaire les critères de transport et de stockage géologique pour les différentes catégories de déchets nucléaires. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci. Nous disposons à présent d'un peu de temps pour une première plage de questions.

Débat avec les participants

Mme Ann McLACHLAN, Nucleonics Week

M. PRADEL a évoqué la possibilité d'étendre les entreposages industriels existants pour une période d'une centaine d'années. Je pense que la plupart de ces entreposages sont à La Hague. Ma question s'adresse essentiellement à M. LACOSTE. Cette extension peut-elle intervenir dans le cadre des autorisations existantes ? Faudrait-il au contraire envisager une demande de modification des installations compte tenu de la longue durée d'entreposage prévue ? Cela implique-t-il une nouvelle enquête publique ?

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Vous me demandez de répondre à une question qui n'est pas posée. Pour prendre parti sur un dossier, encore faut-il que celui-ci soit déposé. Si une telle question était posée, elle donnera lieu à un nouveau dossier et à l'ensemble de la procédure nécessaire. Encore une fois, les entreposages autorisés jusqu'à présent l'ont été avec une visée de quelques dizaines d'années.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

La parole est à M. DOSÉ.

M. François DOSÉ, Député de la Meuse

À l'écoute de l'ensemble des intervenants, j'ai deux observations et deux questions. Les deux observations sont d'un caractère un peu générique.

La première s'adresse à Messieurs REVOL, BIRRAUX et BATAILLE. Je pense vraiment qu'il faut ajouter les sciences humaines dans l'approche scientifique et technologique, pour aider les choix des parlementaires. Elles constituent à mes yeux le meilleur lien entre la communauté scientifique, quelle qu'en soit la déclinaison, et la population et l'opinion, qui sont parfois malmenées. Je ne ferai pas d'autres commentaires, mais j'en suis profondément convaincu. Il ne faut pas laisser le débat aux seules sciences mathématiques, physiques, chimiques.

Deuxième remarque : cela fait 13 ans que je vis cette affaire au quotidien puisque j'habite tout près. Je rappelle que j'ai eu des responsabilités, que j'ai voté pour que l'on contribue, par ce laboratoire, à une recherche. Après les interventions de Messieurs BATAILLE et LACOSTE, j'ai cru ce matin comprendre quelque chose : au fond, dans la communauté scientifique, on voit bien que les deux axes de recherche portent sur l'entreposage et le stockage. Vous avez même évoqué le stockage « réversible ou pas ». Dans l'opinion, la question ne se pose pas ainsi : est-ce que c'est réversible, ou est-ce que ça ne l'est pas ? L'entreposage à moins 40 mètres ou à moins 400 mètres, ce n'est pas ainsi qu'on le ressent. On se demande si l'on peut reprendre ces déchets quelle que soit la profondeur. Nous voyons que ces choses-là pourraient s'emboîter par le jeu des complémentarités.

J'en viens à mes deux questions qui, pour être très précises, ne sont pas des pièges : je veux aussi apprendre dans cette affaire.

Si l'on pousse l'entreposage des déchets de haute activité à 100 ans – M. THEGERSTRÖM vient de parler de 40 ans, M. PRADEL avait quant à lui évoqué 100 ans – est-ce que le stockage sera d'une autre nature ? En termes de radioactivité et de chaleur, se passe-t-il beaucoup de choses avec 50 ans d'entreposage de plus ? Pour reprendre les mots de Shakespeare, « de ta boue je ferai de l'or », la recherche semble vouloir faire des déchets un combustible. Quand M. RICHTER dit cela, comme il a posé la question de la séparation ou non, vise-t-il aussi les déchets qui sont actuellement déjà vitrifiés ? Ou cette recherche ne concerne-t-elle au contraire que les déchets de la troisième génération et des suivantes ?

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA

En ce qui concerne la première partie – durée d'entreposage vs conception du stockage – il y a évidemment des effets majeurs sur l'aspect thermique. Même si ceux-ci sont limités, c'est évident dans les premières décennies, dans la mesure où l'hypothèse de conception de base est celle d'un entreposage de 40 à 50 ans. Si on le prolonge au-delà, cela peut-être un paramètre d'optimisation du stockage, même s'il ne faut pas en attendre de révolutions conceptuelles. Je disais précédemment qu'il y a, d'une certaine façon, complémentarité entre l'axe 2 et l'axe 3, et ceci est l'une des images de cette complémentarité. Il vous appartiendra de voir progressivement à quel horizon on peut basculer d'une solution « entreposage » à une solution « stockage réversible ».

M. Claude BIRRAUX

M. THEGERSTRÖM voulait ajouter un mot. Je souhaiterais également qu'il nous précise s'il y a de l'eau dans SFR, ou si les équipes suédoises ont réussi à l'isoler totalement en prévenant toute infiltration et passage d'eau. C'est un point qui intéresse un certain nombre de gens.

M. Claes THEGERSTRÖM, Président, SKB, Suède

En ce qui concerne tout d'abord la durée de l'entreposage, les 40 ans prévus en Suède correspondent à la décroissance de 90 % de la radioactivité des combustibles. Au terme de ce laps de temps, il reste donc un dixième de l'intensité initiale et du dégagement de chaleur. On pourrait bien sûr étendre cette durée jusqu'à 60 ans voire un peu plus, mais le planning est pour le moment fixé à 40 ans.

SFR est quant à lui installé dans le massif granitique, qui contient en principe de l'eau. Pour l'instant, l'installation est ouverte et l'eau n'est pas présente si ce n'est pour une faible quantité qu'il faut continuellement évacuer. Après la fermeture, l'installation deviendra graduellement humide et se remplira d'eau. Mais les mouvements de l'eau sont très lents et la capacité de ce stockage à retenir les radionucléides a été bien étudiée par les autorités de sûreté, de manière à ce que rien de dangereux ne passe en surface.

M. François DOSÉ, Député de la Meuse

Je n'ai pas entendu de réponse concernant le déchet qui devient combustible. Est-ce que ce processus est raisonnable pour les déchets d'aujourd'hui ? Ou celui-ci ne concerne-t-il que la génération des futurs réacteurs ? C'est une simple question à laquelle je ne sais pas répondre.

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA

Je peux vous apporter des éléments de réponse sachant qu'il n'y a pas de décision à ce stade. Cette question rejoint celle du bon usage de l'uranium à travers les réacteurs à neutrons rapides. Nous nous projetons fatalement vers une génération nouvelle d'outils, ainsi que je l'avais dit en conclusion, à savoir les réacteurs dits « de Génération IV ».

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne

Je déplore tout d'abord que les uns et les autres mettent la charrue avant les bœufs en disant qu'il y aura stockage après entreposage. À mon avis et d'après ce que j'ai lu, l'axe 3 de la loi ne prévoit pas automatiquement qu'il y aura un stockage après un entreposage. Je voudrais que l'on revienne sur cet axe, avant d'aborder la question du coût du stockage.

Dans son rapport de juillet 2000 sur la science et la technologie, l'Académie des sciences pose la question suivante : « Quels sont les paramètres clés contrôlant l'évolution du combustible qui sont raisonnablement accessibles à la mesure et qui permettent de comprendre l'évolution réelle du combustible, de garantir le maintien des fonctions et de prédire son évolution future ? ». Il n'est pas uniquement question des gaines mais également de leur contenu. La CNE et l'ANDRA interviendront cet après-midi et je leur dirai ce que j'ai à leur dire, mais je voudrais, si vous le permettez, faire un rapide retour en arrière dans la mesure où M. DOSÉ a évoqué la température des déchets.

J'avais posé une question et n'ai pas obtenu de réponse très efficiente. Aujourd'hui, on nous dit que la température dans le Callovo-Oxfordien varie de 23 degrés à 40 degrés. Or les déchets pourraient être descendus dans un stockage s'ils ne font pas plus de 100 degrés. À cette température, l'eau ne risque-t-elle pas de bouillir, sachant que l'on ajoute des déchets à 100 degrés dans un environnement qui atteint déjà entre 23 et 40 degrés ? Quelle sera la température résultante et n'y a-t-il pas là un risque ?

Enfin, je dirais également, concernant plus précisément l'entreposage, que la CNE justifie le stockage en disant que personne n'a été trouvé qui puisse garantir une durabilité du béton au-delà de 100 ans. Certes, mais le stockage lui-même ne reposera-t-il pas sur un bétonnage ? Ou alors, comme le dit la CNE, la réversibilité ne sera-t-elle pas abandonnée une fois l'exploitation finie ? Une fois que le dispositif sera rebouché, existera-t-il un système capable de nous informer de la désagrégation ou de l'évaluation du béton ?

Il y a vraiment là quelque chose qui m'interpelle. Je veux bien travailler et essayer de comprendre. Comme d'autres, je représente un peu la société civile. Je ne suis pas un scientifique mais j'arrive à trouver des contradictions énormes entre ce que disent les uns et les autres. Finalement, les mêmes qui disent qu'un entreposage doit durer 100 ans et qu'ils ne sont pas favorables à autre chose déclarent à la page suivante que la durée peut aller jusqu'à 300 ans.

Je rejoins vraiment le Commissaire européen lorsqu'il déclare qu'il faudrait « mettre les choses au clair » et « cesser de se dandiner d'un pied sur l'autre ». Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Qui souhaite répondre pour remettre un peu les choses dans les perspectives de temps ? M. François JACQ ?

M. François JACQ, Directeur général, ANDRA

Il ne m'appartient pas de commenter le premier point. Je souhaiterais simplement clarifier cette affaire de température. Il ne faut pas mélanger plusieurs températures qui avaient été évoquées lors de la précédente audition. Patrick LANDAIS avait indiqué que les conditions de dépôt de la couche d'argile, il y a de cela des millions et des millions d'années, s'étaient faites dans des conditions qui n'avaient pas dépassé cette température de 40 degrés. Il ne s'agit donc pas de la température actuelle mais de celle d'il y a je ne sais combien de millions d'années.

Avec le gradient thermique, la température dans l'argilite se situe aujourd'hui autour de 22 à 23 degrés. Cela dépend également de la température en surface. À partir de là, ce qui est prévu en termes d'études du stockage, c'est non pas de rajouter 100 degrés à ces 20 degrés mais bien de s'assurer qu'on ne mettrait pas de colis de stockage dans cette argile qui fasse en sorte que la température dépasse 90 degrés à la roche. On effectue simplement un calcul thermique pour s'assurer que le déchet serait placé dans une configuration dans laquelle la température ne dépasserait pas les 90 degrés. Et ce pour éviter ce que M. COLLIN a évoqué à juste titre : si l'on se plaçait au-delà des 100 degrés, on pourrait voir apparaître des phénomènes de phases vapeur et de combinaison entre phase vapeur et phase liquide qui poseraient un problème. C'est évidemment ce que nous voulons éviter.

Il ne m'appartient peut-être pas de répondre complètement à la question de la durabilité, ni à la place de la CNE ni à celle du CEA. Je voudrais néanmoins en dire un mot et faire le lien avec l'exposé sur la réversibilité que nous avons présenté lors de la précédente séance.

À mon sens, dans cette affaire de durabilité du béton, le CEA explique qu'on ne peut donner d'assurance pleine et entière que, si l'on construit maintenant sans s'occuper de rien et d'une seule traite, tout sera parfaitement garanti pour les 150 ans à suivre sans instrumentation, ni maintenance, ni surveillance. Tout ce que nous avons présenté – je vous renvoie aux transparents de Philippe STOHR montrant justement les capteurs dans les armatures, dans le béton, permettant le suivi des éléments dans la phase de réversibilité – vise justement à faire en sorte que l'on puisse intervenir si l'on constate une dégradation. Il n'y a pas de mystère là-dessus : qui dit entreposage comme réversibilité dit interventions de l'homme.

Il n'y a donc pas de contradiction entre les termes : soit on prend une durée pendant laquelle on est assuré que tout est parfait en ne faisant absolument rien ; soit on se dit que l'on sera obligé d'intervenir au cours de cette durée en cas de dégradation et l'on s'est doté d'outils capables de mesurer celle-ci.

J'espère avoir pu clarifier quelque peu les choses, au moins sur les points qui sont de mon ressort.

M. Arsène LUX, Conseiller général de la Meuse, Maire de Verdun

Comme François DOSÉ, je suis également un « *local de l'étape* ». À l'époque où j'étais parlementaire, j'étais également concerné par ce dossier. En 1997, j'avais déposé une proposition de loi consistant en fait à supprimer le terme d'« irréversibilité » dans la loi BATAILLE. Cela vous donne un peu le sens des questions que je vais poser.

Christian BATAILLE a parlé de sémantique. Je voudrais lui en opposer une autre. En démocratie, il y a des majorités et des minorités. Il y a, sur certains problèmes, des adeptes et des opposants. En matière de stockage irréversible, je m'inscris personnellement dans la catégorie des opposants mais je ne suis pas du tout un adversaire nucléaire. Je prône le développement nucléaire car c'est une condition indispensable pour l'indépendance énergétique de notre pays. Je crois qu'il faut parler clair quand on aborde un sujet aussi important.

L'autre problème de sémantique concerne les termes « stockage » et « enfouissement ». De façon triviale, dans l'esprit de nos concitoyens, un lieu de stockage est un endroit où l'on dépose des produits. On les surveille car on y attache un certain intérêt, et on les extrait selon les besoins pour alimenter la demande. C'est ce qu'on entend par « stockage », qui implique une surveillance et un accès permanent.

Lorsqu'on creuse un trou pour y déposer des matériaux et qu'on le rebouche ensuite, cela s'appelle un enfouissement. Je n'ai pas le Petit Littré sous les yeux mais je pense qu'il va dans le même sens. L'expression « *stockage irréversible* » est donc totalement antinomique. Le choix des mots n'a pas été fait par hasard en 1990 ou 1991, mais il faut bien « *appeler un chat un chat* ».

Troisième observation : on a évoqué les générations futures. Je crois que cela doit être notre préoccupation commune à tous. Là aussi, quand on dit qu'on va trouver une solution définitive – car je sens venir les scientifiques – qui consiste à enfouir en couche géologique profonde, la préoccupation des générations futures me paraît contradictoire avec cette orientation. Nous savons que l'enfouissement des déchets nucléaires a deux ennemis : l'eau – j'ai été surpris des conclusions suédoises mais je les examinerai dès que je pourrai les aborder de façon plus précise – mais également le temps. Or ce temps est celui de nos générations futures. Enfouir simplement moyennant la garantie d'un accès permanent et d'une possibilité de retrait permanent signifie que ce n'est plus un enfouissement, que ce n'est plus irréversible. Si l'on est d'accord sur cette phase-là, il faut le dire et l'écrire. Vous verrez alors que les oppositions – et non les adversités – s'estomperont de façon tout à fait significative.

Au regard de ce que je viens de dire, et avant de poser ma question, je voudrais faire une dernière observation sur l'aspect économique de la question. Avec la tradition américaine d'aller au fond des choses, seul M. RICHTER a évoqué les coûts et la dimension économique. La formule qu'il a esquissée de l'entreposage en subsurface avec la possibilité, lorsque les études auront abouti, de réutiliser ces déchets à vie longue pour fournir ensuite de l'énergie et traiter les problèmes de transmutation – je traduis son propos de façon quelque peu triviale mais c'est ainsi que je l'ai retenu – a évoqué le coût d'un tel dispositif, bien évidemment très nettement supérieur à celui de l'enfouissement irréversible en couche géologique profonde. Je considère que la préoccupation des générations futures devrait être celle-ci, de nous imposer ce coût afin qu'il constitue une ardente obligation d'engager résolument les études en matière de transmutation et de traitement, définitif cette fois. Là, j'accepte le terme pour les générations futures.

Je poserai simplement deux questions : j'observe que plus personne ne parle d'irréversibilité. Est-ce à dire que les responsables, les parlementaires et en particulier le groupe majoritaire auquel j'appartiens envisagent de faire droit à la proposition de loi de François DOSÉ qui consiste à supprimer cette irréversibilité ? Dans la mesure où j'avais fait une proposition équivalente par le passé, je la verrai ressortir des tiroirs avec une certaine satisfaction.

Par ailleurs, comment le législateur va-t-il prendre en compte les termes relativement précis de la loi BATAILLE de 1991 avec l'impératif d'avoir un deuxième laboratoire en couche granitique, etc. ?

Comment ces deux contraintes vont-elles pouvoir être prises en considération par le législateur pour élaborer une option ou une loi qui ne remette pas en cause l'engagement de 1991. Je vous remercie.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci pour ces observations. La parole est à M. BATAILLE, « père » de la loi.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur

Pour répondre à M. LUX, le volet « *gestion effective des déchets* » sera examiné dans le futur. Nous sommes aujourd'hui devant un texte qui s'intitule bien « Loi relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs ». À travers plusieurs solutions, cette loi sur la recherche dit que l'une des options est la recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs. Un autre axe de recherche concerne l'étude des procédés de conditionnement et d'entreposage, sujet à propos duquel je rappelle que nous sommes censés auditionner aujourd'hui. L'axe 2 concerne l'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible. La loi ne dit absolument pas que l'on va faire un stockage réversible ou irréversible. Elle ne dit certainement pas que l'on va faire un stockage irréversible. Elle dit qu'il faut étudier les possibilités de stockage réversible ou irréversible. Cela n'induit absolument pas la décision qui sera prise ensuite.

Nous avons étudié cette question avec Claude BIRRAUX et nous regarderons avec beaucoup d'attention ce qui nous sera dit sur la réversibilité et l'irréversibilité. Il n'est pas interdit d'avoir un point de vue. Personnellement, je n'ai pas attendu que M. LUX demande que les termes de la loi sur les recherches soient changés. J'ai été chargé en 1993 d'une mission parlementaire par le Gouvernement. Dans le rapport que j'ai remis, j'ai clairement indiqué que la réversibilité me paraissait une condition fondamentale de la future construction d'un centre de stockage. À quoi bon modifier la loi sur la recherche ou vouloir en changer le texte puisqu'il y aura, en 2006, un débat et un texte sur la gestion de déchets dans le futur et qu'il sera alors possible de préciser les choses en matière de réversibilité ?

Je vous l'ai dit, ma position personnelle sera en faveur de la réversibilité même si l'on entend des techniciens nous dire que l'irréversibilité est plus avantageuse. Par sensibilité non seulement technique mais également politique, je pense que la réversibilité est l'une des conditions de la réalisation éventuelle d'un centre de stockage.

Encore un mot de sémantique, M. LUX : Je maintiens que le terme approprié est celui de « *stockage* », utilisé par le texte de loi. Vous avez vous-même dit que vous étiez opposé à cette possibilité et que vous préféreriez le terme d'« *enfouissement* ». CQFD : le terme « *enfouissement* » est le mot péjoratif qu'utilisent les adversaires de cette opération, le terme *stockage* étant la véritable référence juridique et scientifique qu'il faut utiliser.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci, le co rapporteur n'est pas en désaccord avec son collègue. Nous pratiquons une sorte de réversibilité puisque vous avez pu voir que, par rapport au Président, Christian BATAILLE siège à droite. Si vous en êtes d'accord, je vous suggère de marquer une pause et de reprendre la séance dans une dizaine de minutes.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Nous allons reprendre nos travaux. Je voudrais profiter de ces quelques instants pendant lesquels vous regagnez vos places pour remercier encore l'équipe vidéo de l'Assemblée nationale, qui a fait un travail absolument remarquable pour réaliser ces films de quelques minutes à partir de journées entières où ils nous ont suivis et où ils ont donc pu tourner ces images. Ils ont réussi en tout cas à en saisir l'essentiel et je

voudrais les féliciter au nom de tous les membres de l'Office parlementaire mais aussi, j'en suis sûr, des participants.

Reprise des présentations

Nous poursuivons à présent notre audition et je demande au Dr LAAKSONEN, Directeur Général de STUK en Finlande de nous parler de la politique finlandaise des déchets radioactifs et ce au crible de la sûreté nucléaire puisque le Dr LAAKSONEN est responsable de la sûreté nucléaire en Finlande. Je rappelle à cet égard l'excellence de la Finlande en matière de sûreté nucléaire et de disponibilité de ses centrales.

Dr. Jukka LAAKSONEN, Directeur général STUK – Finlande : La politique finlandaise des déchets radioactifs au crible de la sûreté nucléaire

Je vous parlerai aujourd'hui de la politique finlandaise en matière de gestion des déchets radioactifs. Je me référerai tout d'abord à une décision du Gouvernement finlandais en 1983 mettant en place le concept de gestion à long terme des déchets radioactifs. Trois principes avaient alors été énoncés avec entre autres l'utilisation de centres internationaux de stockage lorsque ceci était rendu possible, notamment pour les centrales d'origine soviétique. Toutefois, on voyait déjà assez clairement à l'époque qu'il ne serait pas nécessairement si facile d'appliquer cette méthode pour nos autres projets et qu'il nous fallait donc prévoir nos propres centres de stockage.

C'est la raison pour laquelle cette même décision gouvernementale de 1983 mettait en place un calendrier pour la construction d'un centre de stockage définitif des combustibles usés avec le choix d'un site pour l'an 2000, un début de construction en 2010 et un commencement des opérations en 2020.

La situation a quelque peu changé en 1994 car les politiques à l'époque ont conclu qu'il n'était pas normal que nous en soyons à transférer notre combustible usé puisque nous ne maîtrisons dès lors plus rien en aval. Une nouvelle loi a donc été promulguée sur l'énergie nucléaire, qui indiquait très clairement que les déchets générés en Finlande seraient gérés en Finlande. De la même façon, les déchets produits à l'étranger n'auraient pas à être traités depuis la Finlande.

Un certain nombre de principes de base ont donc émergé. En premier lieu, nous pensons que nous devons procéder au stockage sécurisé en utilisant des technologies ayant déjà fait leurs preuves. D'autre part, il ne faut pas que les déchets nucléaires constituent un fardeau pour les générations futures. Enfin, nous devons être capables de gérer nos déchets nucléaires sans avoir recours au soutien de l'étranger.

Notre solution s'articule autour de la notion de stockage permanent des déchets nucléaires et des combustibles usés dans une structure géologique finlandaise. Pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs, des centres de stockage existent déjà pour des profondeurs de 60 à 100 mètres. Sur les déchets hautement radioactifs et les combustibles usés, un projet est à l'étude pour la création d'un centre de stockage à 400 ou 500 mètres de profondeur. C'est ainsi que le centre d'Olkiluoto devrait commencer à opérer aux alentours de 2020 puisque des décisions ont déjà été prises dans ce sens.

Le choix d'un stockage à long terme est né d'une comparaison entre les formules de stockage en surface et celles de stockage géologique, l'objectif étant de conserver un certain nombre de solutions en option et ce notamment pour les combustibles usés. La conclusion de ce débat politique était que l'entreposage à long terme provoquait finalement plus d'incertitudes que le stockage définitif.

S'agissant ensuite de la sécurité en matière de radiations, nous en avons conclu que dans ce domaine, à la fois l'entreposage à long terme et le stockage définitif permettaient une sécurité suffisante et appropriée si aucun événement imprévu ne subvient. Les problèmes liés à l'entreposage à long terme ont finalement un lien

avec l'instabilité sociale. Si ces colis de déchets devaient être malheureusement mal suivis, un problème de détérioration se produirait relativement rapidement avec un risque de contamination radioactive du site.

Le stockage géologique nous paraît être aujourd'hui une méthode qui rend les déchets relativement inaccessibles aux êtres humains. Les problèmes qui pourraient se poser sont ceux que la science ne se sent pas aujourd'hui capable de prendre en compte vis-à-vis de la sécurité à très long terme de ces déchets mais cette solution est malgré tout apparue préférable.

Pour continuer avec cette comparaison entre les différentes méthodes, il apparaissait plus simple de mettre en place un stockage définitif plutôt qu'un entreposage à long terme. Ce dernier procédé présente en effet des méthodes de sécurité, des barrières qu'il s'agit de mettre en place. Quant au coût économique de chacune de ces solutions, la question est assez ardue car si l'on prend le cas des coûts à court terme, l'entreposage de long terme revient moins cher que le stockage définitif. La situation évolue bien évidemment avec le temps puisque par définition, l'entreposage n'est pas une solution définitive et induit donc d'autres coûts à terme.

Interviennent ensuite les aspects éthiques de la question. Sur ce plan, le principal avantage du stockage définitif est d'éviter de laisser un fardeau à porter pour les générations futures. Toutefois, certains répliquent que l'entreposage à long terme leur accordera une liberté de choix quant au traitement de ces déchets.

Une fois tous ces paramètres analysés, le choix s'est porté sur un stockage définitif en couches géologiques. Un ensemble de mesures a ensuite été mis en œuvre avec un travail de caractérisation des sites, l'évaluation de la sécurité, le design technique, les travaux de recherche. C'est ainsi qu'en 1997, des études ont porté sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement, lesquelles ont conduit le Gouvernement et le Parlement à adopter en 2000 une décision de principe quant au choix du site.

La caractérisation des roches souterraines est aujourd'hui commencée. Les tunnels d'accès font plus de cinq kilomètres et l'on atteint des profondeurs de plus de 420 mètres pour la zone principale et même 520 mètres pour ce qui est de la profondeur maximale de ce travail de caractérisation souterraine.

Le principe d'isolation ressemble beaucoup finalement à ce qui a été décrit tout à l'heure par mon collègue suédois, avec un cœur constitué par le canistère, ce colis de cuivre étant entouré de bentonite pour le rendre imperméable à l'eau. Les tunnels de stockage seront progressivement fermés et scellés dès que possible.

Sur le concept de sécurité, nous nous appuyons sur les propriétés de la roche cristalline elle-même et sa résistance à la corrosion pour une parfaite protection du colis. On retrouve là le concept KBS-3 de barrières créées par l'homme, avec un isolement à long terme où les combustibles restent au sein du colis, ce dernier étant conservé intact pour des millions d'années. La qualité technique de ces colis est aujourd'hui démontrée et c'est là le pilier du concept de sécurité avec les caractéristiques intrinsèques du milieu géologique où le stockage a lieu. En tous les cas, le système choisi utilise donc trois barrières différentes qui font que la diffusion éventuelle d'éléments radioactifs se ferait extrêmement lentement.

Énormément de travaux analytiques et expérimentaux sont venus prouver la sécurité à long terme. Il a fallu procéder à une analyse quantitative de l'évolution prévue, en partant bien sûr du principe que le colis resterait, lui, intact pendant des millions d'années. Des analyses qualitatives et quantitatives sont également venues envisager les scénarios où des accidents interviendraient. Les hypothèses prises et les postulats de départ ont été choisis avec le plus grand conservatisme. Nous avons en outre eu recours aux meilleures données expérimentales existantes, l'idée étant aussi d'insister autant que possible sur la spécificité du site.

Cette évaluation nous a permis de prendre en compte trois types d'échelles de temps avec en premier lieu la période opérationnelle, puis les données connues pour une échelle de temps d'un futur raisonnablement

prévisible et enfin l'ère des changements climatiques extrêmes. C'est ainsi qu'au bout de 200 000 ans, la radioactivité du combustible usé retrouvera un taux analogue au taux naturel.

Concernant les perspectives pour l'avenir, le stockage devrait commencer d'ici 2020. Quant à la fermeture définitive du centre de stockage, elle n'aura pas lieu avant la fin du siècle. Nous nous intéressons également de très près à ce qui se passe au niveau international en termes de gestion et de recherches sur le cycle du combustible pour éventuellement adapter notre concept. C'est la raison pour laquelle nous faisons en sorte de préserver les alternatives pour le cas où le retraitement des combustibles devait apparaître comme plus économique.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci pour cette présentation très claire. M. BORDIER va maintenant nous parler de la caractérisation et du conditionnement des déchets.

M. Gilles BORDIER, Chef du département d'études du traitement et du conditionnement des déchets – CEA : La caractérisation et le conditionnement des déchets

Je vais donc vous présenter le résultat de près de 15 années de recherches sur la caractérisation et le conditionnement des déchets. Comme vous le savez, les déchets radioactifs sont très variés aussi bien dans leur nature (gravats, ferrailles, filtres et jusqu'aux solutions de produits de fission) que dans leur niveau d'activité. Le conditionnement en colis de déchets nécessite que l'on ait déjà caractérisé ces déchets à l'état brut avant de les traiter, de les conditionner, de caractériser les colis et enfin d'évaluer leurs propriétés de confinement à long terme.

Le traitement des déchets répond à deux objectifs : la réduction du volume et la constitution future d'un colis

Comme l'a rappelé tout à l'heure M. PRADEL, l'opération menée à la Hague jusqu'en 1998 a permis de diviser par 10 le volume des déchets produits et ceci en mettant en œuvre en premier lieu la vitrification des effluents, qui a remplacé le bitumage et qui a permis par ailleurs de diviser également par 10 la quantité de radioactivité rejetée. L'opération a en outre inclus la décontamination des déchets technologiques – ce qui a permis le déclassement de 70 % d'entre eux – ainsi que le procédé de compactage des coques et embouts. Ce programme a permis par ailleurs de définir un conteneur standard de déchets, qui s'applique aux déchets vitrifiés comme aux déchets compactés.

La décontamination des matériaux solides s'est faite selon deux voies avec d'une part l'optimisation des voies humides, c'est-à-dire le « lessivage » en utilisant des mousses, des tensioactifs ou des gels au cérium qui permettent de diviser par 10 le volume d'effluents. Pour les déchets organiques ensuite, on a développé des procédés à la fois pour les effluents organiques liquides – c'est le procédé d'oxydation hydrothermale qui est actif dans Atalante à Marcoule depuis 1998 – et l'incinération de déchets solides, avec un procédé en deux étapes permettant de réduire le volume de ces déchets alpha contaminés.

Une fois ces déchets traités, il s'agit de les conditionner, c'est-à-dire de trouver un mode de conditionnement qui soit adapté à chaque type de déchet. Il est à noter que le nombre de type de colis est finalement assez réduit puisque pour les déchets solides, nous retrouvons là le conditionnement cimenté, compacté et que les déchets liquides sont introduits de leur côté dans une matrice qui peut être vitreuse, cimentaire ou bitume. Des conditionnements spécifiques ont également été définis pour les éléments à vie longue isolés et à séparation poussée.

La cimentation tout d'abord est un procédé très classique et éprouvé qui s'applique à des déchets qui peuvent être hétérogènes – il s'agit essentiellement là d'un blocage mécanique – ou homogènes ou de petite granulométrie, qui sont alors intimement mêlés avec la matrice cimentaire. Ce second cas peut induire des réactions chimiques, avec donc quelques inconvénients comme des retards à la prise du ciment, un

gonflement ou une fissuration qui peuvent apparaître ensuite tout au long de la vie du colis. C'est ainsi que pour la reprise des déchets historiques, nous avons développé des formulations qui ont été adaptées pour accroître le taux d'incorporation de ces déchets et éviter les phénomènes de gonflement et de fissuration.

Pour les solutions de produits de fission de haute activité, le procédé qui est aujourd'hui utilisé à la Hague est celui d'une vitrification en creusets chauds métalliques. D'importants progrès ont été réalisés depuis la mise en œuvre du procédé, notamment sur la durée de vie du pot par un changement d'alliage. Par ailleurs un procédé de vitrification en creusets froids a également été développé et présente l'avantage, par une pellicule solide qui s'interpose entre le verre liquide et le creuset, de conduire à une absence totale de corrosion du pot de fusion. Le procédé permet de fait le traitement de nouveaux types de déchets éventuellement agressifs ou qui réclament des températures plus élevées. Ce procédé est désormais mature avec plus de 10 000 heures d'essais cumulées à l'échelle 1 et est donc en cours d'implantation à la Hague.

À la demande de la CNE, le CEA et le CNRS ont également examiné la possibilité d'avoir des conditionnements spécifiques pour chacun des types de radionucléides qui pourraient être issus de la séparation poussée. Je pense notamment à l'iode et au césium – qui sont des produits difficilement transmutables – et aux actinides mineurs après séparation. C'est ainsi qu'au niveau du laboratoire, nous avons mis au point des céramiques pour chacun de ces types de radionucléides, avec donc une faisabilité scientifique acquise et des performances de confinement démontrées et élevées, la R&D étant en cours pour en évaluer les aspects de faisabilité technique.

Une fois le colis constitué, il s'agit de le caractériser pour pouvoir en suivre la qualité. Il faut donc connaître les radionucléides présents dans les déchets pour en déduire la radioactivité ainsi que la composition physico-chimique du colis afin d'orienter ce dernier vers un exutoire adapté. Nous avons ici deux types de méthode avec d'un côté les méthodes non-destructives – qui utilisent les radiations émises par les déchets contenus dans le colis – et de l'autre les méthodes intrusives classiques par prélèvements d'échantillons et analyse poussée.

Dans ce domaine de la caractérisation, des progrès importants ont été obtenus sur le dosage d'éléments en très faible quantité, notamment par l'utilisation de l'imagerie et le couplage des différentes techniques.

Enfin, une fois caractérisés, il s'agit de s'assurer que ces colis ont bien le pouvoir de confinement souhaité sur le long terme. Nous avons mis au point une véritable science du comportement à long terme des différents types de colis (béton, verre, bitume) ainsi que des modèles qui aujourd'hui sont utilisés par l'ANDRA pour évaluer les performances en stockage. Le schéma scientifique de pensée est toujours le même avec des expérimentations au niveau du laboratoire qui concernent aussi bien les phases d'entreposage ou de stockage à sec que le stockage en présence d'eau. C'est ainsi que l'eau va mettre un certain temps (plusieurs milliers d'années) pour pénétrer les différentes barrières et atteindre un colis de verre. Les différentes étapes ont alors pu être identifiées (hydratation, hydrolyse etc.) et notamment la formation d'une couche de gel à l'interface entre le verre et l'eau, ralentissant ainsi progressivement les échanges entre les deux.

Un autre champ d'examen intéressant est celui des verres archéologiques qui ont été repêchés au fond de l'eau après 1800 ans de vie sous-marine ou encore des analogues naturels comme le verre basaltique altéré datant de plus d'un million d'années et sur lequel on voit bien la trace du gel en question sous forme d'une pellicule.

Grâce à cet examen détaillé, les différents phénomènes sont enfin assemblés dans des modèles opérationnels qui permettent d'estimer la fraction altérée et le relâchement des radionucléides à la source. Ces modèles présentent des marges de prudence et conduisent donc à des estimations conservatrices des performances réelles mais qui nous montrent malgré tout que la durabilité du verre se situerait aux alentours de plusieurs centaines de milliers d'années.

Pour conclure, sur l'ensemble des déchets de moyenne et haute activité à vie longue, un certain nombre de développements de procédés et de programmes ont permis de minimiser le volume des déchets, de disposer de procédés de traitement et de conditionnement qui sont aujourd'hui performants pour chacun des types de déchets, d'obtenir des procédés de caractérisation désormais complets et précis et enfin de développer des modèles qui permettent de prévoir le comportement à long terme des colis en entreposage et en stockage pour construire derrière toute la démarche de sûreté.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. BORDIER. Je demande maintenant à M. MONCOUYOUX et M. BRUNEL de nous parler des concepts d'entreposage de longue durée.

M. Jean-Pierre MONCOUYOUX, Centre d'expertise sur le conditionnement et l'entreposage des matières radioactives (CECER)- CEA : Les concepts d'entrepôts de longue durée

Dans la gestion de tous les processus industriels, il existe toujours une fonction « tampon » : c'est l'entreposage. Pour le domaine nucléaire, l'entreposage consiste en une mise en attente dans une perspective de reprise des colis de déchets conditionnés. L'entreposage de longue durée doit permettre la mise en attente et la préservation des colis de déchets mais aussi leur mise en place et leur reprise dans des conditions de sûreté qui soient viables et sur des échelles de temps – M. LACOSTE le rappelait ce matin – qui sont de l'ordre de 100 à 300 ans.

Le concept d'entreposage de longue durée repose sur un entrepôt, qui est la structure d'accueil des colis primaires placés dans un conteneur spécifique à l'entreposage de longue durée. Les qualités de ce conteneur et le mode d'exploitation de l'entrepôt garantissent le maintien de l'intégrité des colis primaires, qui est la condition essentielle à leur reprise à long terme. Les conteneurs d'entreposage de longue durée sont conçus pour regrouper des colis élémentaires de déchets. Un conteneur pour six colis de déchets vitrifiés revêt la forme d'un cylindre d'un mètre de diamètre pour 2,8 mètres de longueur et 45 millimètres d'épaisseur.

Les développements que le CEA a entrepris pour fabriquer ces conteneurs ont porté sur les modes de fabrication, sur les coulées de fonte ainsi que sur le développement de procédés de soudage. La durabilité des matériaux est essentielle. C'est ainsi que les travaux ont porté aussi bien sur les bétons, matériau constitutif des conteneurs d'entreposage de longue durée des déchets de moyenne activité, que sur les métaux pour les déchets de haute activité.

Des conteneurs ont été fabriqués à taille réelle en 2002 et 2004. Ces démonstrateurs de béton s'adressent aux déchets de moyenne activité et ont été co spécifiés et fabriqués conjointement avec l'ANDRA. Ils se trouvent de fait compatibles avec les solutions de stockage. D'autres démonstrateurs métalliques ont également été réalisés, qui nous donnent donc l'échelle de longueur, d'épaisseur, de poids et les éléments de manutention.

La conception des entrepôts repose quant à elle sur des principes de sûreté qu'il s'agit de garantir dans la durée et en n'excluant pas les pertes temporaires de maîtrise technique. Pour cela, nous retenons des règles de conception et de fonctionnement qui sont basées sur des technologies aussi simples et passives que possible, ce qui se traduit ici par le terme de « robustesse ». L'installation en elle-même est conçue avec beaucoup d'inertie – ceci vis-à-vis des éventuels changements de régime de fonctionnement – et en tenant compte de l'impératif de longue durée. C'est ainsi que nous choisissons des composants dont nous savons évaluer la dégradation dans le temps. La conception s'accompagne aussi de programmes de surveillance et de maintenance qui sont adaptés à la notion de longue durée, c'est-à-dire qu'ils sont un peu plus contraignants que pour les ouvrages classiques. Enfin, le mode d'exploitation devra conserver la traçabilité des événements qui seront survenus et de toutes les informations relatives à la vie des colis de déchets.

Les travaux de recherche qui ont été menés sur les entrepôts de longue durée ont concerné les déchets de haute activité et les déchets de moyenne activité. Dans les deux cas, on a considéré l'entreposage de surface (autrement dit en plaine) ou de sub-surface (ou à flanc de colline).

Les déchets à haute activité nécessitent une fonction de refroidissement puisqu'ils dégagent de la chaleur. Au titre de la robustesse et de la passivité que je viens d'évoquer, l'ouvrage est donc refroidi par la ventilation naturelle : c'est là une règle de conception simple.

Un autre concept est celui d'une installation modulaire avec un entreposage vertical à sec et des puits ventilés contenant chacun deux colis de déchets HA-VL. Les modules sont refroidis par convection naturelle, à la fois pour enlever les calories et pour maintenir une humidité ambiante à un niveau qui maîtrise la corrosion à de très faibles teneurs. Chaque galerie compte 150 puits et elles sont regroupées par cinq pour constituer des modules qui, dans le cas de notre exemple, sont au nombre de huit (l'hypothèse étant basée sur 12 000 conteneurs). Les collecteurs d'entrée d'air pour le refroidissement à la base des puits et de sortie d'un air plus chaud au sommet des puits sont raccordés aux galeries. Le tout est destiné à être intégré dans un relief à flanc de colline qui, au bout du compte, ne présentera après fermeture que très peu d'éléments dont il faudra assurer la protection physique.

À l'image des démonstrateurs technologiques de conteneurs que j'ai montrés précédemment, le CEA a réalisé un tronçon de galeries de démonstration d'un entrepôt de sub-surface qui soit apte à la longue durée pour les déchets de haute activité et sur la même base de conception que l'exemple précédent. Cet ouvrage, d'une longueur de 40 mètres et d'une section courante de 8 mètres par 8 mètres permettra d'illustrer les composants d'un tel entrepôt et de montrer la logique de manutention des conteneurs. Il sera aussi le siège d'expériences en matière thermique en vue de valider des codes et des modèles sur le comportement des ouvrages en béton, qui peuvent être – c'est le propre de la longue durée – soumis à des aléas d'exploitation (perte du refroidissement par exemple).

Ces démonstrateurs à échelle réelle existent à Marcoule. Ils répondent à l'une des missions du centre d'expertise sur le conditionnement et l'entreposage des matières radioactives (CECER) créé par le CEA en 2002 pour mettre en visibilité les avancées faites depuis 1991 et dont nous parlons aujourd'hui. Une autre des missions du CECER est l'ouverture, l'information au public sur les déchets radioactifs avec comme bases élémentaires l'objectivité et le parler vrai.

Le VISIATOME a été construit dans ce but. Il s'agit d'un centre de culture scientifique avec 600 m² d'exposition et basé sur une muséographie moderne, ludique et interactive. Ce centre est localisé à Marcoule et sera ouvert 7 jours sur 7 à tous les publics avec priorité donnée aux publics scolaires.

Pour conclure, la faisabilité de l'entreposage de longue durée est démontrée et ce pour tous les déchets à vie longue mais il s'agit d'une solution limitée dans le temps. Les études de définition ont été faites pour les concepts d'entreposage de longue durée. Ceux-ci peuvent donner lieu à des réalisations industrielles et un démonstrateur d'entrepôt de sub-surface a même été créé. Des démonstrateurs technologiques de conteneurs existent également. L'entreposage de longue durée préserve ainsi la flexibilité utile dans la gestion de l'aval du cycle des combustibles et garantit l'ouverture des choix à venir parce qu'il est basé, par essence, sur la réversibilité et la reprise de son contenu.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci beaucoup pour cette présentation. Nous passons sans tarder à l'exposé de M. Jacques BESNAINOU, qui va porter quant à lui un regard transatlantique sur la gestion des déchets.

M. Jacques BESNAINOU, Directeur de la branche traitement/recyclage – AREVA : Un regard transatlantique sur la gestion des déchets

Permettez-moi tout d'abord de me présenter. Après quelques années passées au ministère de l'Industrie, je viens de passer 12 ans aux Etats-Unis, où j'ai travaillé dans le domaine du conseil à l'environnement pour arriver chez AREVA, où j'ai développé les activités du secteur aval. Je suis rentré en France depuis maintenant tout juste un mois pour prendre la responsabilité des activités mondiales d'AREVA dans le traitement, le recyclage et la logistique des combustibles usés. C'est donc pour moi un grand honneur de pouvoir participer dès maintenant à vos auditions et je vous remercie de votre invitation.

J'ai organisé mon exposé en deux parties : l'une sur la situation des Etats-Unis dans l'aval du cycle et sur la place de l'industrie française dans ce pays, l'autre sur la perception que l'on peut avoir aux USA de la situation en France et de son évolution depuis 12 ans dans le domaine particulier de l'axe 3 de la loi de 1991.

Comme vous le savez, les Etats-Unis sont un grand pays mais il s'agit aussi du plus grand pays nucléaire avec 100 réacteurs en exploitation fournissant environ 20 % des besoins du pays en électricité. Contrairement à certaines idées reçues, les Etats-Unis sont aussi le pays le plus avancé du monde en matière de gestion des déchets nucléaires. En effet, la politique de gestion de ces déchets est arrêtée depuis 1982 dans ce que l'on appelle là-bas le *Nuclear Waste Policy Act*. Au titre de cette politique, les Etats-Unis ont déjà mis en service opérationnel en 1999 le premier centre de stockage de déchets nucléaires en couches géologiques profondes, à savoir le WIPP (ou « *waste isolation pilot plan* ») dans le Nouveau-Mexique.

Parallèlement, les Etats-Unis ont décidé que les combustibles usés des réacteurs commerciaux devaient être gérés par l'Etat fédéral dans le cadre de contrats avec chaque électricien utilisant des centrales nucléaires. La gestion retenue consiste à encapsuler les combustibles et à les stocker définitivement dans un centre de stockage géologique à construire dans le Nevada et appelé « Yucca Mountain ».

Au titre de ces contrats, l'Etat fédéral devait commencer à enlever ces combustibles en 1998. Le programme est malheureusement en retard, ce qui crée de fortes contraintes d'entreposage des combustibles usés pour les centrales.

Dans ce domaine, AREVA possède plusieurs technologies que nous déployons aux Etats-Unis : des emballages métalliques verticaux et en acier et des emballages horizontaux en béton. C'est ainsi qu'aujourd'hui, 60 % du combustible usé américain entreposé de cette façon-là se trouve actuellement dans des installations conçues par AREVA.

L'expérience d'AREVA en matière de manutention des combustibles nucléaires usés est aussi reconnue aux Etats-Unis. AREVA est ainsi aujourd'hui partie prenante du projet Yucca Mountain pour la conception des installations de réception des combustibles usés. Le contrat correspondant lui a été attribué en mai 2003 après appel d'offres contre des sociétés anglaises et américaines.

Enfin, signalons l'action en cours dans les laboratoires du Département de l'Énergie. En effet, ce ministère a pris conscience de la maturité industrielle de ce que l'on appelle ici le « traitement des combustibles usés » et de la réduction significative du volume des colis à stocker que permet ce traitement. Un programme de recherches appelé *Advanced Fuel Cycle Initiative* est aujourd'hui en cours. Ce programme AFCI examine comment l'Etat fédéral pourrait repousser dans le temps son besoin de chercher un second site de stockage en utilisant au mieux le premier site grâce à la réduction de volume permise par le traitement. En effet, la capacité du centre de Yucca Mountain sera insuffisante pour recevoir les combustibles déchargés du parc de réacteurs actuels et ce dès 2010.

L'image du CEA dans ces laboratoires est absolument excellente et des coopérations sont en cours sur l'aval du cycle. L'attrait pour ces techniques est de plus en plus exprimé aux Etats-Unis, parallèlement à la

conviction qui se développe de la nécessité de garder le nucléaire dans le mix énergétique futur. Tout cela nous permet donc de nous rapprocher.

La situation française fait d'ailleurs l'objet d'une attention toute particulière aux Etats-Unis. Depuis mon retour des USA, je mesure assez bien combien les choses ont changé ici en 10 ans. J'en suis sans doute un témoin particulier car j'ai eu la chance de travailler à l'application des premières mesures dans le cadre de la loi de 1991 puisque j'exerçais à l'époque au sein du service nucléaire de la DGEMP.

Je puis donc vous dire que des progrès très significatifs ont été accomplis par l'industrie. Certains d'entre eux ont d'ailleurs été évoqués par Anne LAUVERGEON le 20 janvier dernier. Pour ma part, je souhaite commenter ceux qui ressortent de l'axe 3, objet de l'audition de ce jour. Ils se situent d'abord dans le domaine du conditionnement et de la performance des colis mais aussi dans le domaine de l'entreposage, ce qui est moins connu.

Je voudrais souligner tout d'abord la baisse de volume des déchets conditionnés au fil de la production, avec d'une part le gain sur le volume de déchets produits d'une génération à l'autre mais aussi et surtout le fait que ce volume ait été divisé par 10 en l'espace de 12 ans. Tout cela est réellement remarquable et je mesure aujourd'hui les progrès accomplis par la recherche et l'industrie.

Un progrès significatif concerne notamment la conception du conteneur standard de déchet (CSD), avec aujourd'hui deux types de conteneurs de même taille : le conteneur standard de déchets vitrifiés (qui contient les produits de fission vitrifiés) et le conteneur standard de déchets compactés (qui contient notamment les éléments de structures combustibles compactés sous haute pression).

Ce conteneur standard permet en premier lieu d'optimiser l'utilisation des équipements de manutention, des installations d'entreposage, des emballages de transport et le cas échéant, des installations de stockage géologique. Il permet aussi une très grande stabilité à l'échelle géologique grâce à la durée de vie de la matrice vitreuse sur plusieurs centaines de milliers d'années et dans le cadre des conteneurs vitrifiés. Le procédé nous permettra également d'optimiser le dimensionnement du stockage final par des volumes réduits.

Nous avons produit à la Hague depuis 1989 près de 10 000 conteneurs de ce type. La technique de vitrification des produits de fission dans une matrice de verre est aujourd'hui mondialement reconnue et dans des pays aussi divers que l'Allemagne, le Japon, l'Espagne, l'Italie, le Royaume-Uni ou l'Australie.

Une conséquence de la standardisation est la diminution très significative du nombre de type de colis. C'est ainsi qu'au début de la précédente décennie, les déchets de haute activité se déclinaient selon différents types – déchets cimentés, déchets bitumés etc. – et qu'aujourd'hui, la quasi-totalité des déchets se trouve positionnée dans les colis standards.

Sur la performance des entrepôts de dernière génération enfin, le bâtiment d'entreposage de colis de déchets vitrifiés à la Hague est de taille réduite, ce qui le rend compatible si nécessaire avec un usage de très longue durée, comme les études du CEA et de notre ingénierie l'ont d'ailleurs démontré. Ces études concernaient notamment la durabilité des colis, la thermique, la gestion des équipements, les risques de corrosion ainsi que la durabilité des bâtiments eux-mêmes. Les choix de conception tels que les techniques de mise en œuvre du génie civil ou le caractère entièrement passif de la ventilation ont permis – on l'a dit – de démontrer une durabilité technique d'au moins 100 ans. Plusieurs dizaines de milliers de conteneurs standards peuvent être entreposés dans ces installations sur un espace de trois à cinq fois plus petit que celui qu'occuperaient les combustibles usés s'ils étaient entreposés directement en châteaux d'entreposage comme c'est le cas aujourd'hui aux Etats-Unis. À titre d'exemple, ces techniques permettraient d'entreposer les déchets issus de plus de 100 ans de production d'électricité nucléaire française, sur une surface aussi grande que deux terrains de rugby.

En France aujourd'hui, nous pouvons dire que les colis de déchets sont conditionnés et entreposés de façon sûre. Notre industrie fournit partout des services qui permettent de gérer le temps avec la sérénité nécessaire, ce qui n'empêche pas qu'elle souhaite de tout cœur une solution complète dont le stockage en couches géologiques profondes est un maillon essentiel.

En conclusion, les Américains ont fait des choix historiquement différents des nôtres. Néanmoins, de nouveaux événements sont apparus depuis quelques années avec la reformulation des objectifs des systèmes énergétiques prenant en compte le développement durable, la relance du nucléaire et la nécessaire optimisation des systèmes de stockage. En outre, les travaux menés en France selon les différents axes de la loi de 1991 ont contribué à forger une image très dynamique de notre pays. Cette image est d'autant plus forte que les réalisations, en progrès constants, attestent de la bonne liaison entre la recherche et l'industrie.

Ces remarquables réalisations françaises ont suscité un intérêt nouveau de la part de nos amis américains pour les techniques de gestion. Je voudrais souligner à cet effet qu'au-delà du champ spécifiquement français, ma conviction est que les choix de 2006 que vous aurez à faire auront un retentissement important au-delà de nos frontières et constitueront une occasion rare de consolider notre position industrielle au plan mondial.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. BESNAINOU de ce regard croisé et d'avoir rappelé que dans ce domaine, là aussi, la coopération franco-américaine était particulièrement solide. Je demande maintenant à M. Jean-Christophe NIEL, Directeur de la stratégie de l'IRSN, de nous parler des outils de l'appui technique de l'autorité de sûreté pour l'évaluation du conditionnement et de l'entreposage.

M. Jean-Christophe NIEL, Directeur de la stratégie – IRSN : Les outils de l'appui technique de l'autorité de sûreté pour l'évaluation du conditionnement et de l'entreposage

L'axe 3 de la loi du 30 décembre 1991 fait référence aux études de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue. Le rôle de l'IRSN est dès lors d'évaluer la performance du conditionnement des colis de déchets mais aussi d'estimer la sûreté des installations d'entreposage, le tout bien sûr pour le compte des autorités de sûreté. Ces deux activités suivent en fait la démarche adoptée pour les installations nucléaires de base en général. Il s'agit donc d'une démarche classique, notamment si on la compare à celle suivie pour l'évaluation des stockages géologiques éventuels.

Devant un projet d'entreposage, l'IRSN s'assure techniquement que les objectifs de sûreté assignés classiquement à ce type d'installation sont bien atteints au travers d'une part d'une démarche de défense en profondeur et d'autre part, de l'exploitation du retour d'expérience. Ces objectifs sont au nombre de cinq :

- empêcher tout transfert incontrôlé de la radioactivité vers l'environnement en situation normale et limiter les rejets de radioactivité en cas de situation accidentelle à un niveau acceptable ;
- permettre la surveillance des produits entreposés ;
- minimiser la production des effluents et des déchets produits par l'installation d'entreposage elle-même ;
- permettre une reprise sûre des produits entreposés ;
- assurer la traçabilité de ces produits.

En particulier, une attention toute particulière doit être apportée à la prévention des risques de dissémination de matières radioactives par l'interposition de barrières entre les substances radioactives contenues dans l'installation d'entreposage et l'environnement. Le choix des matériaux constitutifs de ces barrières doit tenir compte de la durabilité recherchée. La durée de vie de ces barrières doit être appréciée en prenant en compte leur qualité de réalisation et leur surveillance.

Les barrières statiques à considérer sont bien évidemment le conditionnement des produits entreposés (ou la gaine des combustibles irradiés le cas échéant) mais aussi l'ouvrage d'entreposage lui-même, dont la conception va dépendre du type de produit stocké et des locaux nécessaires aux opérations annexes, en particulier les chargements et déchargements mais aussi tout ce qui va permettre la reprise de ces colis. Les barrières en question peuvent être aussi dynamiques au travers d'un réseau de ventilation.

En fonction de la nature des produits à entreposer, les risques nucléaires tels que les risques de criticité, ceux dus à la radiolyse ou au dégagement thermique, devront évidemment être analysés. De même, les risques d'origine interne et en particulier ceux liés aux opérations de manutention, les risques d'origine externe à l'installation (inondation, séisme etc.) doivent être aussi pris en compte et analysés.

Le conditionnement des déchets entreposés contribue de manière importante à la maîtrise des risques dans l'entreposage.

Ainsi, les caractéristiques suivantes seront évaluées par l'institut :

- l'inertie chimique ;
- la production de gaz ;
- les propriétés mécaniques ;
- les éléments contribuant à la prévention des risques de criticité ou à la prévention des risques de dégradation qui pourraient être liés à la thermique.

Pour la période d'exploitation, qui comprend des phases de remplissage et de désentreposage, il faut vérifier que les dispositions techniques prévues par l'exploitant permettent la surveillance et le maintien en état de l'installation durant toute la vie de l'entreposage, la pérennité des moyens de manutention et leur adaptabilité, la reprise des produits entreposés et leur reconditionnement si nécessaire.

La surveillance concerne tant l'installation et son environnement que l'état des colis entreposés. Cette surveillance active des colis nécessite de pouvoir accéder aux objets entreposés dans des conditions aisées et en minimisant le nombre de manipulations, de disposer en fonction du type de colis d'une cellule d'examen nécessaires au contrôle des objets repris pour expertise.

L'IRSN a procédé pour les autorités de sûreté à l'évaluation de nombreux entreposages destinés à des matières radioactives très variées. Il peut s'agir de combustibles usagés stockés à sec ou sous eau, de déchets technologiques ou provenant du traitement d'effluents liquides ou gazeux issus de l'exploitation ou encore de déchets issus du traitement de combustibles usés.

Un retour d'expérience conséquent existe donc. Toutefois, dans le cas qui nous intéresse ici d'entreposage de longue durée, les périodes envisagées sont beaucoup plus importantes que pour les entreposages opérationnels d'aujourd'hui. Ceci n'est pas sans conséquence, même si la faisabilité technique des entreposages de longue durée ne semble pas poser de difficulté.

Dans son évaluation, l'IRSN s'attachera à vérifier que la conception allie robustesse et simplicité et intègre des marges suffisantes pour tenir compte des incertitudes de nature technique ou réglementaire liées à l'échelle de temps visée. En particulier, le choix des matériaux des barrières interposées entre les substances radioactives contenues dans l'installation et l'environnement devra être adapté à la durée de vie recherchée pour l'installation et les colis. La surveillance de l'entreposage et sa maintenance devront pouvoir être assurées tout au long de la vie de l'installation, c'est-à-dire jusqu'à l'évacuation des colis des matières radioactives de celle-ci.

Par ailleurs, l'installation devra être considérée toute sa vie durant comme étant en exploitation, les modes de gestion passive n'apparaissant pas complètement satisfaisants. Une installation de reprise aisée des colis devra être prévue dès la conception de l'installation et la surveillance des colis entreposés définie afin de pouvoir détecter de manière précoce une évolution anormale de certains d'entre eux. Il faudra aussi s'assurer que la démonstration de sûreté d'un tel entreposage à sa conception couvre la durée de vie envisagée pour l'installation. Cette démonstration de sûreté ne pourra évidemment pas être considérée comme définitive. En effet, les codes et standards de dimensionnement des installations évoluent, les agressions peuvent être révisées et le retour d'expérience de l'exploitation peut aussi conduire à reprendre la démonstration de sûreté.

L'évaluation des projets d'entreposage de longue durée en sub-surface visera à s'assurer de la prise en compte d'un certain nombre de scénarios spécifiques tels que l'oubli de l'installation, l'inondation de l'entreposage ainsi que le fait que les barrières de confinement ne puissent pas toutes être inspectées et qu'une surveillance adéquate, en particulier du génie civil, des modules d'entreposage devra être définie à la conception.

Pour conclure, l'action de l'IRSN vis-à-vis des projets d'entreposage de longue durée ne sera pas fondamentalement différente de celle qu'il mène aujourd'hui pour les entreposages usuels. Une attention particulière sera bien évidemment accordée à l'impact des durées d'exploitation envisagées, que ce soit du point de vue du suivi des matériaux et des matériels que des marges de sûreté à intégrer dans la conception de l'installation pour se prémunir des évolutions à venir, inévitables sur de telles durées.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. NIEL pour cette présentation très claire. Je propose à présent que ceux le souhaitent puissent poser leurs questions.

Débat avec les participants

M. François GROUT, CFE/CGC

Je fais partie d'un groupe de travail sur l'énergie à la fédération de la métallurgie de la CFE/CGC et j'ai été mandaté pour vous présenter la position de la CFE/CGC sur le sujet. Il apparaît que les différentes interventions ayant eu lieu au cours des trois jours d'audit parlementaire ont laissé une large part aux aspects scientifiques, techniques et économiques du dossier mais que l'aspect social n'a été quant à lui que très peu pris en considération.

Sur les questions d'approvisionnement énergétique, nous vous rappelons que la CFE/CGC est favorable au maintien de la place du nucléaire en France et son développement en Europe et dans le monde, dans l'intérêt de la planète tout entière. Nous demandons toutefois que des décisions soient prises pour passer rapidement à l'étude industrielle du stockage profond réversible. Pour ce faire, la prise en compte de l'avis de la population locale nous paraît nécessaire et des dispositions cohérentes avec l'acceptation du site de stockage profond doivent être proposées. À cet égard, on pourrait encourager nos concitoyens à aller visiter le futur site du CECER VISIATOME qui vient de nous être présenté.

En ce qui concerne l'articulation des différentes solutions, nous considérons que l'entreposage ne doit pas être envisagé en remplacement du stockage temporaire géologique mais que sa durée doit être limitée au temps technique nécessaire. Le savoir-faire et l'expérience industrielle de ce type d'entreposage existent d'ores et déjà. Il nous semble cependant préférable de concentrer désormais les efforts de recherche – autrement dit les budgets – sur l'accélération de la mise en œuvre du stockage géologique profond et sur l'axe 1, où il existe une certaine complémentarité.

Nous voudrions également insister sur deux points ayant trait au volet social du dossier.

En premier lieu, seul un investissement volontaire dans la recherche de pointe et dans l'innovation nous permettra de maintenir une avance dans les technologies et des compétences que nous avons en France afin d'assurer les emplois de demain. Les compétences dont dispose la France sur l'ensemble de la filière nucléaire sont un atout incontestable qu'il faut vraiment pérenniser.

Secundo, la sûreté pour les citoyens passe par une gestion socialement responsable de la question. Que ce soit vis-à-vis du système de sous-traitance ou du futur système de libéralisation européenne dont nous commençons à entendre parler, la course à la rentabilité doit être encadrée pour les salariés du nucléaire.

La sûreté de la gestion des déchets et la maîtrise du démantèlement des installations en fin de vie sont incontournables pour maintenir la capacité de la France à assumer pleinement ses orientations énergétiques. Dans ce contexte, la contribution des salariés du nucléaire est capitale pour l'avenir de la France. C'est pourquoi la CFE/CGC souhaite que les députés légifèrent dans le sens d'une charte avec un label de qualité sociale pour que toutes les entreprises travaillant dans le nucléaire puissent être concernées. Il serait bien sûr aussi souhaitable que cette proposition soit reprise par une directive européenne, peut-être dans le cadre de la stratégie de Lisbonne.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci. Qui d'autre souhaite intervenir ? M. LACOSTE.

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Je crois que nous pouvons faire un lien entre l'intervention de M. THEGERSTRÖM et celle de M. BESNAINOU sur les situations réciproques de la Suède et des Etats-Unis. Nous avons là deux pays nucléaires, civilisés et qui n'ont pas choisi de retraiter le combustible usé, préférant opter pour le stockage direct. Si ces deux pays font appel à un entreposage intermédiaire, leurs situations sont radicalement différentes. Dans le cas de la Suède, nous avons un entreposage centralisé avec toutes les précautions prises qui nous ont été exposées. Aux Etats-Unis au contraire, si certains centres ont certes été matériellement fournis par AREVA, le visiteur a souvent devant lui une véritable aire de parking pour un certain nombre d'entreposages à sec.

Par conséquent, sur le plan de la sûreté comme sur celui de la sécurité, les deux situations sont complètement opposées et il apparaît clairement que si des entreposages doivent être prévus en France pour du combustible usé ou des matériaux de ce genre, il ne pourra s'agir que d'un entreposage centralisé de façon à ne pas multiplier les installations telles qu'on peut les trouver aux Etats-Unis. La France doit plutôt suivre l'image suédoise que l'image américaine sur ce plan-là.

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne

L'analyse phénoménologique ainsi que le plan de stockage publié dans le dossier « Argile 2001 » par l'ANDRA prévoient des alvéoles « combustibles usés ». Qu'en est-il aujourd'hui ? Pourquoi ces alvéoles prévues sur le plan font-elles partie de cette analyse des situations de stockage ? Y a-t-il une décision de prise pour enfouir un jour les combustibles usés en France ?

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Il y a quelques années déjà, j'avais relevé dans un rapport de l'Office qu'une partie (un tiers environ) des combustibles irradiés n'était pas retraitée car EDF n'avait pas besoin de davantage de MOX qu'il n'y en avait. Le combustible irradié sortant de centrales était donc en quelque sorte « surabondant » au regard des besoins en MOX manifestés par EDF pour ses centrales.

Le Parlement avait donc relevé cette anomalie et demandé que l'on précise la destinée de ces combustibles, qui feront de fait l'objet de ce que l'on appelle un retraitement « différé » – c'est-à-dire à un terme éloigné – et devront en attendant être conditionnés et entreposés. En tous les cas, le stockage direct des combustibles irradiés n'est pas pour nous envisageable et ne figure pas non plus dans la loi. Je le dis ici avec beaucoup de fermeté : cette option ne sera pas retenue. Par conséquent, ces combustibles irradiés non-retraités sont entreposés en surface et je pense qu'ils continueront à l'être avec toutes les précautions nécessaires et sur ce que l'on peut considérer comme une « courte durée », même si quelques dizaines d'années voire 50 ans, ce n'est pas rien à l'échelle d'une vie humaine. Il faudra en tout cas que la technique à partir de laquelle ces combustibles seront entreposés en surface soit bien précisée.

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Quelqu'un souhaite-t-il apporter d'autres commentaires ? M. BACHER.

M. Pierre BACHER

Sur le combustible MOX utilisé justement : est-il prévu de l'entreposer et si oui, sur combien de temps ?

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Il est vrai que nous sortons là des trois axes de la loi. Mais votre question est effectivement très pertinente. Qui peut répondre ? M. PRADEL peut-être ?

M. Philippe PRADEL, Directeur de l'énergie nucléaire, CEA

Même s'il appartient plutôt au propriétaire de répondre, je peux déjà donner quelques éléments et dire en premier lieu que ces combustibles sont retraitables, la démonstration en a été établie. À ma connaissance, ils sont aujourd'hui pour la plupart transférés des centrales vers le site de la Hague, donc dans une optique de traitement après une durée d'entreposage qui, elle, peut être variable mais ne saurait excéder quelques dizaines d'années (ce « quelques » se comptant sur les doigts d'une main au maximum).

M. Claude BIRRAUX, Député, Rapporteur

Merci M. PRADEL. S'il n'y a pas d'autres questions, je vous propose de lever la séance de ce matin en remerciant l'ensemble des intervenants pour leur précision et leur concision. Nous reprendrons nos travaux à 14 heures 30.

APRÈS-MIDI : Présidence de M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur

La séance est ouverte à 14 heures 35 sous la présidence de M. Christian BATAILLE, député du Nord, rapporteur de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

M. Christian BATAILLE, Député du Nord, Rapporteur de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Nous allons reprendre nos travaux de façon à ne pas prendre de retard, car notre après-midi est aussi bien remplie que notre matinée. Nous nous efforcerons de finir dans les délais annoncés, aux alentours de 18 heures, après le propos final que nous tiendrons avec Claude BIRRAUX.

Nous commençons par M. François JACQ, directeur général de l'ANDRA, qui va nous parler des outils de la flexibilité dans la gestion des déchets radioactifs. Vous avez la parole.

Reprise des présentations

M. François JACQ, directeur général de l'ANDRA : Les outils de la flexibilité dans la gestion des déchets radioactifs

Merci, M. le Président. Permettez-moi en liminaire de mentionner la coauteur de cette présentation, Mme Michèle TALLEC, du CEA. Nous avons préparé ce travail ensemble, et c'est donc une présentation commune. Je souhaitais l'en remercier.

Cette présentation a pour but de montrer le travail qui a été fait à l'articulation entre le stockage et l'entreposage. Nous avons vu ce matin qu'il y avait non pas opposition entre les différentes solutions de gestion des déchets, mais plutôt des complémentarités et des articulations à trouver. Je vais essayer de vous présenter rapidement la manière dont le travail commun entre le CEA et l'ANDRA a essayé de faire en sorte que les objets considérés et les manières d'approcher les choses soient aussi proches que possible entre le stockage et l'entreposage. En amont à cela, il y a le travail de séparation et transmutation, dans la mesure où aussi bien le stockage que l'entreposage sont articulés avec ce qui est fait dans le domaine de l'aval du cycle. Ce ne sont que des outils à disposition des différentes stratégies que l'on peut avoir envie de mettre en place.

En ce qui concerne la complémentarité entre stockage et entreposage, comme on l'a souligné tout au long de la journée, la gestion des déchets s'inscrit dans la durée. Compte tenu du rythme de production et de la nature des déchets, on a besoin d'un certain nombre d'installations d'attente et de solutions plus définitives. Cela signifie qu'il existe différentes stratégies de gestion possibles, et que rien n'est figé. On peut mettre en place de manière progressive diverses options. Le stockage et l'entreposage sont donc deux voies tout à fait complémentaires, et en fonction des décisions que pourront prendre le Gouvernement ou le Parlement, on aura la possibilité de bénéficier d'outils articulés et flexibles.

Il faut souligner qu'en toute hypothèse, l'entreposage est une nécessité. En effet, pour permettre de prendre en charge les déchets progressivement, quoi qu'il arrive, ne serait-ce qu'en termes de température des déchets, comme cela a été signalé ce matin, c'est une solution précieuse. Pour pousser jusqu'à l'extrême, dans une situation où il existerait un éventuel stockage réversible, cela signifie que l'on a la possibilité de reprendre les déchets, et dans ce cas, il faudra bien les mettre quelque part, en surface dans un entreposage, d'où la nécessité de l'entreposage. Par conséquent, à toutes les étapes, quel que soit le choix qui est fait, cette articulation est nécessaire.

Le CEA, comme signalé par Philippe PRADEL, est chargé d'une étude sur l'entreposage, et l'ANDRA est chargée d'une étude sur le stockage. Il y avait donc besoin d'une articulation. Pour ce faire, a été mis en place un accord de partenariat dans le domaine de la recherche entre les deux organismes, et une série de comités techniques ont été chargés de coordonner les études. Derrière ce terme un peu prétentieux de « comité technique » il y avait la conviction qu'un certain nombre d'objets de recherche sont communs entre les deux voies de recherche, et qu'il était nécessaire de travailler ensemble en essayant d'adopter des solutions communes, avec de plus la création d'une plus-value. L'entreposage pouvait ainsi amener des enseignements au stockage et réciproquement. On a parlé ce matin de l'analyse de la durabilité de certains matériaux comme le béton, et il est évident que, même si les conditions ne sont pas tout à fait les mêmes, un certain nombre de connaissances fondamentales peuvent être partagées.

On a essayé de se concentrer sur la définition d'objets et des critères communs aux deux axes de recherche, entreposage et stockage. Quels sont les thèmes qui se situent à l'interface entre les axes 2 et 3 qui ont fait l'objet d'un travail particulièrement approfondi entre l'ANDRA et le CEA ? Je vais en mentionner cinq, dont un certain nombre a déjà été évoqué lors de l'audition du 27 janvier.

En premier lieu, il est évident que le premier objet commun est le colis de déchet. Avoir une définition cohérente des déchets concernés et de leurs caractéristiques est précieux. Un modèle d'inventaire, c'est-à-dire un recensement de l'état, du nombre et des caractéristiques des déchets a été réalisé, qui a servi de base aussi bien aux études du CEA que de l'ANDRA, et il garantit une bonne cohérence entre les deux domaines.

Le deuxième domaine concerne le comportement à long terme des colis. Je n'y reviens pas longuement car cela a été évoqué par Jean-Pierre MONCOUYOUX et par Michèle TALLEC lors de l'audition du 27 janvier. La compréhension du comportement des différentes matrices dans lesquelles on pourrait mettre les déchets est un sujet étudié par le CEA, en échange régulier avec l'ANDRA, puisque ce sont les mêmes modèles qui sont retenus dans les deux cas.

Le troisième sujet, également abordé lors de l'audition du 27 janvier, concerne la modélisation. Il ne suffit pas de caractériser et de comprendre les déchets, mais aussi prévoir leur comportement et avoir les outils nécessaires pour ce faire. Cela a été le but de la plate-forme de simulation numérique Alliances, qui a été développée d'abord en commun par le CEA et l'ANDRA, et à laquelle s'est joint ensuite EDF. C'est aussi important de savoir que les outils de prévision qui sont utilisés dans les deux cas sont communs.

Le quatrième domaine est celui de la sûreté en exploitation, c'est-à-dire pendant que l'installation est ouverte, pendant l'accueil des colis, et pendant leur acheminement. La question des règles permettant de gérer l'installation a été abordée à la fois par Jean-Christophe NIEL à propos des études de l'IRSN et par M. LAAKSONEN vis-à-vis du STUK au niveau finlandais. On a essayé là aussi de se rapprocher, en ayant une approche similaire de la manière de concevoir la sûreté, des règles qu'il faudrait mettre en place, de façon à partager le retour d'expérience.

Un autre élément indispensable est constitué par les conteneurs, qui vont emballer les déchets, et qui vont circuler entre un éventuel stockage et un éventuel entreposage. On s'est donné pour objectif d'assurer la continuité éventuelle entre les deux, en évitant les opérations de conditionnement, c'est-à-dire en faisant en sorte que si l'on doit passer un déchet d'une installation à une autre, on évite à la fois l'exposition du personnel et l'accomplissement de travaux relativement conséquents. Pour ce faire, on a essayé de standardiser et de définir des enveloppes communes. Celles-ci ont été faites avec l'idée de regrouper au maximum les colis primaires. On construit des colis durables en testant leur comportement vis-à-vis d'un certain nombre d'accidents en sûreté et en exploitation, comme le comportement à la chute.

On peut envisager un regroupement pour les déchets de moyenne activité à vie longue. On voit une certaine diversité de déchets, avec un conteneur en béton qui permet de regrouper plusieurs types de fûts. Ce conteneur est conçu pour être compatible à la fois avec un schéma d'entreposage de longue durée et avec le type de concept de stockage qui vous avait été présenté par Philippe STOHR lors de l'audition du 27 janvier. Il s'agit donc d'avoir un objet commun qui puisse circuler de l'un à l'autre. L'illustration suivante vous montre le travail qui a été réalisé au cours de l'année écoulée en commun entre le CEA et l'ANDRA, avec la définition des caractéristiques souhaitées pour ces conteneurs et leur réalisation concrète. Vous avez l'exemple du conteneur en béton, avec d'assez hautes performances qui permettent d'unifier la gestion des déchets. Ces conteneurs ont été étudiés, qualifiés et constituent des réalisations communes entre les deux organismes.

La gestion des assemblages de combustibles usés en entreposage est un domaine qui est davantage du ressort du CEA que de l'ANDRA, et c'est une bonne illustration de la coopération entre les deux organismes que ce soit moi qui m'exprime sur le sujet. En entreposage industriel, la gaine est la première barrière de sécurité pour le combustible. Au-delà, on imagine des étuis qui permettent de garantir l'intégrité et le confinement, et c'est cet étui qui assure la continuité entre les différents objets. Cela est ensuite exploité dans un autre type de réalisation, qui est un démonstrateur de conteneur pour combustible usé qui pourrait être utilisé pour entreposer le conteneur de combustible sur la longue durée. Il a été étudié en commun entre l'ANDRA, le CEA et EDF.

Enfin, pour en venir aux conclusions, comme l'ont montré certains exposés de la matinée et comme j'ai essayé de le souligner à travers un certain nombre d'exemples, il existe des outils pour assurer une gestion flexible des déchets, c'est-à-dire qu'il existe des entreposages mais, de plus, ils ont été placés de sorte que l'on puisse avoir des modes de conditionnement, des modes de récupération, des modes de manutention qui soient aussi aisés et commodes que possible. En fonction des stratégies qui pourront être retenues, qui ne relèvent pas des opérateurs techniques que sont le CEA et l'ANDRA, il y aura toujours la possibilité de rechercher le meilleur équilibre et la meilleure utilisation possible en synergie ou en complémentarité de l'entreposage et du stockage. En tant qu'opérateur technique, on est capable de garantir que l'on a réfléchi à la cohérence et à la compatibilité. Libre ensuite à la société de choisir les voies de gestion qu'elle souhaite, mais on peut assurer que l'on n'a pas inclus dans notre système des éléments qui empêcheraient le passage de l'un à l'autre. Un autre point important est que le travail a enrichi mutuellement les deux organismes en partageant le retour d'expérience de ceux qui travaillaient sur le stockage et de ceux qui travaillaient sur l'entreposage. Les conteneurs, notamment de déchets MA-VL, sont à mon sens un des résultats tangibles de ce partenariat et de cette coopération fructueuse entre les deux organismes. Je vous remercie de votre attention, M. le Président.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. JACQ. Je profite de cet intermède pour remercier de leur présence tout au long de cette journée des Parlementaires qui étaient là ce matin et qui sont encore là cet après-midi, Bruno SIDO, membre de l'Office, Jean-Pierre BRARD, qui nous a rejoints, Jean-Louis DUMONT, qui était là ce matin, Gérard LONGUET, qui était là ce matin également, François DOSÉ, qui nous a rejoints. J'espère ne pas en oublier. Les Parlementaires manifestent leur intérêt pour cette question. Je salue aussi naturellement la présence des élus, des conseillers généraux de la Meuse et de la Haute-Marne, qui suivent avec attention les travaux de l'Office et les trois journées d'audition, puisque les Parlementaires ont affirmé leur présence de façon constante sur les trois jours.

Je vais maintenant donner la parole à M. Bernard TISSOT, président, et M. Robert GUILLAUMONT, membre de la Commission nationale d'évaluation, qui vont nous présenter quelques points clés de l'évaluation de la CNE. M. TISSOT, vous avez la parole.

M. Bernard TISSOT, Président de la Commission nationale d'évaluation : Quelques points clés de l'évaluation de la CNE

La première chose à dire est que les conteneurs existent, et nous les avons rencontrés hier. Nous disposons de tout un vocabulaire du style « Quai d'Orsay » : nous sommes émus, nous regrettons, nous déplorons, le fait que la France, qui était un grand pays du nucléaire civil, n'avait pas de conteneur. Hier, nous les avons vus à Marcoule. Ils existent, et ils ont même bonne allure. On vous les a montrés ce matin.

Des modèles opérationnels ont également été proposés pour la simulation du comportement en stockage du combustible usé, et divers colis de déchets de retraitement. En particulier, un très solide travail nous a été présenté concernant le comportement des colis vitrifiés. La pleine compréhension des mécanismes nécessite de poursuivre les recherches, mais on a déjà quelque chose d'utilisable.

Le conteneurage externe du combustible et des déchets aussi bien pour l'entreposage que le stockage a fait l'objet d'une concertation entre le CEA et l'ANDRA, comme l'a rappelé M. JACQ, et nous avons des conteneurs qui pourraient remplir cette double fonction et éviter une pénible et regrettable reprise des déchets si on devait les transférer d'un entreposage vers un stockage. De ce point de vue, on observe un grand progrès par rapport aux interventions que nous avons pu faire il y a quelque temps.

En ce qui concerne l'entreposage de longue durée, l'entreposage industriel actuel de colis de déchets à haute activité tel qu'il est pratiqué à La Hague nous paraît répondre à toutes les exigences que l'on peut raisonnablement présenter et pourrait être prolongé sur une durée dont je ne saurais fixer l'ultime possibilité – peut-être soixante-dix ans ou cent ans –, à condition de construire une aile supplémentaire à La Hague, dans une grande salle avec des sortes de « plaques d'égout » (expression qui n'est pas très gracieuse), les déchets se trouvant en dessous. Cela répond au problème.

L'entreposage sur des durées plus longues, au-delà du siècle, nécessiterait sans doute une surveillance permanente et de lourdes interventions de maintenance, voire une reconstruction périodique de l'entrepôt. Par ailleurs, les industriels des bâtiments et travaux publics ne sont pas prêts à garantir des bétons au-delà de cent ans, sans compter le paramètre de stabilité sociale. Nous avons vu relativement récemment, vers 1990, que la stabilité sociale a été gravement mise en question en Europe de l'Est. Dans ces périodes-là, on peut oublier les entreposages. De même, il faut se souvenir qu'en deux cents ans, la France a été envahie cinq fois, entre l'année 1814 et les années 1940-1945. Le dernier qui l'a envahie était un individu qui n'était pas particulièrement recommandable. Il faut tenir compte de tous ces éléments.

Il ne fait pas de doute qu'un entreposage de longue durée est une charge lourde sur les générations futures. Nous avons vu hier à Marcoule la cathédrale qu'il faut bâtir pour manipuler, basculer ou transférer les colis de déchets. C'est un ouvrage de génie civil assez gigantesque. Parmi les types d'entreposages, celui de subsurface présente des avantages. Si l'on considère les attentats un peu partout, en particulier aux Etats-Unis, on comprend que l'entreposage de subsurface serait plus robuste. Lorsqu'on voit les cathédrales qu'il faut bâtir, à trente ou cinquante mètres de profondeur, pour manipuler sérieusement des colis de déchets, on peut se demander s'il ne vaut pas mieux bâtir ces cathédrales à quatre cents ou cinq cents mètres de profondeur, et appeler cela un stockage réversible. Ce n'est pas à nous de donner la durée de la réversibilité, mais on a quelques moyens supplémentaires pour l'évaluer. Le béton n'est pas garanti, mais en ce qui concerne le calcaire ou le quartzite, les géologues affirment que cela fait quelques dizaines de millions d'années qu'ils sont là.

Je vais maintenant laisser la parole à mon voisin Robert GUILLAUMONT.

M. Robert GUILLAUMONT, membre de la CNE

Merci, M. le Président. Je vais revenir sur quelques points qui ont paru importants à la CNE.

En ce qui concerne le combustible usé, le Commissariat à l'énergie atomique, en coopération avec Électricité de France, a mené un programme de caractérisation et de comportement, d'une part sur le combustible classique et d'autre part sur le combustible MOX. C'est un programme dont les résultats sont remarquables. Le comportement du combustible a été étudié par rapport à de larges domaines de variation de paramètres d'agression physico-chimiques. Cela a conduit à des modèles opérationnels que l'on caractérise comme très prudents et qui permettent de faire des simulations de comportements en entreposage à sec et en stockage géologique, qui serait en présence d'eau, contrairement à un entreposage à sec.

Ces modèles opérationnels, comme cela a été évoqué ce matin par M. BORDIER, sont l'aboutissement de recherches très longues et très pointues qui permettent de hiérarchiser les paramètres importants à prendre en compte. Ce sont des modèles opérationnels qui permettent soit aux entreposeurs soit aux stockeurs de déchets de faire des prévisions et d'adapter les concepts au regard de ce que l'on peut espérer se produire.

Le programme était remarquable, mais il reste encore des recherches à poursuivre. Un point nous a paru notamment important, sur lequel il convient de continuer les recherches : le problème du dégagement d'hélium dans les combustibles et notamment dans les combustibles MOX. Le dégagement d'hélium est dû à la radioactivité alpha, qui durera sur de très longues périodes. Les dégagements sont très faibles, mais si l'on

envisage le long terme, l'accumulation de l'hélium dans le combustible mérite selon nous des recherches importantes.

Le deuxième type de colis important pour le stockage est le colis de déchets vitrifiés. Un modèle opérationnel de comportement en stockage géologique est également utilisable pour des calculs de relâchement des radionucléides, en particulier ceux qui sont importants vis-à-vis de la sûreté. Ce modèle prévoit de très longues durées de la matrice verre, mais il convient de l'utiliser et au cas par cas par rapport aux prévisions qu'il donne. Il s'agit de la longue durée, et il faut bien examiner les conditions dans lesquelles on pourrait se trouver.

En ce qui concerne l'étude des mécanismes d'altération à long terme, le modèle les prend en compte, mais nous pensons qu'il doit être consolidé et que les recherches doivent se poursuivre, notamment pour tenir compte de l'environnement des colis. Par environnement, on entend soit les barrières ouvragées qui sont proches, soit la roche hôte, soit le produit de corrosion des conteneurs ou du matériau mécanique qui sera à proximité de la matrice verre.

Enfin, l'étude des verres doit être poursuivie, notamment si on l'envisage de les charger un peu plus en curium. Ceci est lié à un retraitement futur, par exemple du MOX ou à des problèmes de recyclage, du combustible d'irradiation pour l'axe 1 ou de cible d'irradiation.

Nous voudrions par ailleurs attirer l'attention sur les conditionnements innovants qui ont été abordés ce matin par M. BORDIER. Au lieu de prendre des céramiques, lorsqu'on dispose d'éléments séparés, dans l'hypothèse où on ferait du retraitement poussé, on peut façonner des matrices de conditionnement qui seraient des matrices céramiques, et qui seraient ajustées aux propriétés chimiques des éléments, soit pour des produits de fission soit pour des actinides. Ces travaux ont conduit à la sélection d'un certain nombre de composés chimiques qui présentent de bonnes caractéristiques vis-à-vis de la lixiviation, c'est-à-dire de l'agression par l'eau. On peut dire que l'évaluation expérimentale est bien engagée, mais on est encore loin de la somme des connaissances que l'on a acquises sur le verre durant toutes les décennies pendant lesquelles on a travaillé sur ce matériau.

J'en viens maintenant aux conteneurs. Comme l'a rappelé le président TISSOT, nous les avons vus. On savait qu'ils étaient en gestation. On a conçu et réalisé des démonstrateurs que le CEA appelle des démonstrateurs technologiques pour les déchets dits déchets B ou de combustible usé pour un usage mixte, entreposage de longue durée et stockage. Je n'insiste pas sur le sujet car M. JACQ l'a évoqué. Les études se poursuivent également sur ce point, et un programme d'essai est en cours, à caractère technologique, pour examiner en particulier les problèmes de fermeture des conteneurs. Les expériences sont plutôt encourageantes et des résultats sont à venir, pour passer ensuite à de véritables prototypes.

En ce qui concerne l'entreposage industriel, cela va peut-être vous surprendre, mais la CNE pense, d'après les documents qui lui ont été transmis et d'après les auditions réalisées, qu'il est possible pendant une centaine d'années dans les installations d'entreposage qui ont été récemment réalisées et pour des colis de déchets qui sont actuellement conditionnés dans les usines de retraitement, dont vous avez entendu parler. Pour l'entreposage de longue durée, de nouvelles installations en surface ou en subsurface ont été proposées par le CEA. Je ne fais que répéter et de mettre en exergue les deux points qui sont importants vis-à-vis de ces problèmes d'entreposage de longue durée : la durabilité du conteneur et la durabilité des ouvrages qui doivent les abriter.

La durabilité est en cours pour les conteneurs, et un programme d'études y est consacré. En ce qui concerne les ouvrages, je signale encore une fois que la durabilité des ouvrages de génie civil ne peut pas être garantie au-delà d'une centaine d'années. Il s'agit d'une garantie au sens de ceux qui construisent les ouvrages, mais cela ne signifie pas que ceux-ci ne puissent pas durer plus longtemps que la centaine d'années.

L'entreposage de longue durée en subsurface a l'avantage de résister aux agressions extérieures, mais la commission pense qu'une étude approfondie d'un entreposage en subsurface nécessite de prendre en compte les particularités du site où il se trouve. Cela nécessite donc d'avoir des sites d'application. C'est un point qui nous paraît important. Jusque-là, les études ont été menées d'une façon générique, en se plaçant dans une variété de roches pouvant être utilisée ou une variété de situations climatiques et géographiques pour des entreposages de surface, mais il faudrait le faire sur le site d'application. Par ailleurs, l'étude des ouvrages de génie civil n'a pu être qu'ébauchée dans le cas de la subsurface, puisque l'on reste dans le générique.

En conclusion, je dirais quelques mots sur le rôle de l'entreposage dans la gestion. L'entreposage industriel de durée de l'ordre du siècle est envisageable. Pour les colis de déchets vitrifiés, il permet de réduire la charge thermique du stockage géologique, comme cela a été dit et souligné par tous. Enfin, l'entreposage à lui seul ne peut constituer une stratégie de gestion dans la longue durée pour les colis. Merci, M. le Président.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, Messieurs GUILLAUMONT et TISSOT. Vous avez répondu aux sollicitations sur ces journées, comme M. JACQ tout à l'heure, puisque vous avez été des intervenants répétitifs sur tous ces dossiers pendant ces trois journées.

Je vais maintenant donner la parole à M. Bernard FROIS, directeur du Département énergie, transport, environnement et ressources naturelles, au ministère délégué à la Recherche, qui va nous parler de l'état actuel et les perspectives des technologies modernes de conditionnement et d'entreposage à long terme.

Avant de lui donner la parole, j'en profite pour indiquer que M. Serge LEPELTIER, qui était invité à conclure ces journées, n'a pas pu être des nôtres, puisqu'il est en Afrique avec le Président de la République. M. FROIS, vous avez la parole.

M. Bernard FROIS, directeur du département énergie, transport, environnement et ressources naturelles, ministère délégué à la Recherche : l'état actuel et les perspectives des technologies modernes de conditionnement et d'entreposage à long terme

Merci, M. BATAILLE. Je voudrais d'abord remercier l'Office parlementaire pour nous avoir donné la parole à plusieurs reprises, permettant d'exprimer des points de vue complémentaires.

Je voudrais vous donner une vision qui est un peu différente d'une simple vision sur le conditionnement et l'entreposage. Je me suis rendu compte au cours de la journée, en particulier dans les derniers exposés, que les points techniques qui pouvaient faire l'objet d'un questionnement ont été traités avec un grand luxe de détails auxquels je ne saurai rien ajouter. Je vais donc vous donner un essai de vision et un essai de synthèse, où je pense que nous sommes du point de vue de la recherche. Ceux qui ont suivi les autres journées savent que la direction de la technologie a accompagné les acteurs de la recherche tout au long des recherches menées pendant ces quinze ans. Aujourd'hui, nous pensons que nous avons une vision qui est parfois un peu ennuyeuse. En effet, elle est tellement coordonnée par les discussions contradictoires que nous avons menées dans tous les pays, que j'ai l'impression parfois que les gens pensent qu'il y a un effet de collusion. Je ne le crois pas, car le problème de la science est qu'elle aboutit à des prises de position claires sur un certain nombre de problèmes qui sont observables, vérifiables ou mesurables. Je me cantonnerai sur ce sujet, étant donné que le débat est ailleurs. Lorsqu'on connaît tous les raisonnements et tous les éléments d'information dont on dispose, la discussion est toujours ailleurs. Il est clair que celle-ci a été prise en main par le Parlement, et nous nous félicitons de voir que ce qui a été dit ce matin était particulièrement clair sur le

fonctionnement de notre démocratie. Au ministère de la recherche, nous sommes seulement dans la science et ce que je vais vous présenter concerne uniquement des éléments scientifiques.

En écoutant tout ce qui a été dit, je peux dire que ce sont des recherches impressionnantes, et je me suis demandé quelle pourrait être la « valeur ajoutée » d'un exposé venant en fin de journée, alors que tout le monde a dit des choses extrêmement profondes, qui reflètent une compréhension des problèmes qui va très au-delà de ce que l'on pourrait attendre d'un exposé rapide d'une demi-heure. Mes questions sont les suivantes :

- les progrès scientifiques et technologiques présentés sont-ils réels ?
- quel est leur impact ?
- quelles conclusions peut-on tirer ?
- qu'apportent-ils pour préparer l'échéance de 2006 ?
- quelle recherche au-delà de 2006 ?

Les questions simples sont parfois très « meurtrières » car elles forcent l'individu à se poser la question de savoir où l'on peut aller, sachant que finalement, il faut une certaine intuition pour prendre une décision, celle-ci n'étant jamais complètement rationnelle. Je vais donc essayer de voir où est le rationnel et où est la part sur laquelle il convient de décider.

La loi de 1991 a eu un impact profond sur la recherche. Nous avons entendu ce matin combien les Etats-Unis ont fait des progrès grâce au Waste Act. C'est également le cas en France. La loi de 1991 a obligé les acteurs de la recherche à se coordonner car la question leur était adressée en bloc, avec des responsabilités claires. Vous avez pu constater aujourd'hui que l'avance des connaissances est considérable et tout à fait remarquable. J'ai été frappé par l'exposé de Messieurs TISSOT et GUILLAUMONT. Celui-ci a signalé qu'il fallait continuer à faire de la recherche. Il a montré que des relâchements d'un certain nombre de gaz restaient un problème ennuyeux. M. TISSOT a dit clairement qu'il est impressionné par les conteneurs. C'est là le paradoxe. Nous avons fait des progrès, mais il reste malheureusement toujours des choses à faire. La question est de savoir quand on s'arrête. L'avancée des connaissances nous permet aujourd'hui de nous fixer clairement un espace où l'on peut décider des choses et un espace qui est pour le futur.

Lorsqu'on parlait voici deux semaines de Génération IV, on était dans l'espace du futur. Aujourd'hui, avec les conteneurs, nous sommes dans le présent. Les quinze ans de recherche représentent un temps énorme. Il y a eu peu de problèmes dans ma vie qui ont demandé quinze ans de réflexion. Ne soyez donc pas étonnés qu'au bout de quinze ans on ait abouti à une vision partagée du problème et des solutions. Nous avons eu le temps de nous concerter autour du monde. Lorsque je compare la vision de M. RICHTER, qui est tout de même à dix mille kilomètres d'ici, et la mienne, je pense qu'il y a un accord profond sur la partie scientifique.

On fait souvent des reproches à la recherche, avec une blague bien connue : il y a des chercheurs, mais y a-t-il des gens qui trouvent ? Je pense que c'est un domaine où les améliorations industrielles ont été très efficaces et beaucoup sont en place. On a donc mis en œuvre des procédés innovants, et l'on se retrouve dans un monde dans lequel on a l'impression que nous avons servi à quelque chose. Cette impression partagée que nous avons accompli une tâche est quelque chose de très important pour moi. Je ne sais pas si elle est satisfaisante, mais au moins, nous avons l'impression que nous avons avancé.

Pourquoi entreposer ? Entreposer, c'est un avantage très significatif et c'est une réalité industrielle courante. Les industriels savent entreposer. On en a très bien discuté aujourd'hui, en disant qu'on avait prévu des entreposages pour une cinquantaine d'années. Est alors apparu un problème, qui est l'un des problèmes fondamentaux, car il est dimensionnant, c'est celui de la thermique et du dégagement thermique. Nous voyons à ce niveau les choix qui commencent à apparaître, car un choix va intervenir par rapport à ce qui dimensionne le problème, que ce soit l'entreposage ou le stockage. Si c'est un problème d'argent, ou d'espace, c'est assez différent, et il faut se poser la question du coût du stockage. Si on fait un stockage, il

convient en outre de s'interroger sur la distance à laquelle on va mettre les colis dans les galeries, sur la taille des galeries, et sur la durée de l'entreposage. La question n'est pas si facile. Lorsqu'on parle de cinquante ans, on se dit qu'on entrepose et que l'on verra ensuite. La question pour moi devient beaucoup plus complexe à partir du moment où on fait le choix d'une solution, avec la question de savoir quel conteneur est nécessaire, combien de temps faut-il attendre et comment diminuer le coût du stockage. Si je me place du point de vue du contribuable, il me faut une solution sûre et qui coûte le moins cher possible. Le problème n'est pas de savoir quel est le problème industriel de l'entreposage ou des conteneurs, car je veux que ce soit sûr, que cela ne coûte pas cher et, si possible, j'espère que j'ai déjà payé.

Un ensemble de problème est donc dimensionnant, avec différentes solutions qui ont été travaillées. Les éléments de la réponse ont été présentés aujourd'hui, de façon séparée. Ce qui est formel, du point de vue des scientifiques, comme je l'avais présenté lors de mon premier exposé, c'est que du point de vue des scientifiques, nous voulons une solution de confinement multibarrières et une barrière finale de stockage. C'est une position scientifique. Nous nous sentons beaucoup plus sûrs lorsqu'il y a un confinement. Mais j'ai très bien compris que l'on demande de savoir à quel moment on peut confiner. C'est la question qui a été posée ce matin concernant la réversibilité, pour savoir s'il fallait une réversibilité éternelle. Ce problème est délicat, car confinement, cela veut dire que l'on scelle. Lorsque je parle de solution qui satisfait le physicien que je suis, c'est une solution dans laquelle on a fermé car dans ce cas, je suis sûr que je peux utiliser mon argumentation. Si je laisse quelque chose qui est ouvert, je n'ai pas confiné. Un choix est donc nécessaire. Si les gens se posent la question de savoir si l'entreposage est similaire au stockage, ce n'est pas le cas. J'avais insisté en disant que la solution stockage comprend une première phase qui peut durer autant que l'on veut, dans laquelle la réversibilité est possible, mais ce n'est pas la solution finale. Le stockage, comme l'a signalé remarquablement François JACQ, introduit une flexibilité « agréable », car c'est en quelque sorte le moment où l'on peut se faire son opinion. Même si l'on décidait de stocker tout de suite, il reste une période intermédiaire dans laquelle il faut bien examiner les choses.

Les exposés de la journée ont montré que les progrès ne sont pas uniquement ceux de la recherche mais aussi ceux des industriels. Dans le cas de l'entreposage et du développement des conteneurs, je suis à peu près persuadé que, quoi que l'on demande du point de vue industriel, raisonnablement, pour assurer la sûreté, la sécurité ou le coût économique, la recherche technologique doit savoir répondre à la question. C'est le problème qui a des réponses qui peuvent être adaptées. Il s'agit de questions de coûts et de recherche, mais on peut montrer que les concepts actuels peuvent être améliorés si besoin. Les recherches vont donc continuer, permettant ainsi un soutien fort pour accompagner les industriels. Aujourd'hui, on sait déjà faire, ce qui est important. Si on me pose la question de savoir comment faire aujourd'hui, en me mettant dans la position d'un industriel, qui est un client, je sais faire.

Les conteneurs font apparaître l'immense progrès qui a eu lieu. Au cours des dernières années, c'est quelque chose qui s'est terriblement simplifié dans la vision des gens. J'ai voulu être schématique et reprendre les éléments qui avaient été évoqués par mes collègues. Un concept de conteneur universel a été développé à La Hague, qui représente un développement tout à fait remarquable. S'agissant de l'entreposage longue durée, on a également développé ce qu'il faut. Ce qui est intéressant, ce ne sont pas les conteneurs, mais le fait que l'ANDRA, le CEA et les industriels ont travaillé, c'est-à-dire qu'une agence, qu'un organisme technologique spécialisé dans la recherche et des industriels, qui ont des contraintes économiques, ont collaboré et se sont entendus sur quelque chose.

Je voudrais également attirer votre attention sur le fait que les gens sont devenus pratiques, car la définition d'étui permet des manipulations plus agréables. Le concept a été développé en 2001. Cela passe inaperçu dans le dédale de tous les progrès, mais la manutention a été quelque chose de pensé. Je ne traiterai pas d'un problème qui finalement m'a préoccupé dans ma vie, car lorsqu'on travaille sous rayonnement, on se pose la question des zones sievert, mais il est intéressant de voir qu'il y aura une question à régler : si on travaille sous rayonnement, il s'agit d'un domaine qui est extrêmement surveillé et où les doses sont très

faibles. La question est de savoir qui prendra les doses et quand. On a pensé à ces questions en étant très responsable et en supposant que quel que soit le temps où sont prises les décisions, on minimiserait les conditions de travail sous rayonnement. Cela a donc été pensé et cela doit être dit, car la sécurité des gens est très importante pour tout le monde.

Un autre exemple de conteneur, qui est très récent, est le conteneur qui satisfait toutes les requêtes au niveau des performances pour entreposer les combustibles usés. On se trouve devant des collaborations très efficaces, avec notamment le CNRS, sur laquelle je reviendrai. Je répète, comme la semaine dernière, que la grande nouveauté de ces dix dernières années a été l'intérêt fondamental des scientifiques.

Je prends mon collègue Burton RICHTER pour quelqu'un qui justement fait partie de ce lot. Pour ceux qui ne le connaissent pas, c'est un très grand physicien de la physique des particules, qui est une physique relativement abstraite par rapport à ces problèmes. Tout d'un coup, il s'impose pour un grand nombre de scientifiques le fait qu'il faut contribuer au développement de la société. Nous avons le CNRS, et on aurait pu mettre d'autres personnes aux Etats-Unis. Il faut savoir que les professeurs GRUNDER ou RICHTER, qui sont venus ici, sont des scientifiques que j'appellerai de « pure laine ». Ils n'avaient aucune raison de s'intéresser à ce problème. Tous s'intéressent à ces problèmes et ils ont apporté cet éclairage que j'ai appelé scientifiquement essentiel.

J'ai constaté que l'impact de ces réunions se traduisait dans le métro et dans des publications comme *20 Minutes* notamment, où j'ai lu, à ma grande surprise, que l'on ne consultait pas les scientifiques. Je crois pouvoir parler non seulement pour le ministère de la Recherche, mais du fait que j'ai participé à de grandes organisations scientifiques, pour dire que les scientifiques se penchent sur ces problèmes, qu'ils ont des avis, que l'on peut consulter, et que les rapports existent. Permettent-ils de décider ? Non, ils permettent seulement de vous éclairer pour savoir ce que vous voulez choisir. Mais la science est présente et je n'accepterai pas que l'on puisse dire devant moi que la science est absente et qu'il s'agit uniquement d'industriels, car ce n'est pas le cas.

En ce qui concerne le soutien des scientifiques, M. SPIRO, qui est venu à la première semaine d'audition, a dit que les scientifiques apporteraient un soutien à la recherche finalisée portée par les industriels, dont l'ANDRA et le CEA, et que le CNRS soutiendrait en particulier les matériaux, la pyrochimie, les scénarios, la modélisation multi-échelles, etc. La recherche à long terme sera portée par le CNRS avec le soutien des autres acteurs, et celui-ci est déterminé à contribuer à tous les domaines de recherche des déchets nucléaires et à la production d'énergie durable. Je pense que cela suffit pour conclure.

La recherche au-delà de 2006 est une question fondamentale. Ce sera une recherche un peu différente car elle a déjà quinze ans, et il faudra maintenant passer à une recherche en appui aux solutions choisies. Nous allons organiser un colloque pour faire le bilan et donner les perspectives en juin.

Ma conclusion est que le progrès scientifique et technique est remarquable. Les acteurs de la recherche ont fait leur travail. Est-il fini ? Probablement pas, mais les acquis de la recherche permettront d'éclairer le débat. Les prochaines étapes consisteront à réaliser un dossier de sûreté. A-t-on les éléments de sûreté ? Du point de vue de M. LACOSTE, on n'a pas un dossier, mais de nombreux éléments. C'est la différence entre 2005 et 2006, car il faudrait passer à une phase d'intégration et être capable de mettre tous les éléments en forme. À ce moment-là, la recherche perd son rôle en quelque sorte de « magie », car elle n'a pas de caractère décisionnel. Elle permettra d'aider les autres à décider. On parle de sûreté, d'analyse économique et de capacité d'industrialisation, avec de plus cette question éthique du point de vue de la santé. Il convient de choisir quelque chose qui ne fait pas peur aux gens. Je pense que la recherche continuera à accompagner la gestion des déchets, et ensemble, nous arriverons à trouver les solutions dont nous avons besoin. Je vous remercie de votre attention.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je vous remercie, M. FROIS. Nous avons, comme ce matin, une partie réservée aux échanges entre les participants. Y a-t-il des interventions ou des questions ? Je commence par M. LUX.

Débat avec les participants

M. Arsène LUX, Conseiller général de la Meuse, Maire de Verdun

Je voudrais faire une observation et poser une question, M. le Président, avec votre permission. J'ai bien écouté les exposés de M. TISSOT et de M. GUILLAUMONT. Le premier a dit que les garanties du béton ne vont pas au-delà de cent ans. Si j'ai bien compris, cela permet de fixer les limites de l'entreposage. Il a également fait référence à l'oubli, qui résulte du temps, et par voie de conséquence, à la dangerosité que cela peut présenter pour les générations futures. Il a conclu en indiquant que les géologues nous donnent les garanties en couches profondes pour faire face à ce risque. M. GUILLAUMONT a indiqué quant à lui que les couches géologiques profondes contiennent de l'eau, qui est « l'ennemie » du stockage pour la diffusion nucléaire qui risque d'en résulter. Il me semble qu'il y a là une contradiction. Si l'on retient le fait que le béton a une durée de vie limitée, la véritable problématique, que ce soit en stockage ou en subsurface, va se poser dans une centaine d'années, et ce sont bien les générations futures, comme je l'indiquais ce matin, qui auront à traiter la difficulté, car nous aurons mis les choses entre parenthèses pendant une centaine d'années.

On a parlé également des risques d'agression pour un stockage en surface et, à un moindre degré, en subsurface. Le problème terroriste ne serait-il pas d'abord celui de nos centrales nucléaires qui sont à l'air libre, et qui risquent de constituer, sur leur trentaine de sites, les risques majeurs pour nos concitoyens et pour notre pays ? Lorsqu'on parle de risque, ne peut-on pas pousser les idées un peu plus loin ? Si on arrive à l'idée de stockage (je ne dis pas « enfouissement » pour ne pas vous faire de peine, M. le Président) réversible, on peut dire que d'ici cinq cents ans, comme me l'a indiqué un scientifique qui est présent ici, et que je ne nommerai pas (il prendra peut-être la parole pour le confirmer), on risque d'avoir une sorte de mine de plutonium, au sens géologique du terme, qui peut également éveiller des appétits dans un contexte international dont nul ne sait ce qu'il sera dans cinq cents ans. Cinq cents ans, cela représente seulement vingt générations.

J'ai bien retenu aussi ce qu'a dit M. FROIS, à savoir que l'entreposage ne peut être qu'un élément temporaire et qu'il faudra prendre une décision à un certain moment. Il a également indiqué que d'après lui, la sécurité et la sûreté absolues, et le moindre coût, c'est le cloisonnement, autrement dit le stockage définitif par obturation de tous les accès une fois le stockage intervenu. Je souhaiterais que Messieurs FROIS et RICHTER nous apportent des éclaircissements à ce sujet : ne peut-on pas faire confiance aux générations futures pour trouver à travers la recherche complémentaire, qui est indispensable, les moyens de cette transmutation, qui permettra d'éviter le stockage définitif en couches géologiques profondes, tout en utilisant ces déchets pour réactiver des réacteurs de nouvelle génération, dont nous avons tous que nous aurons besoin ?

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. LUX. Je ferai une simple remarque pour vous donner mon sentiment sur l'évolution de la connaissance depuis quinze ans. J'ai de plus en plus la conviction que les trois axes de recherche ne sont pas concurrents, mais qu'ils se complètent. La recherche sur la transmutation n'est pas antagoniste du stockage et vice-versa. En faisant le bilan de quinze années de recherche, on n'a pas l'impression qu'il y ait eu un « match » entre trois axes de recherche, et que l'un va remporter le remporter, mais qu'il y a eu complémentarité. Qui veut répondre à la question de M. LUX ? M. RICHTER.

Pr. Burton RICHTER

C'est une question assez difficile. Il n'y a pas de méthode pour gérer le combustible usé qui permettrait de s'en servir de n'importe quelle manière, en le diffusant par exemple sur le sol et en s'en servant comme fondation pour votre maison. Ce qui est réaliste vis-à-vis de la transmutation, c'est que cela va permettre de réduire le temps où vous aurez besoin d'isoler le déchet. On va passer de centaines de milliers d'années à des milliers d'années. Il faut garder à l'esprit la question de savoir si l'on sait isoler quelque chose de l'environnement pendant des milliers d'années. Je pense que oui. Comme je vous l'indiquais tout à l'heure, les Égyptiens ont créé des pyramides pour « stocker » en quelque sorte leurs pharaons, et ils y sont bien arrivés. Nous savons faire cela, si l'on parle de quelques milliers d'années. Nous savons également stocker des déchets pour un temps géologique. Le cas de la Finlande est explicite. Dans ce domaine, la communauté scientifique serait d'accord pour dire que les méthodes mises en place sont adéquates pour des centaines de milliers d'années.

Divers points de vue existent à ce sujet. Certains pensent qu'il ne faut pas chercher à stocker de manière permanente dès aujourd'hui car on ne sait peut-être pas encore suffisamment de choses. Il faudrait peut-être un stockage temporaire, et poursuivre les recherches afin de trouver à terme des solutions pour le long terme. C'est un choix de nature politique. Je pense que le bon choix est de ranger les déchets pendant cinquante ou cent ans. On sait faire et l'on est pratiquement certain qu'on peut le faire correctement. En revanche, au bout de ce délai il faudra faire quelque chose. Il faudra donc prendre une décision, qui sera peut-être celle de faire ce que les Finlandais font aujourd'hui. À l'heure actuelle, en France, il semble que l'on préfère engager ce processus en deux étapes, avec un entreposage temporaire et en laissant la décision pour plus tard. La communauté scientifique pourrait répondre qu'elle sait stocker pendant très longtemps, mais il est vrai que si l'on attend un peu, on pourra peut-être le faire de manière plus économique.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. RICHTER. Je vais maintenant changer de côté de la salle et donner la parole à Mme SENÉ.

Mme Monique SENÉ, présidente du Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire

Je voudrais faire un bilan, car on vient de parler de transmutation. Il convient d'être clair, car cela ne concerne que peu de déchets. Par conséquent, des sites où l'on devra entreposer ou stocker seront nécessaires. Il est vrai que la transmutation peut décroître la radioactivité de quelques actinides, mais il faut faire un bilan, car pour pouvoir le faire, on fait aussi des déchets. En particulier, pour faire les cibles et diminuer la radioactivité à court et moyen termes, des manipulations sont nécessaires. Il convient donc de faire le gain et le détriment pour les travailleurs, qu'il ne faut jamais oublier. La question se pose donc de savoir si c'est une voie pertinente de recherche. Elle n'est pas à écarter, puisqu'elle a permis quelque chose. La CNE pense que pour le moment, il faut continuer les recherches. Je partagerais à peu près son analyse, mais j'aimerais qu'il y ait des exposés plus critiques vis-à-vis des savoirs et savoir peser le pour et le contre.

En ce qui concerne le laboratoire, il représente un prélude à un site. Pour le moment, il y a des simulations, des forages, et il convient de continuer les travaux. Ce n'est pas encore le moment de faire un choix car il n'y a rien de concret pour pouvoir le faire. De plus, le stockage profond séduit car on pense que l'on n'aura pas beaucoup de problèmes pour les cent premières années. Mais dans l'état actuel des choses, c'est exactement corroboré par les entreposages à longue durée. En effet, pour ce qui les concerne on estime que la pérennité du génie civil n'est pas bonne, et qu'elle n'est pas garantie. Et en ce qui concerne le profond, qu'en est-il ? Un tel ouvrage oblige à une surveillance à et concevoir éventuellement la reprise des colis, mais si l'on a la réversibilité, c'est bien pour concevoir la reprise des colis. Le génie civil d'un stockage profond sera-t-il nettement meilleur que celui d'un entreposage ? Ne rêvons pas, car l'entreposage précédera toujours le stockage profond.

Dans l'entreposage, la subsurface me paraît une solution permettant d'éviter un certain nombre de problèmes, en particulier liés au terrorisme. Mais il faut chercher le site. Faut-il concevoir des conteneurs uniquement pour l'entreposage ? À mon sens, si l'on veut éviter les ennuis, il ne vaut mieux pas. On dit toujours qu'il faudra surveiller l'entreposage pour garder la mémoire. Cela signifie-t-il que pour le stockage profond on n'aura aucune mémoire ? La mémoire, cela ne suffit pas. Il suffit de regarder la lumière du réverbère du Petit Prince. On a des consignes, mais on ne sait pas à quoi elles servent. Soyons clairs sur un point : la surveillance et la réversibilité sont intimement liées. Si l'on veut vraiment qu'un stockage soit complètement sûr, il faudra forcément le fermer. Mais il n'y a aucun antagonisme entre toutes les voies. Elles se complètent et je suis assez d'accord dans ce domaine.

En revanche, il manque dans tout ce qui a été dit une estimation réaliste de la quantité de déchets, reposant sur un plan énergétique clair et détaillé. Pour le moment, nous avons cinquante-huit réacteurs et l'on sait à peu près ce que nous avons en termes de combustible, mais si l'on a d'autres réacteurs, une autre série avec d'autres combustibles, cela va changer. À ce moment-là, le rapport de la Cour des comptes sur les problèmes de coût devient extrêmement positif et critique. Je pense qu'il faudra bien se pencher sur ce sujet. Il convient de poursuivre tous les travaux, car le problème des déchets est un énorme problème. On s'engage pour des millénaires dans un programme, et rappelez-vous que nous n'avons qu'une Terre. Attention à partir avec un avion qui n'a pas de pilote.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, Mme SENÉ. C'était plus un avis qu'une question. Encore une ou deux interventions, et je donnerai ensuite la parole à M. NAMY, président du Conseil général de la Meuse, qui fera une déclaration.

M. André MOUROT, membre du bureau du CLIS

Après cette dernière journée de travail me vient une question : quelle est l'estimation du coût des recherches sur les trois voies ? Par ailleurs, quelle est l'estimation du coût pour la réalisation des travaux sur les trois voies ?

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Quelqu'un veut-il répondre à ces questions ? M. FROIS.

M. Bernard FROIS, Directeur du département énergie, Direction de la technologie

Approximativement, le chiffre connu est de un milliard de francs par an. Ce sont donc quinze milliards de francs sur la période.

M. Christian BATAILLE

Vous avez demandé un chiffre, et l'on vous a répondu. À une question simple, nous avons eu une réponse directe. Vous pouvez recalculer cela en euros, ou en dollars.

M. le Secrétaire du Comité de groupe COGEMA

Ma première question s'adresse à Messieurs TISSOT, LACOSTE et GUILLAUMONT. M. LACOSTE dit qu'il n'est pas question de stockage de combustible irradié, et M. TISSOT nous parle de stockage de combustible utilisé en simulation de comportement. Parle-t-on de la même chose et envisage-t-on de stocker le combustible irradié ?

Ma seconde question s'adresse à M. FROIS. On dit que les scientifiques ne sont pas consultés. Je me pose la question de savoir ce que l'on fait vraiment pour que le citoyen sache que les scientifiques ont bien été consultés. J'ai l'impression qu'il existe une communauté scientifique qui est consultée et qui travaille, mais je

n'ai pas l'impression que ce soit retranscrit pour tout le monde tous les jours. N'y a-t-il pas des travaux à faire à ce niveau pour que l'on ait l'impression que le citoyen a conscience des travaux menés ?

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Vous posez le problème de l'information autour de la loi de 1991, que nous avons prévu dans la loi. Le président de la Commission nationale d'évaluation, M. TISSOT, va vous répondre, mais je voudrais préciser que c'est une commission constituée d'experts pluralistes, français et étrangers, qui a régulièrement fait un rapport, chaque année, sur l'évolution des recherches, qui le rend public et qui le reproduit à un nombre d'exemplaires certes limité, mais qui fait largement connaître ses conclusions par les médias. J'admets que tout cela n'est pas parfait, mais c'est une manière de tenir l'opinion au courant qui est très supérieure à ce qui se faisait avant. Il faut considérer que les questions scientifiques que vous soulevez suscitent un intérêt de l'opinion qui est limité, et qui n'est pas égal à celui pour des questions plus « populaires », pour ne pas dire plus « populistes ». M. TISSOT, je vous laisse répondre à la question.

M. Bernard TISSOT, Président de la CNE

En effet, tous les ans, nous présentons notre rapport aux divers ministères concernés et aux membres de l'Office parlementaire. Les membres du Parlement nous ont donné leur accord pour que dès le lendemain de la présentation à l'Office parlementaire, notre rapport soit public. On ne le tire qu'à cent exemplaires mais on l'envoie à tous ceux qui en font la demande. Par ailleurs, il figure sur deux sites Internet : sur un site propre et sur le site de La Documentation française, dont la consultation est souvent un peu « lourde », mais le site propre est plus facile à manipuler.

Pourquoi nous sommes-nous préoccupés de tous les types de déchets, y compris les combustibles irradiés ? Le rôle des scientifiques n'est pas de donner la stratégie qui sera appliquée et de dire que la totalité ou les trois quarts des combustibles irradiés sera retraitée. Nous devons fournir une expertise sur toutes les fractions qui existent ou qui peuvent exister, de manière que lorsque les industriels ou le législateur prennent des décisions, ils sachent ce que cela implique. Ce n'est pas à nous de dire que l'on va retraiter les trois quarts ou les quatre quarts. Ce n'est pas du tout notre travail.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

M. FROIS, pour un complément de réponse.

M. Bernard FROIS, Directeur du département, Direction de la technologie

Je voulais ajouter que nous comprenons très bien que les scientifiques n'ont peut-être pas été suffisamment explicites sur le fait qu'ils travaillent sur la question. Il me semble qu'il existe une explication simple à cela. Jusqu'à présent, c'était très technique, mais les opinions sont désormais un peu plus claires à exprimer. Notre rapport a toujours été sur Internet, sur le site du ministère de la Recherche. Nous sommes conscients qu'il existe un problème dans ce domaine, et au point de vue de la communication, à l'occasion du colloque sur les déchets, nous tâcherons de faire des documents suffisamment simples, qui permettront de renvoyer à d'autres sites Internet, et nous essaierons de partager cela avec tous les acteurs. Il s'agit de faire en sorte que quelqu'un qui se branche sur un site EDF, ANDRA, COGEMA ou Framatome puisse trouver les mêmes informations et qu'on le renvoie au site adéquat. Un travail est à faire dans ce domaine, et nous le ferons.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Je vais encore prendre une ou deux interventions, puis je donnerai la parole à M. NAMY.

M. Claude COLLIN, Nature Haute-Marne

M. TISSOT signalait dans le septième rapport qu'un entreposage à flanc de colline représentait un idéal. Aujourd'hui, il n'en parle plus, et évoque la subsurface, qui serait en site un peu géologique, à cinquante mètres. Dans un autre document, il parle de problèmes géologiques, hydrogéologiques, pour écarter l'entreposage. Concernant les combustibles usés, j'ai posé la question ce matin. La CNE prend elle aussi en compte la gestion des combustibles usés, ce qui met en porte à faux Christian BATAILLE, qui a signalé ce matin qu'il n'était pas question de les enfouir, ou de les mettre en stockage.

De manière plus générale, nous, qui représentons la société civile, nous avons du mal à faire la part du vrai et de l'approximatif. Je citerai encore le problème que j'ai soulevé la semaine dernière sur l'EDZ, concernant la fracturation de la roche au creusement. M. JACQ m'avait répondu que la fracturation ou fissuration se faisait sur un mètre autour du diamètre du puits. Qu'en est-il vraiment ?

De plus, pour finir, contrairement à une idée largement répandue, nous n'avons pas au CLIS (je ne parle pas en son nom, mais j'y siège) tous les documents de l'ANDRA et nous n'avons pas ses résultats. Aujourd'hui, le seul élément dont je dispose pour analyser correctement les résultats est l'étude environnementale, que je consulte tous les ans, et sur laquelle je peux faire toutes les remarques que je souhaite. Pour le reste, en ce qui concerne en particulier les derniers forages qui ont eu lieu en 2003, on s'en est expliqué avec M. JACQ, mais le CLIS n'a pas encore les résultats. L'ANDRA dit qu'on a bien recoupé toutes les données que l'on imaginait, et que le rapport va venir. J'ai bien entendu que le CLIS a été informé de ce rapport, qu'il aurait dû en discuter à la dernière réunion, voici un mois, mais ces résultats sont terminés depuis plus d'un an. L'ANDRA signale dans ses revues qu'ils sont positifs, mais le CLIS n'en a pas eu le retour.

Je termine en demandant à la CNE, qui préconise d'ici 2006 une étude des aspects sociétaux de la gestion des déchets nucléaires, où en est cette étude. Où en est par ailleurs l'étude épidémiologique sur les populations, puisqu'il y aura tout de même des retombées éventuelles, même à longue échéance, sur la santé publique ? Merci.

M. Roland CORRIER, Conseiller général de la Meuse

Ayant assisté aux trois auditions, je reviendrai sur une question de l'axe 1 concernant la séparation et la transmutation. De quelle façon pourriez-vous reprendre tout le passif, c'est-à-dire tous les déchets depuis quinze, vingt ou trente ans, qui sont stockés de différentes façons ? S'il existe aujourd'hui une standardisation dans le conteneurage, ce n'était pas le cas dans le passé. Pourra-t-on demain, si la transmutation et la séparation peuvent avancer au rythme de l'industrialisation, reprendre ce qui existe déjà et qui est stocké ?

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Très brièvement, il est clair que le Parlement va se pencher sur cette question l'an prochain et nous n'avons pas ici toutes les réponses. Mais pour ce qui est du principe, nous allons faire en sorte que la nation assume tous les déchets qui ont été produits depuis l'origine. Il ne s'agit pas de considérer que cela ne concerne que les déchets produits à partir de maintenant ou à partir d'une certaine date. Il s'agit de tous les déchets existants et de tous ceux qui vont être produits dans les années qui viennent par les cinquante-huit tranches de centrales qui, à ma connaissance, vont encore continuer à tourner pendant un certain temps.

Je vais donner la parole à M. TISSOT, qui a été sollicité, ainsi qu'à M. JACQ, pour la même raison, puis à M. LACOSTE, et enfin à M. NAMY.

M. Bernard TISSOT, Président de la CNE

La première chose à dire, pour répondre aux questions qui ont été posées est que, heureusement, ces recherches menées pendant ces années ont produit des résultats. Il ne faut donc pas s'étonner si nous avons écrit quelque chose voici quatre ans, en signalant qu'il restait encore des zones d'ombre importantes, et que depuis, ces zones d'ombres ont beaucoup diminué. Si vous prenez le thème de la semaine dernière, il n'y a pas de doute que la campagne de forage, de carottage et d'enregistrement géophysique, de diagrapie dans les puits, a apporté une somme de résultats nouveaux comme nous n'en avons jamais eu jusqu'ici. Nous serions vraiment incompetents, ou superficiels, si nous n'avions pas étudié cela avec le plus grand soin. Je vous assure que nous avons examiné toutes les carottes et toutes les diagrapies. C'est un élément nouveau de première importance. C'est la même chose, heureusement, dans d'autres domaines.

Vous envisagiez le problème de l'eau. Les analyses faites sur l'eau montrent que l'eau qui est au-dessus, dans les calcaires du Barrois, si mes souvenirs sont exacts, et celle qui est au-dessous, dans le jurassique moyen, sont très différentes de l'eau que l'on peut extraire, par des moyens extrêmes, en réduisant la roche en « bouillie » et en tirant sur elle au maximum, de très petites quantités d'eau. On s'aperçoit qu'elles ont une composition isotopique différente et qu'elles n'ont pas le même âge que les eaux qui peuvent circuler dans les aquifères au-dessus et en dessous. C'est plutôt un élément engageant. Cela signifie qu'il n'y a pas beaucoup d'eau dans le Callovo-Oxfordien, la preuve étant qu'il n'y en a pas dans la niche qui a été faite, et j'espère que ce sera pareil dans les galeries plus tard. Par ailleurs, l'eau qui est liée dans la formation a une origine et un âge différents de l'eau qui circule dans les aquifères, en dessous et au-dessus. Ce sont des éléments récents. Je regrette que Jean-Claude DUPLESSY soit absent aujourd'hui, car il est expert dans le domaine et il vous répondrait que c'est un résultat très important.

M. François JACQ, Directeur général de l'ANDRA

Je répondrai aux questions de M. COLLIN sur deux éléments. Sur la zone endommagée, je confirme ce que j'ai dit la dernière fois. La zone endommagée a une extension de l'ordre d'un tiers du rayon de l'ouvrage. Le puits faisant six mètres de diamètre, cela donne un rayon de trois mètres ; un tiers de ce rayon, cela fait à peu près un mètre. Vous avez pu trouver dans d'autres documents que pour des ouvrages de plus grande dimension, qui seraient de douze ou dix-huit mètres, si vous prenez le tiers, vous tombez sur une extension plus forte. J'avais dit un mètre pour donner une illustration par rapport à la taille du puits. J'avais surtout souligné qu'en tout état de cause, on ne constatait pas dans cette zone une dégradation significative des propriétés de l'argile, et que c'était modeste par rapport à la puissance de la formation, qui est de 140 m.

Sur le fait qu'on n'a pas de résultats, je déplore comme vous que Jack-Pierre PIGUET, directeur du laboratoire, ait préparé à quatre reprises un exposé sur le sujet et que jamais il n'ait pu le faire. Je le déplore comme vous, mais je ne suis pas maître de l'ordre du jour. Je vous invite, quand vous voulez, pour vous faire un exposé personnel sur le sujet, avec Jack-Pierre PIGUET, avec les géologues, et pour vous montrer ce qui s'est fait pendant la campagne de forage. Je suis à votre disposition. Jack-Pierre PIGUET m'en a encore parlé la dernière fois qu'on lui a une fois de plus demandé de venir présenter son exposé, et que cela a été encore une fois de plus annulé au dernier moment. Il fait ce qu'il peut. J'ajoute qu'en plus des résultats, un grand congrès scientifique se tiendra à Tours, auquel je vous invite cordialement car toutes les présentations y seront faites et seront fournis un certain nombre de textes co écrits avec nos partenaires scientifiques étrangers. Tout ce qui a été publié à Reims est public. Nous sommes dans la dynamique scientifique selon laquelle tous les résultats sont publiés, dans des articles, dans des revues, au meilleur niveau. Une fois encore, je le déplore comme vous, et nous sommes à votre disposition, quand vous le souhaitez.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. JACQ. M. LACOSTE.

Reprise des présentations

M. André-Claude LACOSTE, Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Je voudrais revenir sur des présentations, discussions et des réflexions qui ont eu lieu au cours des trois jours d'audition organisés par l'Office, pour vous dire mon sentiment, qui est très proche de celui exprimé par Monique SENÉ.

Sur le premier point concernant l'axe 1, séparation poussée et transmutation, je retiens qu'il y a eu des avancées scientifiques tout à fait considérables et reconnues au plan international. Je retiens un deuxième point, qui est que l'on ne peut pas envisager de mise en œuvre industrielle de cette phase avant 2040 ou 2050, en étant optimiste. Enfin, le troisième point est que même si cet axe est mis en œuvre, il produira de toute façon des déchets, qui eux-mêmes nécessiteront des entreposages ou des stockages. Ce n'est pas une raison pour ne pas continuer la recherche sur cet axe, mais il convient de ne pas en faire une panacée, d'autant plus à court terme.

Sur l'axe 3, conditionnement et entreposage de longue durée, mon premier sentiment est que l'entreposage est une phase incontournable avant une solution définitive. Néanmoins, un entreposage n'est pas une solution définitive en soi. Par conséquent, à partir du moment où l'on construit l'entreposage, il faut avoir une idée de la façon dont ce que l'on entrepose sortira de l'entreposage. Cela signifie que tout ce qui est colis, conteneur, et conteneurisation, doit être conçu de façon à permettre le transport et éventuellement le stockage.

En ce qui concerne l'axe 2, je retiendrai quatre points. Le premier est que de nombreux éléments ont été acquis depuis quinze ans et les progrès sont frappants. Comme l'ont montré les auditions, le stockage en couches géologiques profondes est une solution de référence dans de nombreux pays, et c'est la solution retenue. Cela a été très clair aujourd'hui.

Le point suivant est posé sous la forme de question, et je l'envisage d'une façon générale : quel est le processus de décision de la création éventuelle d'un stockage en France ? Quelle est la part du Parlement ? Quelle est celle du Gouvernement ? Le Parlement pourrait-il prendre une décision de principe et confier au Gouvernement la décision pratique et exécutive ? C'est une question que je pose en tant que telle.

Ma dernière question, je l'avais déjà posée : quid de la réversibilité ? Je pense que la réversibilité est un sujet tout à fait fondamental, mais il ne faut pas le poser en termes absolus (réversible ou irréversible). Il faut se rendre compte que la réversibilité est un processus qui renvoie à des étapes. Je prends simplement quelques exemples d'étapes de réversibilité ou de non-réversibilité. Supposons qu'il soit décidé en France de construire un stockage. Une première décision à prendre est celle de l'utilisation de ce stockage. Si l'on suppose que l'on décide d'utiliser ce stockage, une deuxième décision à prendre, une fois qu'il est plein, concerne sa fermeture. Si le stockage a été conçu pour être réversible pendant trois cents ans, doit-on le fermer au bout de trois cents ans ou décidera-t-on de le fermer avant cette date ? À partir du moment où l'on a l'idée d'un processus étagé de ce type, cela permet d'avoir des discussions qui sont beaucoup plus opératoires et moins philosophiques qu'une décision seulement en termes de totalement réversible ou totalement irréversible. Ce sont des questions que je pose, et ce sera à chacun dans son domaine de responsabilité, au Gouvernement d'un côté et au Parlement de l'autre, de prendre parti sur ces questions. Voilà ce que je souhaitais dire, M. le Président, à ce stade de la discussion.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. LACOSTE, d'avoir recalé et remis les choses en perspective. Je donne maintenant la parole à M. le Président du Conseil général de la Meuse, M. NAMY.

M. Christian NAMY, Président du Conseil général de la Meuse

Merci, M. le Président. Si vous le permettez, ma déclaration sera plus politique que technique, ce dont je m'excuse d'avance. Vous comprendrez que le laboratoire de Bure étant sur le département que j'ai le plaisir de représenter aujourd'hui avec un certain nombre de mes collègues, notre sensibilité à ce sujet est sans doute un peu plus « terre à terre » que la vôtre, puisque nous sommes sur le terrain tous les jours. M. BATAILLE, je vous ai écouté en 1993, lorsque l'Assemblée départementale a voté le principe d'accepter le laboratoire de Bure sur son territoire, et merci d'avance, puisque vous avez accepté de venir le 1^{er} mars à nouveau devant mes collègues pour resituer le projet et le problème entre nous, et d'en discuter très librement. Pendant ces trois jours de travail, le Conseil général a été représenté par une délégation diverse dans sa composition politique, qui m'a fait part de plusieurs éléments.

Sur l'axe 1, on constate les progrès considérables réalisés dans les domaines de la séparation poussée et de la transmutation. On peut donc retenir que cet axe n'est pas le « parent pauvre » de ce dispositif, mais qu'au contraire, les investissements lourds qui ont été engagés depuis le début de l'application de la loi portent des résultats prometteurs. En ce qui concerne la transmutation, les progrès sont notables. Cependant, les échelles sur lesquelles se déroulent les expérimentations en la matière restent encore très éloignées de l'échelle industrielle visée. L'axe 1 relève donc d'un travail de recherche très pointu. Réalisé à l'échelle du laboratoire pour ce qui concerne la transmutation, cet axe est considéré comme un atout indispensable pour la gestion future des déchets radioactifs, indispensable également pour une bonne acceptation du public. Je rejoins en cela les propos de M. LACOSTE, en signalant qu'il est complémentaire des deux axes de recherche.

En ce qui concerne l'axe 2, le principe du stockage en couches géologiques profondes fait apparemment l'objet d'un consensus scientifique, politique et technique international. Du point de vue général, il ressort des débats que la notion et la décision de réversibilité ou d'irréversibilité d'un stockage profond relèvent de la subsidiarité de chaque pays concerné. Par ailleurs, le choix de la réversibilité ou de l'irréversibilité d'un stockage profond n'est pas un choix dicté par l'objectif de sûreté, mais relève d'un débat sociétal, posé par la gestion définitive des déchets hautement radioactifs et à vie longue. Cela étant, la France dispose d'un laboratoire souterrain en cours de creusement, et l'ANDRA prévoit de remettre un premier rapport vers mi-2005 et un second à la fin de la même année. Cependant, ce laboratoire n'est pas achevé et les recherches doivent continuer au-delà de l'échéance 2006. Il semble même, au travers des propos que j'ai pu entendre, que les autorités politiques, industrielles et de sûreté se rangent sur cette analyse.

En ce qui concerne l'axe 3, l'audition de ce jour sur la recherche menée sur l'entreposage et les possibilités de conditionnement des déchets permet de constater la possibilité d'utiliser, en matière de conteneurs, des matériaux dont la durée de vie estimée par les chercheurs tourne autour de cent mille ans à trois cent mille ans selon les matériaux utilisés. Il est de la première importance que les élus aient accès à des données et à des informations qui sont primordiales pour leurs propres processus de décision qu'ils sont amenés à mettre en œuvre. Notre souhait d'élus responsables envers les populations concernées par une proximité physique du laboratoire de Bure serait de pouvoir transmettre aux Meusiens vos certitudes et des faits irréfutables et incontestables sur lesquels reposeraient des décisions engageant la responsabilité de la science et des pouvoirs publics pour des centaines d'années. Nous n'en sommes semble-t-il pas à ce stade aujourd'hui, et ces trois journées ont montré que l'expérimentation doit se poursuivre sur différents axes de recherche. C'est aussi notre souhait, mais nous ne le fondons pas uniquement sur une démarche scientifique inaboutie ou incomplète. Nous fondons aussi notre volonté sur le respect du pacte moral qui a lié la décision des élus du Conseil général de la Meuse à l'application stricte des dispositions de la loi dite Bataille.

À nos yeux, tout manquement dans ce domaine qui ne soit pas fondé et étayé par des arguments incontestables mettrait gravement en cause la transparence de l'ensemble de la démarche et compromettrait pour longtemps la possibilité d'appliquer les décisions issues de la phase d'expérimentation. Cette défaillance libérerait de fait notre Assemblée de ses engagements passés. C'est pourquoi nous insistons et confirmons notre exigence sur le respect des dispositions de la loi de 1991. Nous sommes prêts à poursuivre dans la voie

de la responsabilité et de la solidarité nationale, qui a inspiré voici quelques années notre acceptation du laboratoire de Bure. Nous sommes aussi conscients de l'affrontement qui se prépare entre l'importance des intérêts économiques et stratégiques et la puissance des peurs et des réactions que suscitent les déchets nucléaires. Le temps et la transparence sont indispensables pour que puisse se forger une compréhension commune des différents enjeux des décisions qui restent à prendre. Notre département ne se résoudra pas à subir ces décisions, et c'est pourquoi il s'associera le mieux possible aux différentes phases du débat public qui accompagnera le travail parlementaire sur l'après loi Bataille.

La saisine de la Commission nationale du débat public par le ministre de l'Industrie est une initiative heureuse que nous appelions depuis longtemps de nos vœux. Il est nécessaire que ces missions se mettent en place au plus vite. Nous sommes également prêts à réfléchir sur les évolutions des conditions et des modalités d'accompagnement économique de l'expérimentation. Elle constitue en effet aussi une part importante de la responsabilité que doit assumer la filière électronucléaire. Celle-ci doit désormais considérer des éventuels sites de conservation des déchets comme appartenant à part entière au processus global de production d'énergie, et leur appliquer les avantages et contreparties liés à ce statut. Nous allons prochainement débattre de ces sujets au sein de notre Assemblée départementale, et c'est d'ailleurs pourquoi j'aurai le plaisir de vous accueillir le 1^{er} mars, M. BATAILLE. Je voudrais vous en remercier et vous dire que je reste avec mes collègues profondément à l'écoute de ce que vous faites et des décisions qui seront prises.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Les Parlementaires sont eux aussi à l'écoute de la pensée du Conseil général que vous venez d'exprimer. Je vous en remercie.

Après une pause, nous allons reprendre cette séance avec l'intervention de M. Alain BUGAT, administrateur général du CEA, qui va tracer le bilan et les perspectives des recherches conduites par le CEA en application de la loi du 30 décembre 1991. M. BUGAT, vous avez la parole.

M. Alain BUGAT, administrateur général du CEA : Bilan et perspectives des recherches conduites par le CEA en application de la loi du 30 décembre 1991

Merci, M. le Président. Que ressort-il au terme des quinze ans de recherche, comme résultats majeurs et scénarios de gestion envisageables pour aujourd'hui et pour le futur ? Des travaux de recherche et développement sur la gestion des déchets à vie longue existaient avant la loi, mais celle-ci a donné un formidable coup d'accélérateur à la recherche dans le domaine de la chimie des actinides et fait de la France, dans la continuité des options prises sur le cycle fermé, l'acteur le plus avancé sur ce sujet au niveau international. Des connaissances majeures ont également été acquises dans le domaine du comportement à long terme des matériaux radioactifs et du confinement. Ces connaissances seront utiles dans la perspective du stockage géologique comme dans celle de l'entreposage. Les acquis ont été possibles grâce à l'engagement des différents acteurs français de la recherche et aux partenariats entre le CNRS, le CEA, l'ANDRA, les universités et les laboratoires associés aux plans européen et international, qui ont entretenu au long de ces quinze ans un dialogue fructueux, voire des controverses, et examiné la faisabilité et l'intérêt des voies les plus diverses. C'est ce que je vais essayer de vous résumer. Enfin, n'oublions pas que la recherche et développement menée aux côtés des industriels a déjà permis de diminuer d'un facteur dix le volume des déchets de moyenne activité à vie longue.

Pour résumer les résultats acquis et les perspectives, je les décomposerai en deux : les déchets existants et engagés et les déchets futurs.

Les déchets existants et engagés (apport des recherches de l'axe 3)

L'option d'entreposage de longue durée des combustibles usés a été étudiée de façon approfondie. Les principales conclusions sont les suivantes :

- les combustibles usés peuvent être entreposés sous eau pendant plusieurs dizaines d'années ;
- si la durée d'entreposage doit être plus longue, ces combustibles doivent être entreposés à sec dans des conteneurs adaptés ;
- des démonstrateurs de ces conteneurs ont été développés en coopération entre le CEA, EDF et l'ANDRA. Ils sont actuellement l'objet de tests de qualification au CECER à Marcoule. Des concepts d'installations d'entreposage, en surface ou en subsurface de ces conteneurs de combustibles usés ont été développés selon une approche permettant la reprise et le traitement ultérieur, ou le stockage géologique, si l'on renonçait à traiter ces combustibles à la fin de la période d'entreposage.

Des concepts d'installations d'entreposage, en surface ou en subsurface, conçues dès le départ pour des durées longues (supérieures à cent ans) ont également été étudiés pour les déchets haute activité et moyenne activité à vie longue. Les déchets de moyenne activité à vie longue seraient placés dans des conteneurs d'entreposage communs avec les conteneurs de stockage étudiés avec l'ANDRA. Ces conteneurs ont été qualifiés. Il n'y a pas de problèmes techniques majeurs pour assurer, dans de telles installations, l'entreposage des déchets sur des durées séculaires.

La possibilité d'entreposer de façon sûre et robuste les matières radioactives sur une durée séculaire (déchets ultimes en attente de stockage ou l'entreposage temporaire de combustibles usés en attente de recyclage) est donc acquise et apporte un élément utile de flexibilité dans la mise en œuvre des stratégies de gestion de l'aval du cycle. Mais, à la demande notamment de la Commission nationale d'évaluation, le CEA a étudié une option dite de « séparation conditionnement », alternative à la séparation-transmutation, qui consisterait à séparer certains éléments radiotoxiques à long terme et à les conditionner dans des matériaux spécifiques très résistants à long terme, au lieu de les vitrifier avec les autres déchets. Les conclusions de l'étude indiquent notamment que :

- pour les actinides mineurs, dont je rappelle que ce sont les éléments les plus radiotoxiques sur des durées longues, il n'y a pas d'intérêt avéré à envisager un conditionnement spécifique dans les matériaux élaborés au niveau du laboratoire. Les écarts de performance identifiés en laboratoire ne sont pas jugés apporter une amélioration suffisante vis-à-vis du colis final par rapport aux verres actuels ;
- cette approche a aussi été étudiée pour les produits de fission à vie longue ayant des propriétés chimiques les rendant potentiellement plus mobiles dans l'environnement, après dégradation à long terme de leur conditionnement. Des matériaux et procédés de conditionnement spécifiques, ayant des caractéristiques potentielles d'altérabilité encore plus réduites que les verres actuels et donc très lentes à l'échelle de plusieurs millions d'années, ont été étudiés et obtenus dans ce cadre pour des espèces particulières (iode et césium et sont en cours pour le technétium). Il convient de souligner la complexité d'une telle gestion spécifique, qui induit des risques radiologiques dans la manipulation, des coûts et des déchets supplémentaires, pour un gain qui reste à démontrer par rapport aux performances des verres.

La possibilité de récupérer les actinides mineurs dans les déchets vitrifiés déjà produits a fait l'objet d'études, qui montrent qu'une telle opération n'est pas techniquement impossible, mais qu'elle serait extrêmement complexe et génératrice de déchets secondaires importants. De façon similaire, il a été étudié, à la demande de la Commission nationale d'évaluation, la possibilité de différer la vitrification des déchets de haute activité à vie longue, et de les entreposer, dans la perspective de mettre en œuvre la récupération des actinides mineurs. L'étude a montré qu'une telle opération était au moins aussi complexe que la récupération des actinides mineurs dans les déchets vitrifiés déjà produits.

Conclusion sur ce point :

- les déchets existants et engagés sont ultimes en l'état actuel des technologies ou des procédés ;
- ils bénéficient d'une gestion industrielle sûre et maîtrisée, fruit de nombreuses années de recherche : en particulier, ils sont bien caractérisés, avec une réduction importante des volumes et de l'activité

produits dans les usines de traitement, il existe des procédés de conditionnement adaptés à chaque type de déchets, des conteneurs primaires définis pour tous les types de déchets et les combustibles usés, et le comportement à long terme des colis de déchets est connu pour les démonstrations de sûreté des concepts actuels de stockage.

Les déchets futurs

Des améliorations sont possibles avec les résultats des recherches de l'axe 1. Pour ce qui concerne l'objectif de réduire la fraction (quantité et qualité, et donc la radiotoxicité) des déchets ultimes, il est possible de perfectionner le procédé de traitement du combustible usé en séparant et en récupérant non seulement l'uranium et le plutonium, mais aussi les actinides mineurs. Ceci induit encore une réduction très significative de la radiotoxicité et de la thermique séculaire des déchets ultimes qui sont alors essentiellement constitués des produits de fission. Cette réduction, qui pourrait avoir un bilan économique favorable en réduisant l'espace nécessaire au stockage, n'évite cependant pas le besoin d'une gestion à long terme de ces déchets. Il faut rappeler que la faisabilité de la séparation poussée n'apparaissait pas facilement accessible lors de l'engagement des recherches. C'est une nouvelle chimie de la séparation qu'il a fallu développer, en concevant, synthétisant et testant une centaine de nouvelles molécules très sélectives. Ceci a finalement permis de retenir un procédé de séparation poussée, dont la faisabilité a été démontrée à l'échelle du laboratoire. Je rappelle que les performances de séparation sont très bonnes (environ 99,9 % de récupération des actinides mineurs en laboratoire).

Le recyclage/transmutation de tous les actinides est possible dans les réacteurs à neutrons rapides qui permettent notamment de maximiser les réactions de fission des noyaux d'actinides, et donc de consommer et de détruire l'ensemble de ces éléments, en produisant de l'énergie. Dans les réacteurs à eau, la vitesse des neutrons est trop faible pour réaliser cet objectif sur l'ensemble des actinides mineurs.

Des résultats ont déjà été acquis avec les réacteurs à neutrons rapides Super-Phénix et Phénix : démonstration de la conversion de l'uranium en plutonium, de la consommation du plutonium et vérification des rendements de transmutation des actinides mineurs. En parallèle, des études de conception ont été menées pour définir de nouveaux types de combustibles qui seraient adaptés à la transmutation, et concevoir des cibles d'actinides mineurs sous une forme concentrée. À la suite de la décision de l'arrêt de Super-Phénix en 1998, ce programme, initialement prévu dans le réacteur Super-Phénix selon les recommandations des rapports CASTAING et CURIEN, a été redéployé, après une rénovation lourde, sur le réacteur Phénix, qui va s'arrêter après fin 2008.

Une autre voie pour la transmutation a aussi été étudiée : la transmutation des actinides mineurs dans les systèmes dédiés ADS. Pour la première fois dans le monde, les principaux composants d'un ADS ont été assemblés avec succès pour des études neutroniques de très faible puissance dans le réacteur expérimental MASURCA de Cadarache, au cours de l'expérience MUSE conduite par le CEA et le CNRS. Le programme TRADE, étape suivante, était une coopération avec l'ENEA sur le réacteur TRIGA de Rome prévoyait de démontrer expérimentalement la possibilité de contrôler le comportement en régime statique et dynamique d'un ADS de puissance. Malheureusement, l'ENEA semble avoir renoncé à réaliser ce projet, pour des raisons que nous ne comprenons que partiellement, ce qui nous conduit à rechercher un nouveau partenariat.

Enfin, les études d'ingénierie menées au niveau européen (projet PDS-XADS) ont confirmé l'absence de points rédhibitoires quant à la faisabilité de principe du système ADS pour des puissances de l'ordre de 100 MWth.

En conclusion sur ce point, les possibilités de séparer et de transmuter les éléments radioactifs à vie longue ont été étudiées de façon approfondie. Ces études indiquent :

- que la séparation poussée peut être envisagée au niveau industriel, au terme d'études complémentaires de développement ;

- que la transmutation de l'ensemble des actinides est envisageable dans les réacteurs à neutrons rapides, lorsque ceux-ci seront disponibles ;
- que les réacteurs à eau légère peuvent recycler le plutonium, éventuellement plusieurs fois. En revanche, le multi-recyclage des actinides mineurs dans les REP est peu réaliste. Leur utilisation en recyclage de certains actinides ne pourrait donc être qu'une étape transitoire, pour limiter le contenu des déchets ultimes ou profiter d'une ressource énergétique dans l'attente des réacteurs rapides ;
- en dernier lieu, ces études montrent que la transmutation des produits de fission à vie longue est difficilement envisageable, voire impossible. Rappelons que ces éléments contribuent très faiblement à l'inventaire radiotoxique au-delà de quelques centaines d'années.

Quelles sont les perspectives ouvertes par ces recherches ? Les quinze ans de recherche ouvrent la voie à plusieurs solutions qui peuvent s'articuler de façon complémentaire et se décliner dans la durée. Ces solutions ont été élaborées et évaluées scientifiquement par des experts. Elles sont mises à disposition de la collectivité, de ses représentants et des industriels, qui pourront statuer sur les voies de gestion les plus appropriées en fonction des critères multiples, politiques, économiques, et pas seulement techniques. Certaines solutions pourraient être mises en œuvre avec des technologies et procédés aujourd'hui à maturité, ce qui est le cas du stockage géologique et de l'entreposage de longue durée. D'autres, comme la transmutation des actinides, appellent des avancées technologiques sur les systèmes de production du futur, ou sur des systèmes dédiés ADS, dont la démonstration technique est encore à établir.

De manière synthétique, on peut résumer ainsi les travaux à réaliser après 2006 :

- pour la séparation des actinides mineurs, il faut achever les recherches sur le procédé de séparation groupée des actinides avec le plutonium, qui donne une résistance à la prolifération, ce qui a été signalé lors de la première journée,. Il faudrait également, si le choix est fait, passer à l'étape de pilote industriel pour dimensionner et optimiser les procédés ;
- sur la transmutation, il nous faut poursuivre les études en cours sur les réacteurs à neutrons rapides, après l'arrêt de Phénix fin 2008, en partenariat avec les pays qui possèdent des réacteurs à neutrons rapides (Japon et Russie), analyser les résultats et préparer la démonstration du recyclage intégral des actinides. Pour les ADS, nous sommes au stade où il faut démontrer expérimentalement la possibilité de contrôler le comportement statique et dynamique d'un ADS de puissance avec le contrôle de la réactivité et les mesures associées, et faire la preuve de la faisabilité technique des différents composants de l'ADS (projet EUROTRANS) ;
- pour le traitement et le conditionnement des déchets, il faut progresser sur des procédés nouveaux, sachant qu'il existe des procédés satisfaisants aujourd'hui ;
- sur le comportement à long terme des colis, il faut progresser sur les modèles et réduire les marges d'incertitude.

En 2006, le CEA considère que les pouvoirs publics disposeront de résultats scientifiques robustes pour élaborer un processus de gestion à long terme des déchets à vie longue en fonction des contraintes et objectifs assignés à la politique énergétique nationale. D'autres critères, économiques et sociétaux, seront considérés dans ces choix, et il appartiendra au Parlement d'en délibérer.

En parallèle, et pour terminer, deux éléments semblent essentiels pour accompagner à l'avenir cette démarche de progrès continu engagée avec la loi de 1991 :

- la poursuite de programmes de recherche dans les voies les plus prometteuses sur les systèmes de production (recherche et développement sur les réacteurs de quatrième génération, programme Génération IV, qui rassemble dix pays et la Commission européenne) ;
- il semble important de clarifier les responsabilités de la gestion à long terme des déchets ultimes.

Je vous remercie.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. BUGAT, de ce tour d'horizon très complet, que vous avez fait dans un délai bien « ramassé ». Je vais maintenant donner la parole à M. Pierre GADONNEIX, président d'Électricité de France, qui va nous présenter le point de vue d'EDF. M. le Président, vous avez la parole.

M. Pierre GADONNEIX, président d'Électricité de France : La vision d'EDF pour l'aval du cycle du combustible nucléaire

Merci, M. le Président. Mesdames, Messieurs les Parlementaires, Mesdames et Messieurs. Je voudrais tout d'abord féliciter et remercier l'Office parlementaire d'avoir organisé ces trois jours de débat de haute tenue, à un moment opportun, c'est-à-dire à un an de l'examen par le Parlement des trois solutions mises à l'étude dans le cadre de la loi Bataille de 1991. Nous avons en effet besoin de tels débats dans notre pays. En effet, la question des déchets nucléaires est une question très complexe, dans laquelle l'avis des spécialistes est requis, et qui pourtant intéresse tout le monde. Il entre bien dans le rôle des institutions démocratiques de construire des passerelles entre les spécialistes et la population.

Comme vous l'avez indiqué, M. le Président, mon intervention se situe dans cette troisième journée consacrée à l'entreposage. J'imagine que vous n'attendez pas de ma part un exposé d'expert sur cette question particulière et que, me demandant en tant que P.-D.G. d'EDF-SA de m'exprimer devant vous, vous attendez un propos marquant plutôt la vision globale de l'électricien EDF. Mon propos sera donc de rappeler l'intérêt que représente la filière nucléaire à nos yeux, puis d'en venir à notre politique d'aval du cycle, et enfin à la manière dont nous assumons nos responsabilités sur les déchets ultimes.

Pour nous, mais pas seulement, le nucléaire est une solution responsable à l'égard de nombreux enjeux énergétiques. Je voudrais en effet rappeler que la question des déchets nucléaires ne peut et ne doit être déconnectée de la question plus large des choix énergétiques, et que l'industrie électronucléaire ne peut pas et ne doit pas se réduire auprès de l'opinion publique à la seule production de déchets. L'énergie nucléaire produit d'abord, et surtout, des kWh. En 2004, les cinquante-huit centrales françaises ont produit 427 milliards de kWh, soit 1,5 % de plus qu'en 2003. La question est donc de savoir comment fabriquer ces kWh dans une civilisation où l'électricité est devenue l'énergie indispensable à la vie sociale, économique et culturelle.

Quels sont les enjeux ? Le premier enjeu est celui de fournir de l'électricité en grande quantité et sans interruption, car l'électricité ne se stocke pas. Un deuxième enjeu est de sécuriser les ressources et d'éviter de dépendre totalement des importations. Un troisième enjeu, lié au précédent, est d'échapper (cela prend un relief particulier dans la conjoncture actuelle) à de trop fortes fluctuations de prix, comme celles qui ont affecté le marché de l'énergie en 2004. Un dernier enjeu est d'éviter et de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Face à ces enjeux, l'heure des choix arrive en Europe. Après une période récente de relative abondance, ou plutôt de perception de relative abondance (car elle n'a pas existé mais a été perçue comme telle) les pays européens doivent répondre à une croissance soutenue de la demande, qui a dépassé 2 % en 2004 en France. De plus, les pays européens doivent remédier à l'obsolescence progressive d'une partie de leurs moyens de production et à une obsolescence accélérée par les nouvelles réglementations et exigences en matière environnementale. Une étude récente de l'AIE estimait le besoin de renouvellement du parc énergétique et d'électricité en Europe d'ici 2030 à 250 GW, soit un peu plus de quatre fois le parc thermique français actuel.

Nous avons besoin de compter sur toutes les gammes des énergies. Aucune n'est de trop, mais il est évident que le nucléaire est une base indispensable à un bouquet énergétique équilibré. C'est la raison pour laquelle le Gouvernement, puis EDF et moi-même, avons décidé de lancer la construction d'une « tête de série EPR » par EDF à Flamanville et de saisir au cours de l'automne dernier la Commission nationale du débat public sur ce projet. Parallèlement, comme vous l'avez noté, la Finlande a pris une décision similaire, près d'un an avant,

en décembre 2003. Dans ce contexte, la question des déchets n'en est que plus actuelle et importante. Plus exactement, comme cela a été rappelé, c'est la question des déchets à haute activité et à vie longue qui nous rassemble ici, au cours de ces trois jours. J'en viens donc à notre politique sur l'aval du cycle.

En tant que producteurs, nous sommes particulièrement attentifs à mener une gestion industrielle des combustibles usés, sortant de nos centrales, qui facilite la gestion des déchets ultimes et récupère toute l'énergie qu'il est économiquement possible de récupérer. À cet égard, je voudrais rappeler la stratégie d'EDF sur ce point. Notre option de base du cycle du combustible pour l'avenir demeure le traitement et le recyclage des combustibles usés. Cette solution du recyclage à l'aval du réacteur présente plusieurs avantages, et je voudrais en citer deux :

- la vitrification des produits de fission lors du traitement des combustibles usés présente une qualité de confinement de très long terme et donc la possibilité d'un entreposage industriel sûr et économique pour de nombreuses décennies ;
- l'économie des ressources, grâce au recyclage. À cet égard, le fait de garder les MOX usés laisse ouverte la possibilité d'un recours au plutonium qu'ils contiennent dans la deuxième partie du siècle, pour mettre en route une utilisation optimale de la ressource uranium dans des réacteurs de Génération IV, comme cela a été évoqué par Alain BUGAT.

De plus, le système industriel sur lequel nous nous appuyons (La Hague, MELOX, systèmes de transport associés) est fiable et disponible pour une utilisation optimisée sur la durée. Ainsi, je rappelle que tous les combustibles usés d'EDF sont clairement destinés à être retraités. Il n'en reste pas moins que le système produit des déchets ultimes à haute activité et à vie longue. Tous ces déchets, répétons-le, sont en sûreté, vitrifiés et isolés du reste du monde. C'est toute la force et la logique de la loi de 1991 que de refuser de les léguer tels quels et d'interroger le monde scientifique sur les pistes à explorer pour les gérer.

Comment entendons-nous, à EDF, assumer notre rôle dans cette démarche ? De deux façons : en assumant totalement notre responsabilité de producteurs de déchets d'une part, et en prenant part aux débats d'autre part.

Notre participation d'entreprise citoyenne au processus qui a été engagé nous conduit à suivre de près le déroulement des recherches et à ne pas être simplement un spectateur, mais à y contribuer largement. Nous aurons ainsi consacré un milliard d'euros au financement de la recherche au cours des années écoulées depuis le 30 décembre 1991, soit environ 75 M€ par an. De plus, nous avons également mobilisé nos propres chercheurs. Globalement, notre vision en tant qu'acteurs est que ces quinze années de recherches, comme vient de le rappeler Alain BUGAT, ont été très fructueuses. Je pense que les journées que vous organisez le montrent clairement.

La Commission nationale d'évaluation a souligné dans son rapport 2004 que progressivement s'est dégagée une grande complémentarité entre les trois axes, que peut-être certains avaient perçus à l'origine comme concurrents. Je ne peux ici que saluer le travail accompli par les équipes du CEA, de l'ANDRA, des nombreux laboratoires français et internationaux, qui contribuent aujourd'hui et depuis 1991 à ces progrès de la connaissance. Je voudrais également souligner la qualité de programmation et d'évaluation qui a présidé au bon déroulement de la loi Bataille. Nous pouvons donc prévoir que le législateur disposera effectivement de la visibilité espérée et attendue par la loi de 1991. Je tiens à dire que nous attendons beaucoup de ce travail, du débat parlementaire et des décisions qui seront prises par les pouvoirs publics en 2006.

J'en viens maintenant à notre engagement en tant qu'industriels responsables. L'application du principe pollueur-payeur, souvent évoquée, suppose que toutes les charges relatives à la gestion des déchets soient imputées, aujourd'hui, dans les prix facturés aux clients qui bénéficient des avantages de la production d'électricité d'origine nucléaire. La première condition d'une telle démarche est de bien cerner le coût de cette gestion, en l'établissant sur une base rigoureuse. Conformément aux pratiques internationales, en particulier

celle des autres électriciens, et en l'absence de référence institutionnelle, l'entreprise EDF a choisi le stockage géologique comme base financière prudente d'évaluation.

C'est sur cette base que nous constituons chaque année des provisions pour le financement futur de la gestion à long terme des déchets de haute activité à vie longue induits par notre production nucléaire. C'est sur son coût que les autres producteurs dans le monde calculent leurs provisions. En complément, l'élaboration d'une évaluation prévisionnelle transparente et partagée entre les différents acteurs et experts français a été engagée. Le travail est aujourd'hui en cours, sous l'égide de la DGEMP.

La deuxième condition après l'évaluation est une condition d'efficacité, fondée sur un principe simple liant responsabilité technique et responsabilité financière, afin que celui qui décide du geste technique soit aussi incité à optimiser le coût pour la collectivité. Le coût étant supporté par le client d'EDF lors de la facturation de l'électricité, il s'agit de s'assurer contre toute évolution ultérieure non maîtrisée. Il me semble donc souhaitable d'élaborer un mécanisme qui mette en rapport pouvoir de décision et responsabilité. Une telle solution me paraît propre à fonder les négociations entre les acteurs de la filière sur des bases saines et claires, en imputant à chacun les responsabilités dont il a la maîtrise. Elle ne peut qu'optimiser la gestion du processus et elle offre, pour les pouvoirs publics et les observateurs extérieurs, une garantie nécessaire de lisibilité.

Pour conclure, la question de la gestion des déchets radioactifs appelle beaucoup d'expertise, de méthode et de capacités techniques. Ces trois journées démontrent que nous en disposons et que cette expertise nous donne confiance. Cette question relève d'une décision politique, car elle s'inscrit sur le très long terme et elle concerne la collectivité tout entière. La loi de 1991, l'organisation de ces trois journées dans le cadre de la préparation du débat parlementaire de 2006 sont propres à nous donner confiance. Je voudrais rappeler que d'autres pays, proches de nous, au nord de l'Europe, ont déjà pris des décisions qui ont été bien reçues par leurs populations. Ceci doit nous encourager à sortir du questionnement pour apporter des réponses claires et opérationnelles qui installent le nucléaire dans un paysage stabilisé et serein. Nos concitoyens sont conscients des immenses avantages que procure l'outil nucléaire. Ils ont sous les yeux, sans doute aujourd'hui plus qu'hier, l'exemple de pays qui, après avoir renoncé au nucléaire, se trouvent dans une dépendance renforcée et face à un déficit énergétique. Mais ils ont besoin d'y voir clair sur la route que choisit leur pays. Nous attendons donc beaucoup des décisions qui seront prises en 2006, et nous remercions l'Office parlementaire du travail qu'il fournit pour alimenter et éclairer le débat politique. Celui-ci sera décisif pour la bonne appréciation des enjeux par l'opinion publique et les territoires concernés, condition indispensable à la réalisation sereine d'un nouveau programme nucléaire au service de notre pays et de l'Europe.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. le Président GADONNEIX. Le point de vue d'EDF, partenaire fondamental sur cette question, est important. Merci de nous avoir livré votre réflexion de façon explicite. Je vais maintenant donner la parole à M. Dominique MAILLARD, directeur général de l'énergie et des matières premières (DGEMP) au ministère de l'Industrie, qui va nous dire quelle gestion pérenne des déchets radioactifs peut-on envisager.

M. Dominique MAILLARD, directeur général de l'énergie et des matières premières, DGEMP, ministère délégué à l'Industrie : quelle gestion pérenne des déchets radioactifs ?

Merci, M. le Président. Mesdames et Messieurs les Parlementaires et élus, Mesdames et Messieurs. C'est un grand honneur pour moi d'intervenir à l'issue de nombreux exposés de scientifiques et de responsables industriels qui se sont exprimés aujourd'hui et tout au long des trois journées que vous avez organisées. M. Patrick DEVEDJIAN ayant eu l'occasion de s'exprimer devant vous pour vous présenter la vision d'ensemble du Gouvernement, et tout particulièrement la vision sur l'axe 2, vous me permettrez de revenir sur l'axe 3, qui est le thème général, et peut-être ensuite de vous donner quelques éléments de la façon dont on peut envisager la poursuite du processus du débat qui a été amorcé de manière particulièrement dense et

efficace par votre Office à l'occasion de ces trois journées. Je vais donc revenir dans un premier temps sur l'axe 3.

Beaucoup de choses ont été dites et vous ne serez sans doute pas surpris si sur certains points je rejoins des points de vue, en m'en écartant sur d'autres, en essayant non pas de synthétiser, ce qui n'est ni ma mission ni mon ambition, mais en mettant en évidence certaines caractéristiques sur cet axe 3. Cet axe a été placé par la loi de 1991 sur un pied d'égalité avec l'axe 1 et l'axe 2, puisque la loi n'avait pas établi de hiérarchie. Même si la loi n'a en aucune manière indiqué qu'il y avait une exclusivité entre un axe plutôt qu'un autre, la façon que nous avons tous, avec une déformation française de raisonner par une forme de rationalité, nous amène à cloisonner (ce n'est pas du tout une critique à l'égard de la façon dont l'Office a organisé les travaux) chacun des trois axes. Un de mes propos sera de vous faire passer le message selon lequel il n'y a pas nécessairement de cloisonnement mais plutôt une complémentarité, qui peut évoluer au cours du temps et de l'évolution des recherches et des travaux.

Un point me paraît clair à ce stade, avec les éléments techniques, scientifiques et économiques dont nous disposons aujourd'hui. Quelle que soit la solution qui pourra être retenue, solution définitive vue d'aujourd'hui, il apparaît que l'entreposage est une étape nécessaire, et même indispensable. On se souvient qu'à propos de l'axe 2, il a été indiqué que la réalisation d'un stockage pourrait intervenir à l'horizon 2020-2025. À propos de l'axe 1, il a été dit que la maîtrise des techniques de transmutation serait sur le plan industriel accessible, au-delà des grands progrès qui ont été réalisés depuis quinze ans, sans doute aux alentours des années 2040. Cela signifie que d'ici 2020-2040, nous allons entreposer, sans compter que le processus industriel lui-même, le refroidissement nécessaire d'un certain nombre de matières, fera que même en régime de croisière, il s'écoulera un assez long laps de temps entre le processus de traitement et la solution définitive.

Par conséquent, l'axe 3 est d'abord un point de passage que l'on connaîtra de toute manière, quoi qu'il arrive et quelle que soit la solution retenue. Où en est-on aujourd'hui ? Je suis moins qualifié que d'autres qui ont cité ces exemples, mais on doit saluer et noter le fait que depuis 1991 des entreposages industriels ont été construits ou sont en cours de construction, la plupart du temps sur les sites, à La Hague, à Marcoule ou à Cadarache, et ils fonctionnent de façon satisfaisante sur le plan technique. Je n'ai pas à me prononcer au nom de l'autorité de sûreté, mais j'ai compris qu'elle avait aussi une appréciation favorable dans ce domaine. La technologie est donc arrivée à maturité, et l'entreposage de longue durée qui a été évoqué régulièrement, aussi bien en surface qu'en subsurface, ne porte pas en lui-même une rupture technologique majeure par rapport aux techniques connues aujourd'hui. Il reste encore des calages à faire, en particulier sur la notion de durée, ou de longue durée, puisque l'expérience que nous avons portée sur quelques dizaines d'années et non sur l'échelle de cent à cent cinquante ans. Néanmoins, on peut imaginer que les extrapolations sont faisables ou raisonnables dans ce domaine.

L'autre volet de l'axe 3 est le conditionnement, qui a également été largement évoqué à plusieurs reprises cet après-midi, même si le président TISSOT « déplorait », avec son langage diplomatique, ne pas avoir pu en considérer la consistance plus tôt. Néanmoins, ils existent et dans des conditions qui sont considérées comme au meilleur niveau de la technique actuelle.

Que peut-on tirer comme conclusions sur l'entreposage ? Veuillez m'excuser si j'enfonce beaucoup de portes ouvertes, mais le bilan est balancé. Nous avons incontestablement des techniques matures, sans obstacles ou verrous technologiques majeurs. Nous avons un coût de mise en œuvre relativement faible et une flexibilité importante. Cependant, il existe un revers à cette médaille, et l'on doit envisager un transfert au-delà de la durée prévisionnelle de fonctionnement (cent à cent cinquante ans). On a une plus forte exposition aux agressions externes, s'agissant plus particulièrement des stockages de surface, mais rappelons-nous que l'histoire est malgré tout plus cruelle que la géologie. Nous avons par ailleurs un transfert de charges pour les générations futures, même si cela peut toujours être présenté de façon positive, consistant à faire confiance

dans les capacités de nos arrière-petits-enfants. L'autre revers est de reconnaître que nous leur léguons un problème que nous n'avons pas voulu, pu ou su résoudre.

Quelle conclusion partielle de mon point de vue peut-on tirer à ce stade ? La technique des entreposages industriels est bien maîtrisée et les capacités répondent aux besoins. Par conséquent, si la construction d'un entreposage de longue durée apparaissait nécessaire, ou souhaitable, elle ne correspondrait pas en tout état de cause à un optimum économique et elle se traduirait par des coûts échoués. Cela signifie qu'on le ferait, alors que la stricte nécessité économique ou les capacités techniques existantes ne le justifieraient pas.

Pour autant, n'y a-t-il pas une certaine catégorie de matières (je dis bien matières et non déchets) qui pourrait justifier le développement d'entreposages de longue durée ? C'est en effet possible, et ceci a été dit également à plusieurs reprises et encore par le président GADONNEIX. Un certain nombre de combustibles qui ont vocation à être retraités ne le seront sans doute pas immédiatement, ou ils le seront dans plusieurs décennies. Il s'agit en particulier des combustibles uranium issus du retraitement, et des combustibles MOX usés, qui pour l'instant sont entreposés dans l'attente d'un traitement pouvant intervenir dans la seconde moitié du siècle, comme cela a été signalé. Un entreposage pour ces matières a de toutes manières du sens, même si la capacité des installations et des piscines est en ligne pour l'instant avec les quantités qu'il sera nécessaire d'entreposer. Un entreposage de longue durée pourrait donc répondre pour partie à cette opportunité.

Il apparaît également qu'à ce jour, les capacités d'entreposage, même si elles sont connues, méritent d'être évaluées et appréciées sur leur disponibilité catégorie par catégorie. C'est sans doute un travail qui n'est pas très compliqué à faire, mais qui n'a pas encore été entrepris de manière exhaustive et complètement rigoureuse. Ceci pourrait compléter utilement les travaux qui ont déjà été entrepris par l'ANDRA dans le cadre de sa mission d'inventaire et pourrait figurer dans le cadre du projet de loi sur 2006.

J'en viens à l'articulation entre les différents axes. Comme je l'ai dit, plutôt qu'une opposition ou une sorte d'alternative pour l'un des axes, on voit apparaître une complémentarité. Je ne reviens pas sur les débats de l'axe 2, mais on peut voir que dans la plupart des exemples tels qu'on les connaît dans les grands pays nucléaires qui se sont penchés sur le même problème que nous, l'entreposage apparaît comme un préalable au stockage géologique et s'insère dans un schéma global avec plusieurs composantes. Ceci ne signifie pas que la France doit adopter le même schéma et c'est bien pour cela que nous avons un débat sur cette question. Mais les exemples étrangers méritent d'être pris en compte. Il est certain aussi qu'à ce stade, on ne peut pas, même si des progrès considérables ont été réalisés au cours des quinze dernières années, que la date de 2006 signifiera la fin et l'arrêt des recherches. Ce fait a été souligné par de nombreux représentants du monde scientifique avant moi. Par conséquent, la poursuite de ces recherches sera nécessaire, sans qu'elle doive être considérée comme une raison suffisante pour ne pas prendre de décision sur un certain nombre de questions qui nécessitent des délais précurseurs importants, comme en particulier tout le processus nécessaire pour la mise en œuvre d'un stockage géologique. La préparation d'un stockage permettra aussi de poursuivre des travaux au-delà de ce qu'un laboratoire souterrain pourra identifier dans toute la phase préalable au stockage lui-même.

Je reviens sur une question qui ne sera pas close aujourd'hui, mais qui est manifestement un sujet de préoccupation majeure pour nos concitoyens, comme cela a été indiqué, et qui concerne la réversibilité ou l'irréversibilité. C'est une question qui n'est pas uniquement technique, et à laquelle on ne peut pas répondre uniquement par des arguments techniques, mais nous nous devons collectivement d'y répondre. De même qu'entre les différents axes beaucoup de chemins se croisent parfois, plus que des oppositions, il me semble de même que la question sur la réversibilité n'est pas manichéenne, tendant à dire qu'une installation serait par nature réversible ou irréversible. Pour aller chercher quelque chose à cinq cents mètres, l'homme a montré qu'il était capable de le faire y compris dans des conditions particulièrement délicates (certaines mines d'uranium au Canada sont exploitées par des robots) et je ne vois pas ce qui empêcherait qu'aujourd'hui, et a

fortiori dans quelques décennies, ou quelques siècles, que l'on puisse réexploiter, comme une mine, des installations qui auraient été provisoirement scellées de manière définitive. Un stockage géologique n'est aucunement à considérer comme une solution irréversible, puisque pendant toute la durée de son fonctionnement, il est par définition ouvert. Si l'on prend quelques dispositions préalables, on comprend qu'il est entièrement réversible pendant sa phase de remplissage. Même à supposer, lorsqu'il est plein, que l'on envisage un dispositif de fermeture et d'isolement de la surface, les méthodes d'exploitation minières permettront d'y revenir, si cela est nécessaire, même si cela est coûteux.

L'entreposage est un point de passage, même si c'est dans le process industriel. À partir de la production des déchets C, à durée de vie longue, vous avez les différentes bifurcations qui s'offrent à nous. Nous avons d'une part ce qui sera une solution de cycle ouvert, combustible usé direct, qui passera de toute manière par un entreposage industriel. D'autre part, nous avons une solution définitive de stockage. Enfin, la solution actuelle passe par le recyclage traitement, un entreposage et l'hypothèse d'un stockage réversible. L'axe 1 est une dérivation de la solution actuelle, pour tout ou partie du flux des combustibles, qui peut permettre, comme cela a été décrit de manière très circonstanciée par l'administrateur général du CEA, d'avoir un traitement spécifique des actinides mineurs, sans faire disparaître totalement tous les déchets. Tout ceci se rejoint sur l'entreposage industriel.

Si l'on examine cela dans le temps, en faisant l'hypothèse qu'un stockage géologique soit réalisé à l'horizon 2020-2025, on peut considérer que jusqu'à cette date, on sera à 100 % sur la solution entreposage par nature physique et qu'au fil du temps, si l'on suppose que la durée de vie d'un stockage est d'une centaine d'années, on aura progressivement un basculement de plus en plus important et une partie de plus en plus importante des déchets se trouvera dans la case jaune, même si l'on aura toujours un flux qui transite par la case verte. Il me semble donc qu'il est nécessaire d'introduire la dimension temps dans nos réflexions, mais ce n'est pas une découverte pour vous. Nous sommes aujourd'hui à un certain stade, en termes de production des déchets, même si certains ont été produits de manière importante et si les nouvelles filières auxquelles on peut songer produiront moins de déchets ou d'autres types de déchets. De plus, la mise en œuvre de cette politique et de ce schéma s'écoulera sur un grand nombre d'années, avec une modification progressive de la répartition entre les différentes cases, à la fois en termes de transit et en termes de solution définitive.

J'insisterai sur le dernier point, concernant la dimension des marches progressives. Pour ceux d'entre vous qui fréquentent les milieux étrangers, vous savez que le dispositif que nous avons retenu en France avec la loi de 1991, même s'il n'est pas dans les usages de pratiquer l'autosatisfaction, est considéré comme exemplaire, dans le sens où il décrit un cheminement. Celui-ci prévoit des étapes, et 2006 est une étape essentielle. Il y en aura sans doute d'autres, et il faudra engranger à la fois tout le progrès scientifique et technologique accumulé et l'évolution de la perception par nos citoyens d'un sujet qui est décisif sur un domaine aussi complexe que le nucléaire.

Je vais donner quelques éléments sur la façon dont on peut voir, au-delà de cette étape essentielle que constituent les réflexions menées...

Je conclus sur le dernier paragraphe, pour dire que d'ici l'année 2006, le Gouvernement a souhaité que puisse être réalisé un Livre Blanc qui se nourrira de toutes les réflexions, provenant aussi bien des travaux de l'Office, de la Commission nationale d'évaluation, que des réflexions menées par l'autorité de sûreté ou par les différents services administratifs en direction et en liaison très étroite avec le ministère de l'Écologie et du Développement durable et le ministère de la Recherche. Cela permettra de déboucher sur une consultation publique organisée par la Commission nationale du débat public à l'automne 2005. Cette saisine sera faite dans les prochains jours.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, M. MAILLARD, de nous avoir donné le point de vue du DGEMP et des services du ministère de l'industrie. Claude BIRRAUX et moi-même allons maintenant non pas conclure (il serait prétentieux de le faire) mais clore cette journée et ce cycle de trois jours. Je donne donc la parole à Claude BIRRAUX.

Allocutions de clôture des trois journées d'auditions publiques

M. Claude BIRRAUX, député de Haute-Savoie, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Merci, Christian BATAILLE. Mesdames et Messieurs, notre objectif en organisant ces trois journées complètes d'audition était de contribuer à l'information des Parlementaires, puisque nous sommes Office parlementaire, dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par cet Office, et, je le rappelle, à la demande des quatre présidents de groupes politiques existant dans notre Assemblée nationale.

Avec Christian BATAILLE, nous sommes heureux d'avoir contribué à l'information mutuelle des acteurs de la loi, des pouvoirs publics et des élus des collectivités territoriales. Permettez-nous de nous réjouir d'avoir rencontré l'intérêt des élus et de les remercier d'avoir fait l'effort de se déplacer jusqu'à l'Assemblée nationale. Messieurs les élus des départements, départementaux, régionaux ou communaux, cela a été pour nous une grande satisfaction de voir votre présence et votre assiduité et aussi un grand honneur. Avant d'aller plus loin, je voudrais encore remercier l'ensemble des participants. Je crois que notre Office peut s'enorgueillir d'avoir réuni un « plateau » (si vous me permettez cette expression) international d'une qualité exceptionnelle, puisque de nombreux responsables venant de Suisse, d'Allemagne, de Belgique, de Finlande, de Suède, et des Etats-Unis, parmi lesquels deux prix Nobel, l'un des Etats-Unis et l'autre d'Italie, Carlo RUBBIA. C'est donc un plateau tout à fait exceptionnel que nous avons réuni pour donner les informations les plus complètes possible sur ce qui est entrepris dans chaque pays concernant ces sujets.

Avant de discuter, il est nécessaire que chacun connaisse l'état de la science et de la technique, et pour ce faire, dans le cadre de la loi Bataille, que chacun dispose des résultats acquis pendant la période de quinze années consacrées exclusivement à la recherche tel que prévu par ce texte. Nous espérons avoir ainsi contribué à poser les bases d'une discussion véritable.

Le deuxième aspect que je voudrais souligner est l'importance de la transparence de l'information sur ce sujet. Celle-ci s'améliore et va continuer de le faire sur la recherche. Le remarquable inventaire national des déchets réalisé par l'ANDRA nous donne par ailleurs une photographie précise de la situation et balise bien l'avenir. Enfin, le travail important effectué par la DGSNR, M. LACOSTE et ses services, avec la mise au point du Plan national de gestion des déchets radioactifs, constitue également un jalon adapté à chaque catégorie de déchets.

J'aimerais dire deux choses. Nous avons bien entendu le message des élus et des associations qui nous disent qu'il faut un débat et de la transparence, que ce débat doit être national et local, et que l'ensemble des acteurs soit informé. Nous avons entendu ce message, mais je rappelle les propos de Mme ENGSTRÖM la semaine dernière : vous ne pouvez organiser un débat que lorsque vous avez de la matière scientifique. Je considère que nos auditions et le rapport que nous allons présenter constitueront la matière première, ou la première matière, qui entrera dans ce débat. J'ai bien précisé les deux sens des termes, car ce n'est pas la seule matière. J'ai bien entendu le message.

Après la transparence de l'information s'ensuit la clarification des responsabilités. La gestion des déchets radioactifs est une question nationale qui doit nécessairement trouver des réponses locales. La solidarité

nationale doit s'exercer, mais dans les deux sens. La gestion des déchets doit aussi reposer sur le principe pollueur-payeur. Aux producteurs de déchets d'assumer toutes leurs responsabilités financières, économiques et sociales. Enfin, la loi du 31 décembre 1991 a suscité la création d'un corpus de connaissances scientifiques et technologiques remarquables qui va encore s'enrichir dans les années à venir. Les recherches de la loi Bataille doivent dès maintenant être valorisées au plan international, au plan national et au plan local. Il nous appartient de travailler tous ensemble à la valorisation scientifique universitaire et industrielle des recherches sur la gestion des déchets radioactifs.

Voici les premières impressions que je souhaitais vous livrer. Christian BATAILLE va maintenant vous livrer les siennes.

M. Christian BATAILLE, Député, Rapporteur

Merci, Claude BIRRAUX. Mesdames et Messieurs, le Président de l'Assemblée, Jean-Louis DEBRÉ, le Président du Conseil constitutionnel, Pierre MAZEAUD, s'étaient interrogés très récemment sur l'inflation législative qui semble prévaloir aujourd'hui. Nous avons la prétention avec la loi de 1991 de faire la démonstration du contraire. Cette loi illustre bien comment une loi peut permettre une avancée et de répondre à un problème qui reste non résolu. Je dis cela avec un certain humour, car j'ai le souvenir que la loi du 30 décembre 1991 avait été publiée sous l'intitulé curieux de « petite loi ». J'étais à l'époque un Parlementaire encore novice, ce qui n'est hélas plus le cas quinze ans plus tard, et j'avais exprimé mon interrogation, voire ma déception, mais je m'étais fait une raison sur le sujet. On m'avait ensuite expliqué que c'était un terme technique qui ne voulait pas dire que la loi avait une importance minuscule, mais que le terme renvoyait aux conditions de son élaboration, de sa publication et de son origine.

Je ne veux pas vous proposer une synthèse complète des auditions des trois journées qui ont marqué cette audition publique, mais je vous donnerai quelques réflexions. D'abord, sur le temps long. En matière nucléaire, en matière d'énergie de façon générale, notre travail porte sur un temps long, et il est difficile de juxtaposer la décision politique, qui s'inscrit dans des délais plus courts, aujourd'hui de cinq ans, avec un temps long. Quinze ans représentent trois législatures et je m'étais amusé avec Claude BIRRAUX à compter le nombre d'élections présidentielles qui nous séparaient, au moment où l'on réfléchissait sur l'EPR, de la pose de la première pierre du futur EPR. Forcément, tout homme politique confronté à ce dossier a tendance à ne pas considérer la décision comme urgente et à vouloir ne pas s'embarrasser avec le sujet. Si l'on considère un temps plus long encore, on arrive très vite à une échelle de temps considérable. Nous réfléchissons à partir des premiers éléments du parc électronucléaire national, en 1959, et l'on peut considérer, si un stockage est construit, que les derniers déchets, après refroidissement (si l'on ne construit plus de centrale nucléaire, ce qui n'est nullement prouvé), entreront dans ce stockage entre 2100 et 2150. De 1950 à 2150, cela fait deux siècles. C'est ce qui nous sépare de l'Empire. C'est beaucoup, à l'échelle d'une vie humaine, mais c'est peu à l'échelle de la durée de vie des déchets.

Il était donc particulièrement nécessaire de prévoir une longue période de recherche, sur quinze ans, comme l'a fait la loi de 1991. On se rend compte aujourd'hui, et il y a unanimité pour le dire, que ce délai n'était pas suffisant et que d'autres recherches s'avéreront indispensables. Il nous faut continuer de créer les conditions d'un progrès technique permanent en continuant la recherche, et son financement devra être assuré dans l'avenir, indépendamment des aléas budgétaires. C'est une autre façon de voir les choses. M. MAILLARD s'est exprimé au nom du ministère de l'Industrie, qui est aussi le ministère de l'Économie. Je pense que Bercy réfléchit à cela de très près, et il faudra, comme la Cour des comptes l'a fait dans un rapport récent, poser le problème pour demain du financement de la recherche.

Ces recherches conduisent au constat, avec pratiquement un consensus dans ce domaine aussi, que les trois axes ne sont pas concurrents, mais complémentaires. Si l'on considère le délai d'entrée en vigueur, qui va probablement s'étaler dans le temps, entre l'entreposage (qui existe déjà), ou le stockage (qui pourra entrer

en service plus tard, dans une ou plusieurs décennies), et la séparation-transmutation, le délai de mise au point est probablement plus important et se chiffre encore plus en décennies que le stockage.

Comme je l'ai dit en début de cette journée, il nous appartient à notre génération, qui a bénéficié de l'électricité nucléaire, de mettre en place le plus vite possible des solutions opérationnelles correspondant à la sûreté maximale. Nous avons bénéficié des kWh pour nous chauffer, pour nous éclairer, pour écouter de la musique, et nous ne pouvons pas nous contenter de dire que nous remettons la solution du problème des déchets à la génération de nos enfants ou de nos petits-enfants. Il est trop facile de dire que comme nous ne détenons pas de solution aujourd'hui, et que nous allons tranquillement considérer que les générations suivantes résoudront ce problème. Je sais bien qu'en matière d'industrie, cela a hélas été le cas jusqu'à aujourd'hui. Je suis moi-même élu du Nord-Pas-de-Calais, une région qui hérite du passif minier, des trous, de l'eau qui circule en sous-sol, mais ce n'est pas forcément une habitude que nous devons prendre. Je dirais même que la génération actuelle doit essayer d'être plus exemplaire et ne pas se contenter de développer l'industrie et de transmettre les problèmes corollaires aux générations suivantes, en assurant un financement clair et pérenne de la gestion des déchets, tant financièrement que techniquement et scientifiquement. La question de la méthode est posée, de même que celle des outils institutionnels et financiers qui devront sans aucun doute être créés lorsqu'ils n'existent pas, ou renforcés lorsqu'ils existent. Les exemples suédois, finlandais ou américain doivent en tout état de cause nous inspirer sur les moyens d'y parvenir.

Enfin, pour prolonger la réflexion initiée par M. LACOSTE, le Parlement a joué un rôle sur ce dossier depuis la fin des années 1989-1990 et, avec les Parlementaires, il entend bien continuer à le faire, à travers des responsabilités partagées avec les industriels, mais aussi le pouvoir exécutif, qui aura un niveau de décision qui échappe au Parlement. Aujourd'hui, ce dossier n'est plus, comme on le croyait il y a encore quelques décennies, un dossier purement technique. C'est un dossier éminemment politique, qui relève pleinement des débats du Parlement, des collectivités territoriales et des collectivités locales. Nous sommes dans une grande démocratie, avec des instruments qui lui sont propres. Je crois que sur un tel dossier, il faut savoir s'en servir et il faut savoir mettre en œuvre la démocratie.

Nous présenterons notre rapport, avec Claude BIRRAUX, dans quelques semaines, le 15 mars, et vous en serez informés. Vous aurez le produit de notre réflexion, qui ne fera qu'entamer un cycle de réflexion, puisque, comme l'a annoncé Patrick DEVEDJIAN la semaine dernière, nous allons revenir, non pas en « troisième semestre », mais en quinzième année devant le Parlement, l'année prochaine. Je vous remercie. Nous vous souhaitons un bon retour et une bonne soirée.

La séance est levée à 17 heures 50.

Message de M. Serge LEPELTIER, ministre de l'écologie et du développement durable

Permettez-moi de remercier Messieurs les députés BIRRAUX et BATAILLE ainsi que le Président REVOL.

Merci pour votre constance, votre rigueur et votre professionnalisme sans faille dans le suivi de ce dossier, depuis maintenant plus de 15 ans. À l'échéance prévue par la loi du 30 décembre 1991, vos travaux passés comme vos travaux de synthèse actuels seront précieux à la fois pour nos concitoyens, le Gouvernement et le Parlement.

Merci ensuite pour m'avoir invité à conclure la dernière de ces trois journées d'audition. Des obligations internationales, je suis en ce moment même à Brazzaville, ne me permettent malheureusement pas d'être présent parmi vous aujourd'hui. Sachez que je le regrette compte tenu de l'intérêt que je porte à la problématique de la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue, sujet important pour la génération présente et les générations futures.

Vous le savez, il y a aujourd'hui plusieurs grands défis en matière d'écologie. Parmi eux, deux concernent l'énergie : le réchauffement climatique ; les déchets nucléaires.

J'ai souvent eu l'occasion de m'exprimer sur le premier de ces défis, notamment avec le plan climat et le plan national d'affectation des quotas. Sachez que je suis le second avec beaucoup d'attention.

La loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs doit beaucoup aux travaux de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Cette loi a marqué une étape essentielle dans l'approche en France de la gestion des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue.

La loi de 1991 a tout d'abord énoncé les principes sur lesquels cette gestion doit être fondée. Ces principes sont toujours actuels aujourd'hui : le respect de la protection de la nature, de l'environnement et de la santé en prenant en considération les droits des générations futures. Elle a également inscrit dans notre législation l'interdiction du stockage en France de déchets radioactifs importés, au-delà des délais techniques imposés par le retraitement.

La loi de 1991 a ensuite ouvert les axes de recherches en demandant que soient menées des recherches selon les trois axes que vous connaissez bien : la recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à haute activité et à vie longue, qui a fait l'objet de votre première journée d'audition le 20 janvier ; l'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, à laquelle vous avez consacré la journée de jeudi dernier ; l'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface, qui fait l'objet de cette troisième journée d'audition.

Je note avec satisfaction que cette loi a permis effectivement un grand développement des recherches. Ces recherches nous permettent maintenant d'appréhender différemment le problème de la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue.

La loi de 1991 a enfin instauré un dispositif de suivi. C'est un point tout à fait important à mon sens. Elle a d'une part institué la Commission nationale d'évaluation, chargée d'établir un rapport annuel sur l'état d'avancement des recherches. Elle a d'autre part fixé un rendez-vous 15 années plus tard. Pendant toutes ces années, l'Office parlementaire a continué à jouer un rôle de premier plan dans le suivi de cette problématique.

Avec ces trois journées d'audition, vous avez ouvert le processus de bilan, de synthèse et de débat des travaux de recherches menés durant cette période. Ce travail sera approfondi, dans les prochains mois, avec la parution des différents rapports scientifiques et techniques au cours de l'année 2005, la participation du public à l'élaboration des propositions du Gouvernement et le débat au Parlement.

*
* *

Le Parlement et le Gouvernement ont un rôle à jouer dans la préparation des orientations futures pour la gestion à long terme des déchets radioactifs. .

Cette préparation comportera naturellement un fort aspect scientifique et technique, qui est le domaine privilégié des chercheurs et des experts.

Je voudrais signaler à cet égard que la participation d'experts étrangers aux travaux de recherche et d'évaluation qui ont été menés ces dernières années me paraît un élément essentiel. Elle se situe d'ailleurs

tout à fait dans l'esprit de la loi de 1991. Plus généralement, les échanges d'expérience dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la gestion des déchets radioactifs avec les autres pays, voire l'harmonisation des références de sûreté, me paraît une démarche particulièrement nécessaire aujourd'hui.

*
* *

Mais malgré la complexité scientifique et technique, la préparation des orientations futures pour la gestion à long terme des déchets radioactifs ne doit pas être qu'un débat d'experts. Elle nécessite aussi un large débat préalable impliquant l'ensemble de nos concitoyens.

L'expérience passée, antérieurement à la loi de 1991, a montré que l'information et l'implication des citoyens dans le débat préalable à la décision étaient une condition nécessaire à leur acceptation par le public et donc à leur mise en œuvre effective. Ce point a été largement souligné par les intervenants des pays étrangers.

J'ai pour ma part toujours indiqué mon souhait que le public soit largement associé. C'est pourquoi, conjointement avec mon collègue le ministre délégué à l'industrie, et comme celui-ci vous en a fait part la semaine dernière, nous avons décidé de saisir la Commission nationale du débat public (CNDP).

Cette saisine sera la première application de l'article L. 121-10 du Code de l'environnement, qui prévoit que *« le ministre chargé de l'environnement, conjointement avec le ministre intéressé, peut saisir la Commission nationale du débat public en vue de l'organisation d'un débat public portant sur des options générales en matière d'environnement ou d'aménagement. »* La consultation, si elle est acceptée par la Commission nationale, porterait donc sur les options générales en matière de gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

Je souhaite qu'elle soit le lieu d'un large débat, transparent, constructif et ouvert, au cours de l'automne 2005 et qu'elle permette à nos concitoyens de s'approprier les enjeux de la gestion à long terme de ces déchets. Après ce débat public, le débat au Parlement en 2006 du projet de loi présenté par le Gouvernement n'en prendra que plus de relief aux yeux de nos concitoyens, au bénéfice de la légitimité de la loi.

D'une manière plus générale, pour l'ensemble des activités nucléaires, j'attache une importance particulière à la transparence et à l'information du public. À cet égard, le projet de loi relatif à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire vise à garantir ce principe grâce à des dispositions effectives et concrètes.

*
* *

En ce qui concerne le contenu des orientations de la future loi sur les déchets radioactifs, il reviendra au gouvernement de les proposer en 2006 après avoir entendu les bilans scientifiques et techniques et les conclusions du débat public. Il n'est donc pas dans mes intentions de tirer des conclusions, qui seraient à ce stade prématurées.

Je citerai simplement quelques principes qui guident notre action et notre réflexion dans ce domaine :

Je mentionnais les principes de la loi de 1991 en introduction. Une solution de gestion des déchets radioactifs n'est durable que si elle prend en considération les droits des générations futures. Compte tenu des propriétés des déchets radioactifs à vie longue, ce point a toute son importance.

Je rappellerai surtout les principes en matière de gestion des déchets résultant de la loi du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Ils s'appliquent pleinement à la gestion

des déchets radioactifs. Ces principes fondamentaux sont notamment : la prévention de la production de déchets, la responsabilité des producteurs de déchets jusqu'à leur élimination, y compris pour le financement, la traçabilité de ces déchets, et la nécessité d'informer le public.

*
* *

Au-delà du cas des seuls déchets radioactifs de haute activité et à vie longue, la loi de 1991 avait aussi confié à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) de « *répertorier l'état et la localisation de tous les déchets radioactifs se trouvant sur le territoire national* ».

Cet inventaire a été édité régulièrement depuis 1993. Suite à une demande du gouvernement, l'ANDRA a publié en octobre 2004 un inventaire refondu, dénommé « *Inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables* ». Il présente désormais une synthèse non seulement comptable mais aussi prospective, en formulant des prévisions sur les quantités de déchets.

Parallèlement à ce travail d'inventaire de l'ANDRA, et en reprenant une demande de l'Office parlementaire, l'élaboration d'un Plan national de gestion des déchets radioactifs (PNGDR) a été lancée sur l'initiative de mon ministère. L'objectif du Plan national de gestion des déchets radioactifs est de disposer d'un cadre global permettant de gérer de façon cohérente toutes les familles de déchets radioactifs. Il s'agit de garantir la sécurité de leur gestion et les financements associés, notamment pour leur élimination, en déterminant les priorités en la matière. La situation actuelle est loin d'être satisfaisante. Elle peut et doit être améliorée.

Le pilotage de l'élaboration de ce Plan national de gestion des déchets radioactifs a été confié à la direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, qui, au nom des pouvoirs publics, associe aux travaux les représentants des producteurs de déchets, les éliminateurs, les associations de protection de la nature, les élus, les autres administrations concernées et, bien entendu, l'ANDRA.

Le remarquable travail d'inventaire de l'ANDRA constitue d'ailleurs la base indispensable du plan national. Ce travail devrait déboucher sur un document disponible pour une consultation publique dans le courant de l'année 2005.

Je souhaite que les orientations issues de ce plan puissent être débattues au Parlement lors de l'examen de la future loi sur la gestion des déchets radioactifs, afin, au-delà des seuls déchets à haute activité et de moyenne activité à vie longue, de donner à l'ensemble des déchets radioactifs un cadre général de gestion cohérent et durable, dans le respect des principes de la loi de 1975 relative à l'élimination des déchets.

*
* *

En conclusion, permettez-moi de saluer les efforts accomplis au cours des quinze dernières années, et les résultats obtenus, dont les trois journées d'audition publique organisées par l'Office parlementaire permettent d'avoir un aperçu. Ce travail collectif permettra au gouvernement, au parlement et aux citoyens de disposer de l'information la plus complète à la pointe des connaissances actuelles pour débattre puis élaborer et décider des orientations futures.

Car dans tous les domaines, mais dans celui-ci en particulier, il est important de ne pas laisser peser excessivement sur les générations futures les conséquences de notre bien-être d'hier et d'aujourd'hui. Il faut donc décider et ne pas éternellement reporter cette décision à demain.

Je vous remercie de votre attention.

