

« Info Berlin N°7 – Septembre 2010 »

Par M. Joël Guidez, Conseiller CEA à l'Ambassade de France à Berlin

Et Melle Claire Vaille, Volontaire International.

Bilan de la production et du stockage des déchets nucléaires en Allemagne, fin 2010

L'Allemagne compte aujourd'hui **13 réacteurs nucléaires de puissance arrêtés**, dont 2 sont démantelés et 11 sont en démantèlement, avec des plannings à relativement court terme et une production correspondante de déchets, ainsi qu'un grand nombre de **réacteurs de recherche** en démantèlement. L'autre source de production de déchets nucléaires se situe au niveau des **17 réacteurs de puissance en opération**, principalement au niveau du combustible. Des déchets sont aussi produits par d'autres voies, en particulier par les **centres de recherche** ou les **activités médicales** (*Voir Annexe A*)

On trouvera en *Annexe B*, le classement de ces déchets ainsi que des estimations de quantités et de volume. Soit d'ici 2040 environ 280.000 m³ de déchets de **faible et moyenne activité à vie courte** (FMA-VC) et 24.000 m³ de déchets dits thermiques : déchets de **haute activité** (HA), de **moyenne activités à vie longue** (MA-VL) et **combustibles irradiés**. En effet, depuis juillet 2005, la livraison pour retraitement des combustibles irradiés a été interdite, aussi bien vers La Hague que vers Sellafield. Ces combustibles s'accumulent donc dans des stockages provisoires.

Pour le stockage des déchets de basse et moyenne activité (**FMA**), trois sites existent actuellement. (*Voir Annexe C*) :

- Le site de **Konrad** (Basse Saxe) est une mine de fer désaffectée. Un certain nombre de recours juridiques ont empêché jusqu'en 2007 le démarrage des travaux de mise en service. Ces travaux ont finalement démarré en mai 2007, pour un premier stockage de conteneurs prévu en 2013. Ce site devrait d'ici 2040 stocker la majorité des déchets FMA, avec plus de 90% de la quantité de déchets nucléaires, mais moins de 0,1 % de la radioactivité produite par le pays. De plus la faible période des éléments radioactifs stockés devrait permettre de limiter la surveillance du site à 80 ans. Le coût des opérations est financé à un tiers par le pouvoir public et deux tiers par les entreprises énergétiques.

- Le site d'**ASSE II** est une ancienne mine de sel, exploitée pour stockage entre 1967 et 1978. 125.787 fûts de déchets FMA y ont été stockés de manière non aisément réversible. Or l'état géologique de cette mine pose problème aux experts, avec des infiltrations d'eau saumâtre dans les galeries, entraînant des risques de corrosion des fûts et d'effondrement de galeries. Trois options sont en cours d'étude depuis 2009, pour assurer la fermeture de ce site sans avenir. L'une de ces options est de retirer ces fûts, pour stockage dans le site de Konrad. La faisabilité, le coût de l'opération et son mode de financement sont encore en discussion. Par ailleurs certains travaux de stabilisation des galeries sont en cours.

- Le site de **Morsleben**, ancienne mine de potasse et de sel, avait été désigné en 1969 comme site de stockage définitif des déchets FMA de la RDA. Depuis 1998, le stockage est arrêté et les

études sont en cours pour une fermeture sûre de cette mine. Ici aussi, le stockage a été effectué en grande partie de manière non réversible. De plus, les risques d'effondrement de galeries ne sont pas négligeables. Une des solutions proposée pour une fermeture sûre du site est l'injection de quantités importantes de ciment.

En conclusion on s'oriente vers la fermeture sûre des deux sites d'Asse et de Morsleben. Le site de Konrad devrait assurer à partir de 2013 le stockage définitif de l'ensemble des déchets de basse et moyenne activité d'Allemagne.

Pour le stockage des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (**HA-MAVL**), le site retenu est le site de **Gorleben** (Basse Saxe) (*Voir Annexe D*). Ce site devrait alors accueillir un volume plus faible, mais contenant plus de 99% de la radioactivité et ce avec des périodes plus longues. C'est également un site salin, dont la prospection a débuté en 1979. Ce projet, très contesté, a été bloqué par un moratoire de dix ans, établi en 2000 par la coalition SPD/Verts. Ce moratoire a été levé en octobre 2009 par la nouvelle coalition et les études ont pu reprendre. Ceci étant, ce site, qui a déjà coûté 1,5 milliard d'euros en études et maintenance, reste très contesté, y compris au niveau technique. Aucune date quant au démarrage d'un éventuel stockage dans cette zone ne peut être avancée aujourd'hui.

On notera que le centre de stockage provisoire de Gorleben, accueille dans une salle bétonnée les castors contenant les déchets nucléaires HA en retour des centres de retraitement, pour une période de stockage provisoire et de refroidissement de quelques dizaines d'années.

Dans la pratique, on voit donc qu'aucun centre de stockage définitif de déchets n'est aujourd'hui opérationnel. Actuellement l'ensemble des déchets est donc stocké sur une batterie de **sites "provisoires"** (*voir Annexe E*). Pour les déchets HA et MA-VL il y a deux sites d'entreposage intermédiaires centraux à **Gorleben** et à **Ahaus** et une quinzaine d'autres sites décentralisés.

On notera à ce sujet que le BfS a autorisé l'entreposage des combustibles usagés sur chacun des 12 sites des centrales nucléaires en fonctionnement. Sur chacun de ces sites des installations de stockage à sec d'éléments combustibles usés ont été construits en remplissant les critères de la loi AtG (réfrigération passive en convection naturelle, tenue au séisme, protection contre le rayonnement, etc...). Ces sites doivent assurer leur fonction pour une durée d'au moins 40 ans.

Pour les autres déchets, un certain nombre de sites provisoires sont également en opération.

Dans *l'Annexe F*, on explique le **rôle des différents acteurs** en terme de gestion des déchets radioactifs, en particulier du BfS (Office fédéral de radioprotection). Le **mode de financement** et de gestion est aussi explicité.

Enfin, on trouvera dans *l'Annexe G* les dernières évolutions de la **stratégie allemande de gestion des déchets**. En particulier on notera des essais de mise en place de modes de financement par l'impôt sur le combustible nucléaire, ainsi qu'un renforcement des nouvelles exigences de sûreté pour les futurs stockages définitifs.

En conclusion, il apparaît que les dossiers techniques relatifs à la gestion des déchets nucléaires sont suivis dans un **contexte politique difficile**, avec de fortes oppositions et un grand écho médiatique. Dans la pratique, en 2010 l'ensemble des déchets nucléaires allemands se trouve toujours dans des stockages "provisoires".

On peut espérer un début de résolution du stockage définitif des déchets FMA, dans les années à venir, grâce au site de **Konrad**. Par contre les fermetures des sites d'ASSE II et de Morsleben vont certainement continuer à susciter de nombreux débats.

Pour les déchets HA, l'arrêt du retraitement et l'accumulation correspondante sur de nombreux sites des assemblages usés ne pose pas de problèmes de sûreté, mais ne donne pas non plus une vue claire à long terme du choix technique de gestion de ces assemblages. Ceci, joint au durcissement continu des règles de sûreté imposées à un site de stockage définitif, laisse présager de fortes difficultés pour le projet de site à **Gorleben**.

Sommaire des annexes

Annexe A : Bilan des réacteurs en fonctionnement et à l'arrêt / état du démantèlement.....	4
1. Réacteurs de puissance	4
2. Réacteurs de recherche.....	7
Annexe B : Bilan des déchets radioactifs en Allemagne.....	11
1. Classement des déchets radioactifs.....	11
2. Etat des lieux - généralités.....	11
3. Quelques dates clé concernant les déchets nucléaires en Allemagne	12
4. Les déchets nucléaires dans la loi sur l'énergie nucléaire (Atomgesetz)	12
5. Inventaire 2008 et prévisions des déchets radioactifs allemands, réalisés par le BfS.....	13
Annexe C : Stockage des déchets basse et moyenne activité (FMA).....	16
1. Le site de KONRAD.....	16
2. Le site d'ASSE II.....	18
3. Le site de MORSLEBEN.....	22
Annexe D : Stockage des déchets thermiques de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) - le site de GORLEBEN.....	24
1. Historique du site.....	24
2. Le moratoire de Gorleben.....	24
3. Sûreté du site.....	25
4. Abrogation du moratoire de Gorleben - volonté de transparence des travaux d'exploration... ..	25
5. Coûts et implication financière des exploitants nucléaires.....	26
6. Opposition de la population.....	26
7. Avantages économiques.....	26
Annexe E : Centres de stockage provisoires.....	27
1. Elimination des déchets.....	27
2. Sites intermédiaires d'entreposage pour les déchets thermiques et les éléments combustibles irradiés en Allemagne:.....	28
3. Sites d'entreposage intermédiaire de déchets radioactifs non thermiques :	30
Annexe F : Les intervenants dans la gestion des déchets radioactifs/ le mode de financement	32
1. Les intervenants dans la gestion des déchets radioactifs.....	32
2. Financement de la gestion des déchets radioactifs.....	33
Annexe G : Stratégie allemande de stockage des déchets radioactifs : dernières évolutions	36
1. Création d'une commission pour le traitement des déchets radioactifs (ESK) :.....	36
2. Impôt sur les combustibles nucléaires – estimation des coûts d'assainissement.....	36
3. Vers de nouvelles exigences de sûreté pour le futur stockage définitif de déchets hautement radioactifs en Allemagne	37
4. Coûts des déchets de la recherche nucléaire pour l'Etat fédéral.....	37
Annexe H : Références	40

Annexe A : Bilan des réacteurs en fonctionnement et à l'arrêt / état du démantèlement

1. Réacteurs de puissance

a. Bilan général des réacteurs de puissance en fonctionnement

Actuellement, **17** centrales nucléaires sont en fonctionnement avec une puissance brute de **22.517 MWe**. En 2009, elles ont produit un total de **134,9 milliards de kWh d'électricité (brute)**.

Site	Type de réacteur	Exploitant	Puissance nette (MW)	Début de l'activité commerciale	Date de fermeture estimée en 2002 ¹ (AtG)	Production électrique BRUTE (MWh) 2009
Biblis A (KWB A)	REP	RWE	1.167	26/02/1975	26/02/2007	1.098.261
Neckarwestheim 1 (GKN 1)	REP	EnBW (100%)	785	01/12/1976	01/12/2008	4.825.484
Biblis B (KWB B)	REP	RWE (100%)	1.240	31/01/1977	31/01/2009	1.614.042
Brunsbüttel (KKB)	REB	Vattenfall (67%), Eon (33%)	771	09/02/1977	09/02/2009	0
Isar 1 (KKI 1)	REB	Eon (100%)	878	21/03/1979	21/03/2011	7.077.433
Unterweser (KKU)	REP	Eon (100%)	1.345	06/09/1979	06/09/2011	10.542.429
Philippsburg 1 (KKP 1)	REB	EnBW (100%)	890	26/03/1980	26/03/2012	6.448.081
Grafenrheinfeld (KKG)	REP	Eon (100%)	1.275	17/06/1982	17/06/2014	11.056.120
Krümmel (KKK)	REB	Vattenfall (50%), Eon (50%)	1.345	28/03/1984	28/03/2016	349.362
Gundremmingen B (KGG B)	REB	RWE (75%), Eon (25%)	1.284	19/07/1984	19/07/2016	10.936.399
Philippsburg 2 (KKP2)	REP	EnBW (100%)	1.392	18/04/1985	18/01/2017	11.582.804
Grohnde (KWG)	REP	Eon (83,3%), services publics Bielefeld (16,7%)	1.360	01/02/1985	01/02/2017	11.505.158
Gundremmingen C (KGG C)	REB	RWE (75%), Eon (25%)	1.288	18/01/1985	18/01/2017	10.773.974
Brokdorf (KBR)	REP	Eon (80%), Vattenfall (20%)	1.410	22/12/1986	22/12/2018	12.050.357
Isar 2 (KKI 2)	REP	Eon (100%)	1.400	09/04/1988	09/04/2020	12.126.709
Emsland (KKE)	REP	RWE (87,5%), Eon (12,5%)	1.329	20/06/1988	20/06/2020	11.429.673
Neckarwestheim 2 (GKN2)	REP	EnBW (100%)	1.305	15/04/1989	15/04/2021	11.515.750

Les centrales les plus récentes fonctionnent bien et à pleine puissance. Mais les **incertitudes sur la prolongation de durée de vie** des centrales ont entraîné une perturbation du fonctionnement des plus vieilles centrales en 2010. En effet, suite à la révision de la loi **AtG** en 2002, la fermeture des 17 centrales allemandes devait s'échelonner entre 2010 et 2021. Or l'incertitude sur la prolongation de durée de vie a obligé les exploitants à des stratégies complexes, en particulier pour les plus vieilles centrales qui arrivent au bout de leur production autorisée : il s'agissait de **gagner du temps et d'économiser du contingent électrique** en maintenant ces centrales en activité jusqu'à la présentation du nouveau **concept énergétique du Gouvernement fédéral**, constituant la base des orientations fondamentales de politique énergétique des prochaines années² : le Gouvernement fédéral a notamment affirmé (28 septembre 2010) souhaiter prolonger l'activité des centrales nucléaires de 8 ans pour les plus anciennes et 14 pour les plus récentes. Cependant, il

¹ 32 ans après le début de l'activité commerciale ; Dates en relation avec la quantité d'électricité nette restant à fournir au 01/01/2000

² "Concept énergétique du gouvernement fédéral - discours du Ministre fédéral de l'économie" - BE Allemagne 495 - 09/09/2010 - <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/64353.htm>

ne s'agit pour le moment que d'une décision politique ; l'assise juridique demeure encore à instaurer³, pour assurer la mise en application au niveau industriel.

- Centrales arrêtées temporairement : Deux centrales de Vattenfall, **Krümmel et Brunsbüttel**, sont à l'arrêt depuis 2007, officiellement pour maintenance et réparations. De même, deux centrales de RWE menacées d'arrêt imminent (**Biblis A et B**) avaient été arrêtées en février 2009.

- Fonctionnements au ralenti : **Biblis B** a redémarré en décembre 2009, et **Biblis A** fonctionne depuis mars 2010 à 40% de sa puissance (650 MW sur 1.167 MW), suite à l'autorisation de remise en service accordée par le Ministre de l'environnement de Hesse. La plus vieille centrale d'EnBW, **Neckarwestheim 1**, fonctionne à 1/3 de sa puissance (250 MW sur 840 MW) depuis mai 2010, et aura à ce rythme atteint sa limite en février 2011.

- Transferts de contingent électrique entre centrales : La loi AtG autorise le transfert des capacités d'un réacteur ancien vers un réacteur plus récent, quelle que soit l'entreprise qui le gère et sans autorisation administrative particulière, pour favoriser la sécurité nucléaire par l'exploitation des réacteurs les plus modernes. Par contre, les transferts de production de centrales récentes vers des centrales anciennes sont soumis à une autorisation au cas par cas⁴. RWE a été autorisé à reporter une capacité électrique restante de 107.250 GWh de son ancien réacteur **Mühlheim-Kärlich**, arrêté depuis 1988, sur les centrales **d'Emsland, Neckarwestheim 2, Isar 2, Brokdorf, Gundremmingen B et C** ainsi que 21.450 GWh sur **Biblis B** (dont 8.100 GWh ont déjà été reportés en juin 2010). Par ailleurs, en mai 2010, E.ON a accepté de céder le contingent restant de son ancien réacteur nucléaire Stade arrêté en 2003 (4.785 GWh) à RWE pour son réacteur **Biblis A**.

b. Les réacteurs arrêtés pour maintenance

A la suite de problèmes techniques, **Krümmel et Brunsbüttel** ont été **arrêtées d'urgence le 28 juin 2007**. L'événement n'aurait causé aucun impact sur l'environnement.

- Centrale de Brunsbüttel :

Brunsbüttel devait selon la loi AtG être coupée du réseau en 2009. Un court-circuit le 28 juin 2007 a provoqué un **arrêt d'urgence**. Lors de sa **remise en marche** le 1^{er} juillet 2007, le réseau de purification des eaux dans le système de refroidissement du réacteur a été arrêté par erreur à 2 reprises. L'entreprise n'aurait reconnu ces défaillances que le 6 juillet. La centrale a été de nouveau séparée du réseau le **18 juillet 2007** pour une vidange du transformateur et mise en fonctionnement stand-by, avec publication d'une liste de déficiences⁵ de la centrale. Le **27 juillet 2007, la centrale a été complètement et durablement arrêtée**, à cause d'une déficience dans la construction⁶.

- Centrale de Krümmel :

Selon le plan de sortie du nucléaire, Krümmel devait être fermé en 2016. Suite à l'**incendie** du 28 juin 2007 ayant endommagé la station de transformation, le réacteur a été arrêté pendant **2 ans**. Après l'incendie du transformateur, **3 éléments combustibles endommagés** ont été trouvés. Trois mois auparavant, les autorités de contrôle avaient ordonné l'arrêt du réacteur, afin d'échanger un élément combustible défectueux⁷. Seulement 2 semaines après sa remise en activité en 2009, un **court-circuit dans un transformateur** survenu le 4 juillet 2009 a déclenché un nouvel **arrêt d'urgence** du réacteur⁸. La chambre de compression a été ouverte le 17 juillet 2009 pour **contrôler les 67.000 crayons combustibles** et chercher d'éventuels crayons défectueux. L'un des 840 éléments combustibles s'est révélé contenir un crayon combustible défectueux, et a donc été retiré du réacteur. Des mesures sont prises actuellement pour améliorer le **circuit de refroidissement**, notamment de nouveaux systèmes de filtres. Un **audit de certification de la gestion de qualité** a été mené à Krümmel en novembre 2009. Les exploitants de la centrale responsables de l'arrêt d'urgence du réacteur auraient remarqué un **pic d'iode** dans l'eau de refroidissement⁹, révélant une contamination radioactive.

Les contrôles et échanges de crayons combustibles coûtent cher à l'exploitant. Chaque mois pendant lequel Krümmel n'est pas relié au réseau coûte environ 10 Mo. € aux partenaires, qui doivent notamment acheter de l'électricité à prix fort à d'autres exploitants, pour remplir leurs obligations de fourniture électrique.

³ 4 textes de lois (dont un amendement de la loi AtG de 2001) régleront juridiquement la question de la prolongation du nucléaire et des contreparties financières demandées aux énergéticiens. Ces textes occuperont le Bundestag jusqu'en fin octobre 2010. Le gouvernement souhaite ensuite 'contourner' le Bundesrat (chambre haute, où le gouvernement n'a plus la majorité), afin de faire adopter ces textes.

⁴ En 2008-2009, Sigmar Gabriel, Ministre fédéral de l'environnement, avait refusé 3 transferts de centrales récentes vers des centrales anciennes censées fermer en 2009-2010 : Neckarwestheim 2 -> Neckarwestheim 1 (EnBW), Emsland -> Biblis A (RWE), Krümmel -> Brunsbüttel (Vattenfall)

⁵ Voir : <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,494850,00.html>

⁶ Détection de barres d'ancrage défectueuses dans le support des conduits de refroidissement et système d'urgence <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,495813,00.html> - <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,495813,00.html>

⁷ De même en 2001, des assemblages combustibles ont été endommagés suite à un accrochage lors d'un déchargement. De tels dommages n'entravent pas le fonctionnement des centrales, tant que la contamination de l'eau de refroidissement ne dépasse pas la valeur seuil.

⁸ Il a été reproché à l'exploitant de n'avoir pas directement prévenu les autorités de contrôle nucléaire, informées par la police. Par ailleurs, la mise en place de l'installation de surveillance pour le transformateur, que l'exploitant avait garantie à l'autorité de contrôle nucléaire, n'aurait apparemment pas été effectuée.

⁹ L'iode-131 radioactif est le 1er déchet produit par la séparation du noyau détecté par les appareils de mesure en cas de fuite

c. Les réacteurs de puissance arrêtés définitivement - démantèlement :

Jusqu'à présent, **13 réacteurs nucléaires** de puissance ont été arrêtés définitivement - dont les 5 blocs de la centrale nucléaire de Greifswald.

Installation	Type de réacteur	Exploitant	Puissance électrique MW (brut)	Durée de fonctionnement	Statut
Lingen (KWL)	REB		268	1968 - 1976	Confinement sécurisé
Gundremmingen (KRB-A)	REB		250	1966 - 1977	En démantèlement
Hamm-Uentrop (THTR)	HTR ¹⁰		308	1983 - 1988	Confinement sécurisé
Mülheim-Kärlich (KKW)	REP	RWE	1.302	1986 - 1988	En démantèlement
Rheinsberg (KKR)	REP		70	1966 - 1990	En démantèlement
Greifswald (KGR 1-5)	REP		5 x 440	1973 - 1990	En démantèlement
Würgassen (KWW)	REB	PreußenElektra	670	1971 - 1994	En démantèlement
Stade (KKS)	REP	E.ON	672	1972 - 2003	En démantèlement
Obrigheim (KWO)	REP	EnBW	357	1969 - 2005	En démantèlement

d. Quelques exemples de centrales en démantèlement :

- Centrale de Mulheim-Kärlich :

La centrale de **Mulheim-Kärlich**, comportant un réacteur unique, a été la première centrale nucléaire construite dans le Palatinat rhénan en 1986, son permis d'exploitation ayant été délivré en 1988. En 1998, la Cour Administrative Fédérale a confirmé le jugement de 1995 invalidant le permis de construction en raison de mesures de sécurité insuffisantes en cas de **tremblement de terre** : RWE a été autorisé à poursuivre la production mais était contraint d'arrêter la tranche **au plus tard en 2012**. La centrale est fermée depuis **2001**. Les travaux de démantèlement dureront jusqu'en **2012**.

- Centrale de Stade : projet Greenfield¹¹/ Grüne Wiese

La **centrale de Stade** (Basse-Saxe) a été mise en service en janvier 1972. Jusqu'à son arrêt définitif, en **novembre 2003**, la centrale disposait d'un REP de puissance 672 MWe. E.ON est l'exploitant de la centrale et le responsable de son démantèlement. Pendant l'exploitation de la centrale, de la vapeur était fournie aux marais salants voisins. En août 2002, un **court-circuit** a provoqué un incendie qui a déclenché l'alarme, mais a aussi affecté certains organes de sécurité. Suite à cet incident, le réacteur a été arrêté provisoirement. Stade était le premier réacteur allemand arrêté depuis la loi AtG.

L'autorisation pour la première phase de démantèlement a été attribuée en **septembre 2005**. Le démantèlement de la centrale (projet "**Green Field**") devrait coûter **500 millions d'euros**. Il se poursuit en 5 phases¹², qui devraient être achevées d'ici **2015** :

- *Phase 1 (2005-2007)* : démantèlement des composants devenus inutiles, pour créer de l'espace : conteneurs d'eau d'approvisionnement du circuit primaire pendant le démarrage et l'arrêt du réacteur, assemblages des barres de contrôle, accumulateurs de pression ;
- *Phase 2 (2007-2009)* : démantèlement des composants de grande taille, notamment le système de refroidissement du circuit primaire (y-compris les pompes et le GV) ;
- *Phase 3 (2008-2012)* : démontage des composants les plus irradiés : enceinte de pression du réacteur, bouclier biologique, dalle de béton pour protéger la salle du réacteur ;

¹⁰ Thorium high-temperature nuclear reactor

¹¹ Source : http://www.eon-kernkraft.com/pages/ekk_de/Standorte/ documents/kernkraft-decommissioning_Stade_en.pdf page 9

¹² Après une *phase de transition (2003-2004)* préparant les étapes ultérieures de démantèlement : évacuation des éléments combustibles du site, isolation et démontage des systèmes périphériques inutiles, mesures de décontamination des systèmes et des grands composants

- *Phase 4 (2011-2014)* : démontage des systèmes contaminés restants dans la zone de contrôle : élévateur, tuyère insonorisée, systèmes de purification et de ventilation de l'eau. Preuve de l'absence de contamination, libération des structures restantes du domaine d'application du **traité de protection contre l'irradiation** (StrlSchV) ;
- *Phase 5 (2015)* : démolition conventionnelle du bâtiment.

Le 27 avril 2005, les derniers éléments combustibles ont été retirés de la centrale nucléaire. Le Ministre de l'environnement de Basse-Saxe a autorisé la présence d'un site sur la zone de la centrale avec une capacité de 4.000 m3 pour des déchets à faible et moyenne activité (**FMA**) jusqu'à 2046, où des substances radioactives de la centrale de Würgassen seront également retraités ou stockés.

Les conséquences économiques et sociales pour la région ne sont pas négligeables. Le fonctionnement des marais salins voisins a été stoppé en même temps que la centrale de Stade. Entretemps il a été prévu d'établir à la place de la centrale nucléaire une **centrale thermique à houille** avec une puissance électrique semblable, afin d'enrichir le port de Stade-Bützfleth d'un dispositif de charbon.

La ville regretterait sa centrale et se plaindrait d'une baisse des recettes fiscales¹³. En effet, l'arrêt de la centrale aurait creusé un grand trou dans le budget. Depuis les années 70, le nucléaire avait attiré l'industrie avec des prix favorables pour son électricité, créé des emplois et versé des impôts élevés : E.ON avait payé 52 Mio. € de taxe professionnelle en 2002, un an avant que la centrale eut été découplée du réseau. En 2009, cette taxe pour la centrale arrêtée n'était plus que de 20 Mio. €.

- Centrale Obrigheim (KWO)

La **centrale d'Obrigheim** comprend un REP d'une puissance de 357 MW ; elle a été mise en service en septembre 1968 et arrêtée 37 ans plus tard, en **mai 2005**. Selon la loi AtG, Obrigheim devait être arrêtée en décembre 2002. Mais EnBW a obtenu en septembre 2002 un transfert de contingent sur Obrigheim à hauteur de 15.000 GWh, non pas de Neckarwestheim II, comme demandé initialement, mais de Philippsburg-1, plus ancienne. Obrigheim a finalement été arrêtée en **mai 2005**.

Selon le directeur technique d'EnBW, d'un point de vue technique et économique, cette centrale aurait pu rester en activité compte tenu du niveau de sécurité élevé, en harmonie avec les nouvelles normes allemandes et internationales.

Le démantèlement a débuté fin 2007, et la démolition complète du site est prévue d'ici **2020**, pour un coût total d'environ **500 millions d'euros** selon les estimations de EnBW. Le démantèlement est financé à partir de réserves exonérées d'impôts constituées par les énergéticiens en vue des coûts. Suite au démantèlement, les éléments combustibles irradiés, se trouvant encore à l'heure actuelle dans un site de stockage humide de la centrale, devraient arriver dans un nouveau site de stockage intermédiaire près de la centrale.

- Centrale Würgassen

La centrale nucléaire de Würgassen a été l'une des premières centrales à eau légère installée en Allemagne. D'une capacité nette de 640 MWe, elle a été mise en service en 1972 et arrêtée 22 ans plus tard, en **1994**. La construction a commencé en 1968 et le réacteur a été mis en service industriel en 1972. Le réacteur de Würgassen a produit au total 72.922 GWh. Le propriétaire et exploitant était PreussenElektra qui a, par la suite, été intégré dans E.ON.

La centrale devait fonctionner jusqu'en 2010. Or en **septembre 1994**, au cours d'une inspection du TÜV¹⁴, une avarie a été constatée sur un cylindre du réacteur. L'Autorité allemande ayant exigé la réparation, et celle-ci s'étant avérée trop coûteuse, il a été décidé d'arrêter le réacteur.

Le démantèlement commencé en 1997 doit s'achever en **2014**. Entre 1997 et juillet 2008, environ 16.380 t de matériel (soit 63% des 26.000 t totales) ont été démantelées, soit le démontage de l'enceinte de pression du réacteur et des éléments combustibles ainsi que l'évacuation de la chambre de condensation de l'enceinte de sécurité. En attendant d'être stockés dans le puits de Konrad (à partir de 2013), les déchets radioactifs sont entreposés sur place à Würgassen. Le démantèlement a d'ores-et-déjà coûté **700 millions d'euros**.

2. Réacteurs de recherche

a. Bilan des réacteurs de recherche

En Allemagne, **22 réacteurs de recherche et 7 réacteurs d'essais** ont été construits.

Réacteurs de recherche :

¹³ Selon le Financial Times

¹⁴ Technischer Überwachungs-Verein, organisme de contrôle et de normalisation allemand

- Dans les universités des Länder :

Installation	Site	Type de réacteur	Puissance thermique (MW)	Durée de fonctionnement	Statut
Réacteur de recherche TRIGA ¹⁵ , Mainz (FRMZ)	Université de Mainz	Réacteur piscine à eau légère, TRIGA-II	0.1	1965-	Encore exploité
Munich (FRM)	Université technique (TU) de Munich	Réacteur piscine à eau légère MTR ¹⁶	4	1957-2000	Arrêté
Munich II (FRM-II)	TU de Munich	Réacteur piscine, HWR	20	2004-	Encore exploité
Hanovre (FRH)	Université médicale d'Hanovre	Réacteur piscine à eau légère, TRIGA-I	0.25	1973-1996	Entièrement démantelée
Francfort I (FRF-1)	Université de Francfort	homogène (L) / L-54 (L)	0.05	1958-1968	Entièrement démantelée

- Dans les centres Helmholtz :

Installation	Centre Helmholtz	Type de réacteur	Puissance thermique (MW)	Durée de fonctionnement	Statut
Berlin 1 (BER-1)	Centre de recherche en science de la matière et énergie (HZB) de Berlin	homogène (L) / L-54 (L)	0.05	1958-1972	En confinement sécurisé
Berlin 2 (BER-2)	HBZ (Berlin)	Piscine à eau légère MTR	10	1973-	Encore exploité
Geestacht 1 (FRG-1)	GKSS (Geestacht)	Piscine à eau légère MTR	5	1958-06/2010	Arrêté
Geestacht 2 (FRG-2)	GKSS (Geestacht)	Réacteur piscine à eau légère MTR	15	1963-1993	Arrêté
HD TRIGA I Heidelberg	Centre de recherche contre le cancer d'Heidelberg (DKFZ)	Réacteur piscine à eau légère, TRIGA-I	0.25	1966-1977	Entièrement démantelé
HD TRIGA II Heidelberg	DKFZ (Heidelberg)	Réacteur piscine à eau légère, TRIGA-I	0.25	1978-1999	Entièrement démantelé
Neuherberg (FRN)	Centre pour la santé et l'environnement de Munich (HMGU)	Réacteur piscine à eau légère, TRIGA-III	1	1972-1982	En confinement sécurisé
FRJ-1 („Merlin«)	FZ Jülich	Réacteur piscine à eau légère MTR	10	1962-1985	Entièrement démantelé
FRJ-2 („DIDO“)	FZ Jülich	Caisson eau lourde (HWR) ¹⁷	23	1962-2006	En démantèlement
FR2	FZ Karlsruhe	HWR	44	1961-1981	En confinement

¹⁵ TRIGA : Training, Research, Isotopes, General Atomics

¹⁶ Réacteur pour les tests de matériaux

¹⁷ HWR : Réacteur à eau lourde

					sécurisé
Réacteur de recherche et mesure de Braunschweig (FMRB)	Office fédéral physique et technique (PTB)	Réacteur piscine à eau légère MTR	1	1967-1995	Entièrement démantelé

- En ex-RDA :

Installation	Exploitant	Type de réacteur	Puissance thermique (MW)	Durée de fonctionnement	Statut
VKTA Rossendorf (RFR)	FZ Rossendorf	LWR ¹⁸	10	1957-1991	En démantèlement
VKTA Rossendorf (RRR)	FZ Rossendorf	Argonaute	0.001	1962-1991	Démantèlement décidé
VKTA Rossendorf (RAKE)	FZ Rossendorf	Caisson/réacteur de puissance nulle	10(-5)	1969-1991	Démantèlement décidé
Réacteur d'enseignement et de recherche de Zittau (ZLFR)	Université de Zittau/Görlitz	HWR	10(-5)	1979-2005	
Réacteur nucléaire de formation (AKR1)	Université technique de Dresde	Homogène	2.10(-6)	1978-2004	
Réacteur nucléaire de formation (AKR2)	TU de Dresde	Homogène	2.10(-6)	2005-	Durée d'exploitation encore inconnue

- Réacteurs d'essai :

Installation	Exploitant	Type	Puissance thermique (MW)	Durée de fonctionnement	Statut
Kahl (VAK)	RWE et Bayernwerk	REB	16	1961 - 1985	Entièrement démantelé
Großwelzheim à Kahl (HDR)	Centre de recherche de Karlsruhe	HDR ¹⁹	25	1969 - 1971	Entièrement démantelé
Niedereichbach (KKN)	Centre de recherche de Karlsruhe	HWCR ²⁰	100	1972-1974	Entièrement démantelé
Réacteur de recherche à objectifs multiples (MZFR)	Centre de recherche de Karlsruhe	REP	57	1965 - 1984	En démantèlement
Jülich GmbH (AVR)	Jülich	HTR	15	1967 - 1988	En démantèlement
Réacteur Karlsruhe I (KNK I)	Centre de recherche de Karlsruhe	SNB ²¹	21	1977 - 1991	En démantèlement
Réacteur Karlsruhe II (KNK II)	Centre de recherche de Karlsruhe	SBR - réacteur compact rapide refroidi au sodium	21	1979 - 1991	En démantèlement

¹⁸ LWR : Réacteur à eau légère

¹⁹ HDR : Réacteur à vapeur chaude

²⁰ HWCR : Réacteur à tube de pression

²¹ SNB : Surgénérateur rapide

Puis 23 réacteurs de taille réduite ont été bâtis, dont 12 **réacteurs d'enseignement de Siemens (SUR)**, avec une puissance comprise entre 100W et 1 kW, servant, outre les objectifs d'enseignement, à la détermination de données physiques.

Les déchets radioactifs provenant du fonctionnement ou du démantèlement des réacteurs de recherche sont **conditionnés sur place** dans les installations, emballés et préparés pour un stockage définitif à Konrad. Pour le stockage définitif des déchets radioactifs provenant de la recherche entre 2010 et 2035, on estime un coût d'environ **1,2 milliard d'euros**.

Trois réacteurs de recherche sont encore en fonctionnement :

- Réacteur de recherche TRIGA de Mainz (FRMZ), Université de Mainz

Ce réacteur de recherche est utilisé comme source de neutrons pour les recherches fondamentales chimiques et physiques ainsi que pour la recherche médicale. Par ailleurs, le FRMZ offre une gamme de compétences et un soutien de la croissance scientifique dans les domaines de la chimie nucléaire et radiochimie, physique des réacteurs et protection contre l'irradiation. Ce réacteur sera exploité au moins jusqu'en **2020**.

- Réacteur de recherche Munich II, TU Munich

Le FRM II représente grâce à son niveau technique élevé l'une des sources de neutrons les plus performantes. Il livre un flux thermique élevé de neutrons, garantit ainsi des durées de mesure limitées et permet de nouvelles expériences liées à des sources intensives de neutrons. Le FRM II, l'un des réacteurs de recherche les plus modernes du monde, devrait être exploité encore au moins jusqu'en **2045**,

- Réacteur de recherche Berlin II, Centre Helmholtz de Berlin

Le réacteur de recherche livre des rayonnements neutroniques pour un large spectre d'analyses scientifiques. Les travaux qui y sont menés balayent un large spectre, de la recherche fondamentale pure aux analyses appliquées. Les expériences de diffraction de neutrons apportent des contributions intéressantes en chimie, biologie, métallographie et physique des corps solides. Environ 700 scientifiques du monde entier utilisent annuellement le réacteur. Il sera exploité au moins jusqu'en **2015**.

Annexe B : Bilan des déchets radioactifs en Allemagne

1. Classement des déchets radioactifs

Au nom du BMU, le **BfS** procède à un inventaire annuel des volumes de déchets radioactifs produits. Pour les besoins du stockage, on classe la totalité des déchets radioactifs dans deux catégories :

- **les déchets non thermiques** (ou de **faible ou moyenne activité à vie courte FMA-VC**),
- **les déchets thermiques** (ou de **haute activité ou de moyenne à vie longue HA-MAVL et combustibles irradiés**).

Les déchets de **faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)** contiennent des radionucléides à vie courte, de période radioactive ≤ 31 ans (ex : cobalt 60, césium 137). Il s'agit essentiellement de déchets liés à la **maintenance** (vêtements, outils, filtres...) et au **fonctionnement** des installations nucléaires (traitements d'effluents liquides ou filtration des effluents gazeux). Ils peuvent également provenir d'opérations d'assainissement et de démantèlement de telles installations.

Les déchets de **moyenne activité à vie longue (MA-VL)** proviennent majoritairement des structures qui entourent le combustible usé (coques et embouts) ou des résidus liés au fonctionnement des installations nucléaires (déchets issus du traitement des effluents, des équipements...). Ils se caractérisent par une présence significative de radionucléides à vie longue (ex : nickel 63).

Les déchets de **haute activité (HA)**, provenant pour l'essentiel de l'industrie électronucléaire, correspondent aux éléments radioactifs non valorisables issus du retraitement des combustibles usés. Ces déchets sont mélangés à une matrice de verre coulée dans un conteneur en inox. Ils contiennent des produits de fission (ex : césium 134 et 137, strontium 90) et des actinides mineurs (ex : curium 244 et américium 241).

Notons qu'il existe également des déchets de **faible activité à vie longue (FA-VL)**, principalement des déchets "radifères" provenant du traitement de divers minéraux utilisés dans la métallurgie fine, et des déchets "de graphite" produits lors du démantèlement des réacteurs nucléaires de 1ère génération (uranium naturel graphite gaz), aujourd'hui arrêtés. Pour l'essentiel de ces déchets, leur production s'est arrêtée ou doit s'arrêter.

Il existe également des déchets de **très faible activité (TFA)**, provenant essentiellement du démantèlement des installations nucléaires ou d'industries classiques utilisant des matériaux naturellement radioactifs. Ils se présentent généralement sous forme de déchets inertes (béton, gravats, terres).

2. Etat des lieux - généralités

Les prévisions des quantités cumulées de déchets radioactifs conditionnés (c'est à dire traités et/ou emballés, prêts à être entreposés et/ou stockés) donnent les volumes suivants de production allemande :

- D'ici **2040** : **280.000 m³** de déchets **FMA-VC**, et **24.000 m³** de déchets **HA-MAVL**.
- D'ici **2080** : **300.000 m³** de déchets **FMA-VC**, et **28.000 m³** de déchets **HA-MAVL**²².

La problématique de la gestion à long terme des déchets radioactifs a été soulevée dès les années 1950 en RFA. L'Allemagne a toujours envisagé le stockage durable des déchets radioactifs dans les **formations géologiques profondes** d'un centre de stockage définitif ; à cette époque, le **sel** était reconnu comme un des milieux géologiques des plus prometteurs. Au terme d'un long processus de sélection, deux sites, situés en **Basse-Saxe**, ont finalement plus particulièrement été envisagés au milieu des années 1970 : le site salin de **Gorleben**, pour les déchets **HA-MAVL**, et le site argileux de **Konrad** pour les déchets **FMA**.

En octobre 2000, l'exploration souterraine du site de **Gorleben** a été interrompue suite à un moratoire de 10 ans décidé par le gouvernement rouge-vert de l'époque, en vue d'une clarification de questions de sûreté technique et de conception. Si, de l'avis de nombreux experts, le site était techniquement bien adapté au stockage de déchets HA-MAVL, le BMU souhaitait lancer une recherche de **solutions alternatives (site argileux ou granitique)**. Le BMU a publié en juillet 2008 une nouvelle proposition d'exigences de sûreté à imposer à un centre de stockage définitif de **déchets thermiques**. La coalition (CDU/CSU – FDP) élue en octobre 2009 a abrogé le moratoire et souhaite **redémarrer les travaux de recherche** pour déterminer l'aptitude du site à un stockage définitif de déchets à vie longue. **Konrad** quant à lui est désormais utilisable comme site de stockage, même si les premiers conteneurs pourront au mieux y être stockés en **2013**.

Jusqu'à présent, environ **84.000 m³** de déchets **FMA** sont déjà stockés dans les centres de stockage de déchets radioactifs de **Morsleben** (ERAM), en ex-RDA, et dans le puits d'**Asse II** (Wolfenbüttel – Basse-Saxe).

²² Ces chiffres se fondent sur une durée de vie de 32 années de fonctionnement des centrales.

Cependant, pour des raisons de sécurité, ces deux sites n'accueillent plus de nouveaux déchets. **Le BfS**, actuel propriétaire d'Asse II, a décidé en janvier 2010 de ramener à la surface les 126.000 fûts de déchets nucléaires qu'elle contient. La récupération des fûts devrait durer une dizaine d'années et coûter 2 milliards d'euros.

Ainsi, pour le moment, les déchets nucléaires allemands provenant de l'exploitation ou du démantèlement de centrales, des laboratoires de recherche, des cliniques et de l'industrie sont stockés dans des **centres de stockage provisoires**²³, dispersés sur différents sites et souvent saturés. Un centre de stockage définitif pour les **déchets radioactifs thermiques** devrait voir le jour au plus tard en **2035**, car c'est à cette époque qu'expireront les licences d'exploitation des sites d'entreposage de Gorleben et Ahaus ainsi que les agréments des **castors**²⁴ utilisés pour le stockage.

3. Quelques dates clé concernant les déchets nucléaires en Allemagne

- **1959** : Adoption de la loi sur l'énergie nucléaire "**Atomgesetz**" (AtG) concernant les conditions de construction et d'exploitation des centrales.
- **1971** : Début du **stockage définitif des déchets radioactifs à Morsleben** (RDA).
- **1975** : 13 exploitants et constructeurs de centrales se réunissent au sein de la "société de projet pour le retraitement des déchets nucléaires". Ouverture de la mine de **Konrad** (Basse-Saxe) comme site d'essais et de recherche pour le stockage des déchets.
- **1979** : Bund et Länder s'entendent sur des "principes concernant l'élimination des déchets des centrales nucléaires". Opposition à la construction d'un "parc d'élimination" des déchets (retraitement, stockage intermédiaire puis stockage définitif) à **Gorleben** en Basse-Saxe.
- **1984** : Ouverture du **site de stockage provisoire de Gorleben**.
- **1994** : Réforme de la loi AtG autorisant le stockage définitif sans retraitement.
- **1995** : Reprise des négociations entre partis du gouvernement et d'opposition sur l'élimination des déchets, qui se soldent sur un échec.
- **1997** : Manifestations lors du transport de déchets radioactifs vers le site de stockage de Gorleben entraînant la mobilisation d'importantes forces de l'ordre.
- **1998** : **Interruption du transport de déchets** (mars). Mémoire en vue de la vérification des conditions de sécurité.
- **2000** : Amendement de la loi sur l'énergie nucléaire, entrée en vigueur en 2002.

4. Les déchets nucléaires dans la loi sur l'énergie nucléaire (Atomgesetz)

L'amendement de la loi AtG en 2002 avait pour objectif affiché une **sortie du nucléaire**. La loi stipule un **stockage en couche géologique profonde**²⁵ **pour les déchets HA et MA-VL**. Les éléments combustibles irradiés subiront un **stockage définitif direct**, c'est-à-dire que la livraison de combustibles irradiés à partir de centrales nucléaires vers les usines de retraitement (WAA) a été interdite au **1^{er} juillet 2005**. Depuis ce jour, le transport de déchets nucléaires allemands vers les usines de retraitement de **La Hague** (France) et **Sellafield** (Grande-Bretagne) n'est plus autorisé. Les exploitants des centrales nucléaires ont ainsi été contraints par le gouvernement à construire et mettre en service sur les sites de leurs centrales, au plus tard au **1^{er} juillet 2005**, des **centres de stockage provisoires** pour des éléments combustibles irradiés, afin qu'aucun transport de combustibles nucléaires irradiés à des fins de retraitement ne soit plus organisé.

Cependant, la problématique du choix des **sites de stockage définitif** des déchets radioactifs fait l'objet de nombreux débats et demeure une des préoccupations du gouvernement. Les sites de Basse Saxe de **Gorleben**²⁶ pour les déchets HA et **Konrad** pour les déchets FMA ont reçu l'aval des scientifiques pour leur mise en service mais se sont heurtés à des problèmes juridiques et politiques.

La révision de la loi AtG promise par la coalition après les élections parlementaires d'octobre 2009 ne devrait pas modifier la politique en ce qui concerne les déchets nucléaires. Le concept énergétique publié par le concept des ministres le 28 septembre 2010²⁷ mentionne **Konrad** comme futur site de stockage sûr et de taille suffisante pour les déchets FMA, et ce malgré l'augmentation de 10.000 m³ de la quantité de déchets FMA prévue en lien avec l'allongement de l'exploitation des centrales. Il annonce également la reprise de

²³ Voir Annexe F

²⁴ Castor (ou château de transports) : type d'emballage de transport du combustible nucléaire et de déchet radioactif fabriqué en Allemagne.

²⁵ Conditionnement des déchets puis placement dans une formation géologique stable en interposant des barrières naturelles et artificielles avec l'environnement. Ce mode de gestion repose sur la rétention des déchets pendant une durée suffisante pour assurer leur décroissance radioactive

²⁶ http://www.bgr.bund.de/cln_092/nn_329630/DE/Themen/Geotechnik/Endlagerstandorte/Gorleben/gorleben_node.html?__nn=true

²⁷ Proposition de concept énergétique BMU/BMWI "Neuf points pour un approvisionnement énergétique durable, fiable et abordable financièrement" - 06/09/2010 - <http://www.bmwi.de/BMWI/Redaktion/PDF/E/energiekonzept-entwurf-neun-punkte-energieversorgung.property=pdf.bereich=bmwi.sprache=de.rwb=true.pdf>

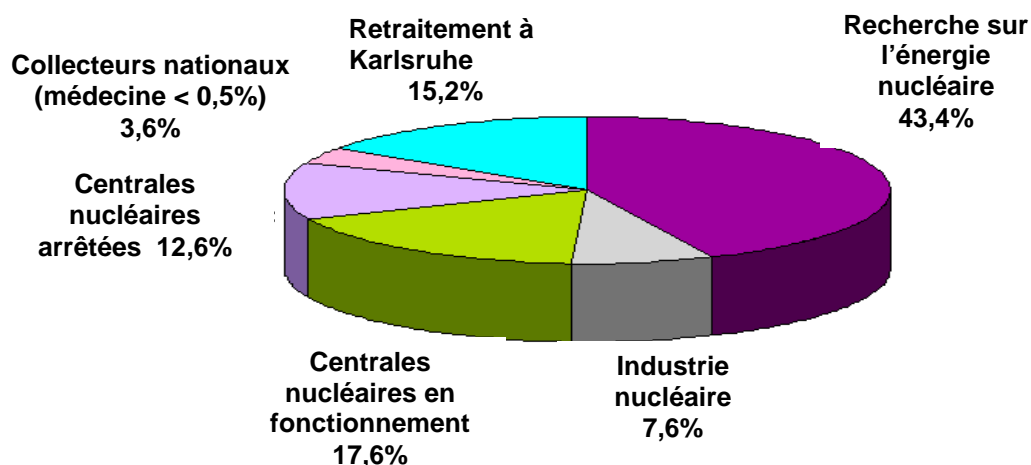
l'exploration du site de **Gorleben** en octobre 2010, accompagnée d'une analyse de sécurité d'ici fin 2012, afin de vérifier son aptitude en tant que futur site de stockage fiable de déchets HA.

5. Inventaire 2008 et prévisions des déchets radioactifs allemands, réalisés par le BfS²⁸

L'Office fédéral pour la radioprotection **BfS** réalise depuis 1984 l'inventaire annuel des résidus radioactifs. L'inventaire des combustibles irradiés s'effectue sous la direction du BMU par la **GRS**.

Nature du déchet	Déchets non thermiques	Déchets thermiques
Déchet non traités (déchets valorisables et déchets bruts)	20.138 m ³	64 m ³
Produits intermédiaires	7.380 m ³	1.252 m ³
Déchets conditionnés <i>dont produits en 2008</i>	93.929 m ³ 2.978 m ³	598 m ³ 0 m ³
Inventaire total déchets fin 2008	121.447 m³	1.914 m³
Prévision Production 2009	5.320 m ³	0 m ³

Tableau 1 : Résumé de l'inventaire des déchets 2008 (hors combustibles usés)



Graphique 1 : Répartition du stock de 93.929 m³ de déchets conditionnés non thermiques au 31/12/2008 selon les producteurs.

Le 31 décembre 2008 avaient été produits environ 121.477 m³ de déchets non thermiques (environ 4.250 m³ par an depuis 1994) et 1.914 m³ de déchets thermiques. D'ici 2040, environ **270.400 m³ de déchets radioactifs non thermiques** devraient être produits, provenant de centrales nucléaires et de l'industrie nucléaire à hauteur de 64% environ, et de 36% d'installations publiques. On estime également qu'environ **6.500 m³** supplémentaires de déchets radioactifs pourraient provenir des 11 collecteurs nationaux. Ainsi selon les pronostics on pourrait attendre un **volume global de 277.000 m³ de déchets radioactifs non thermiques d'ici 2040**. Après 2040, les quantités devraient diminuer.

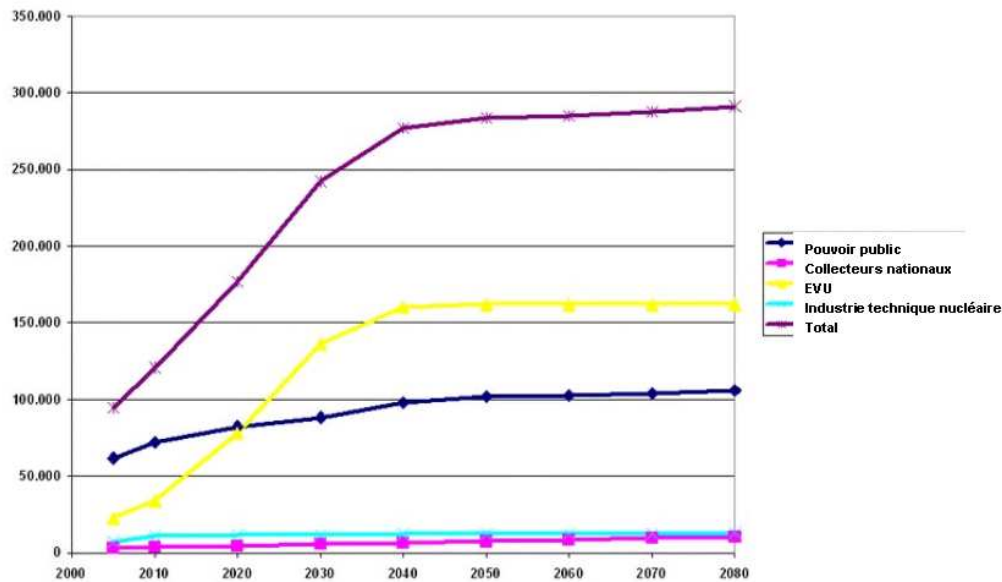
Le **stock de déchets thermiques en 2040²⁹** atteindra un total de **29.000 m³** (dont 17.200 t de métaux lourds provenant de combustibles irradiés), se répartissant comme suit :

- 20.600 m³ de combustibles irradiés dans des conteneurs Pollux ;

²⁸ Source de l'annexe : http://www.bfs.de/de/endlager/abfall_prognosen.html

²⁹ Pour un fonctionnement de réacteur à eau légère pendant 32 ans - aucune contribution n'étant attendue à partir de 2030

- 3.400 m³ de pièces de structures provenant des installations de conditionnement pour combustibles irradiés ;
- 660 m³ de déchets HA vitrifiés ;
- 1.340 m³ de déchets technologiques et déchets vitrifiés de radioactivité moyenne en provenance de La Hague (AREVA-NC, France) et de Sellafield Ltd. (BNFL, UK) ;
- 130 m³ de combustibles irradiés en provenance des réacteurs de recherche ;
- 2.000 m³ de combustibles irradiés de l'ancien réacteur expérimental de Jülich et du réacteur haute température au thorium à Hamm-Uentrop (THTR³⁰).



Graphique 2 : Evolution des quantités de déchets radioactifs non thermiques produites (m³)

Les 17.200 t de **métaux lourds** ont subi le traitement suivant : 10.500 t d'éléments combustibles irradiés, 5.379 t retraités par AREVA et 851 t retraités par BN-GS. Les quantités restantes ont été retraitées dans l'installation de retraitement de Karlsruhe (WAK) ou envoyées en quantités réduites dans les institutions étrangères suivantes :

- pour retraitement par Eurochemic à Mol (**Belgique**) ;
- pour entreposage dans le centre de stockage intermédiaire central pour éléments combustibles irradiés (CLAB) en **Suède** ;
- pour retraitement ou entreposage en **ex-URSS** (uniquement les éléments combustibles en provenance des centrales nucléaires de Greifswald et de Rheinsberg, produits sur place) ;
- pour utilisation ultérieure à la centrale de Paks en **Hongrie** (seulement les éléments combustibles de Greifswald).

Les transports pour le rapatriement de déchets à partir des sites de retraitement de **France** et de **Grande-Bretagne** rencontrent un grand intérêt public. Le site de conteneurs pour le transport de Gorleben contenait (en 11/2008) 86 conteneurs avec déchets vitrifiés HA. D'après la GNS (juillet 2008), 22 conteneurs avec déchets vitrifiés HA supplémentaires devaient encore être rapatriés de France et 21 de Grande-Bretagne³¹ vers l'Allemagne, soit 43 en tout. La quantité totale de déchets radioactifs rapatriés de France et de Grande-Bretagne après retraitement est inférieure aux prévisions initiales. Il y a plusieurs raisons à cela :

- Réduction de la quantité de déchets irradiés livrée aux installations de retraitement étrangères (et donc de la quantité rapatriée après retraitement) suite à la **cessation des transports** vers ces installations.
- **Réduction de volume** de déchets liée à la production de nouveaux déchets : à la place de déchets cimentés et bitumés par AREVA NC (France), sont produits des déchets compactés à haute pression et vitrifiés à radioactivité moyenne.
- Autre réduction de volume : à cause de la substitution de déchets FMA contre une quantité équivalente de déchets vitrifiés HA (convenue par contrat entre les exploitants de centrales nucléaires et Sellafield), les tubes et embouts ne sont pas rapatriés.

³⁰ THTR : Thorium-Hochtemperaturreaktor

³¹ La Grande-Bretagne ne rapatrie en Allemagne que les déchets HA, et conserve les déchets FMA ; elle livre en compensation environ 5% supplémentaires de déchets vitrifiés HA.

- Ajustement de la quantité de colis radioactifs à rapatrier par tonne de métal lourd, à cause des expériences en production en vigueur actuellement.

	Déchet radioactif	Nombre de châteaux de transport	Période prévisionnelle de transport
AREVA NC	Déchets HA (CSD-V)	33	2008 - 2011
Sellafield LTD.	Déchets HA	21	2012 - 2015
AREVA NC	Déchets MAVL (CSD-C)	max. 150	2012 - 2025
AREVA NC	Déchets bitumés (CSD-B)	environ 20	2015 - 2017

Tableau 2 : Prévisions de transports en provenance des usines de retraitement restant à réaliser (juillet 2008)³²

Durée de fonctionnement (années)	Allongement de la durée de fonctionnement (années)	Quantité totale de déchets supplémentaires produits (déchets liés à l'exploitation) (m ³)	Éléments combustibles irradiés supplémentaires (t. de métaux lourds)
40	8	environ 6.200	Environ 3.400
50	18	environ 13.800	Environ 7.500
60	28	environ 21.400	Environ 11.700

Tableau 3 : Prévisions concernant les déchets supplémentaires produits et éléments combustibles irradiés en cas de rallongement de la durée de vie des centrales nucléaires.

³²Source : <http://www.bfs.de/de/endlager/rueckfuehrung.html>

Annexe C : Stockage des déchets basse et moyenne activité (FMA)

1. Le site de KONRAD

a. Historique du site

- **1957-1965 : Creusement et construction de la mine du puits de Konrad**
- **1965-1976 : Exploitation minière.** L'exploitation du fer, soumise à une forte pression financière et rationnelle³³, est stoppée en 1976, après seulement 10 ans d'activité. Le comité d'établissement propose l'utilisation de la mine à d'autres fins, comme le stockage de déchets problématiques.
- **1976-1982 : Prospection.** Expériences scientifiques et techniques pour analyser l'aptitude du puits pour le stockage définitif de déchets FMA et de gros composants provenant de centrales nucléaires.
- **1982-2002 : Procédure d'homologation du projet**
 - **31 Août 1982 :** Requête concernant l'introduction d'une procédure d'homologation du projet. Grosse manifestation contre le projet (12.000 participants) en octobre 1982.
 - **1985-86 :** Elargissement fondamental du projet. Critère de stockage définitif : chaleur émise (et non plus dose de radioactivité). Le réchauffement de la roche de dépôt environnante doit rester inférieur à 3°C.
 - **1991 :** Directive du Gouvernement fédéral pour imposer l'interprétation de la documentation du projet. 289.387 objections soulevées à l'échelle fédérale.
 - **sept. 92 – mars 93 :** Négociation marathon. Manifestation contre Konrad (7.000 personnes)
 - **2000 :** Dans la loi AtG, le Gouvernement fédéral et l'industrie de l'énergie nucléaire s'entendent sur l'autorisation du site de Konrad.
- **2002-2007 : Autorisation / Plaintes**
 - **22 Mai 2002 :** Le Land délivre l'autorisation du projet. W. Jüttner, Ministre de l'environnement de Basse-Saxe, fixe un plan pour la transformation du puits en centre de stockage définitif
 - **2002-2007 :** Echec de l'action en justice portée par des agriculteurs et 3 communes auprès du tribunal administratif supérieur de Lunebourg puis de la cour fédérale administrative de Karlsruhe. La ville de Salzgitter intente un recours constitutionnel, mais sans effet notoire.
 - **26 Mars 2007 :** Autorisation du tribunal constitutionnel, qui éconduit les dernières objections.
 - **30 Mai 2007 :** Le BfS est désigné responsable du projet pour la transformation du puits de Konrad en centre de stockage définitif pour des déchets FMA non thermiques.
- **2007- : Investissements, prévisions**
 - **2007-2009 :** Investissement de 900 millions d'euros dans le budget fédéral
 - **2009-2013 :** Restructuration complète du puits et construction du centre de stockage définitif
 - **2013-2080 :** Stockage

b. Détails concernant le site, du projet à l'exploitation

L'ancienne mine de fer désaffectée de Konrad (Salzgitter, Basse-Saxe) présentant des conditions géologiques favorables au stockage de déchets radioactifs³⁴, des expériences scientifiques et techniques ont été menées sur ce site entre 1976 et 1982, dans le but d'étudier la possibilité d'y stocker des **déchets FMA**. En 1982, l'Office fédéral chargé alors de la réalisation et de l'exploitation des sites de stockage³⁵ soumet une **proposition de calendrier** en vue de l'exploitation de Konrad, qui conduit aux travaux de préparation du centre de stockage. Puis, après le dépôt par le BfS d'une **demande d'autorisation d'exploitation du site** auprès de l'autorité administrative supérieure du Land de Basse Saxe, ce dernier autorise en **juin 2002** la transformation de l'ancienne mine de fer en centre de stockage pour les déchets FMA.

Toutefois des **recours juridiques** empêchent jusqu'au **3 avril 2007** la mise en service de Konrad. Ce n'est en effet qu'à cette date que la Cour fédérale administrative supérieure de Leipzig confirme en appel le jugement de la Cour administrative du Land de Basse-Saxe du 8 mars 2006, déboutant ainsi les derniers opposants au projet. Le **30 mai 2007**, le BMU charge le BfS de **transformer Konrad en site de stockage définitif**, même si les premiers conteneurs pourront au mieux y être stockés en **2013**. Au final, selon le BMU, l'ancienne mine de fer devrait accueillir **279.000 m³ de déchets FMA d'ici à 2040** avec une activité globale d'environ **10¹⁷ Bq**.

Selon un amendement de 1976 à la loi AtG, la responsabilité de la construction d'un site de stockage souterrain relève du **Gouvernement fédéral**. De plus, le BfS confie la réalisation concrète du stockage à une

³³ 800 - 1.300m de profondeur, minerai acide, contenu en fer >33%

³⁴ Site entièrement entouré de couches d'argile et de craie imperméables à l'eau

³⁵ Physikalisch-Technische Bundesanstalt

entreprise privée, la "Société allemande de construction et exploitation de sites de stockage final de déchets" (**DBE**³⁶), émanant des grands groupes énergétiques et dont le conseil de surveillance comprend des représentants des Ministères compétents (BMU, BMWi et BMBF).

c. Prévisions pour la mise en œuvre du projet

Le BMU prévoyait³⁷ en 2007 qu'il faudrait attendre au moins 6 ans jusqu'au dépôt des premiers conteneurs, c'est-à-dire au mieux en **2013**, soit 2 ans (2008- 2009) de phase préparatoire (planification des travaux à réaliser), puis 4 années pour les modifications techniques. Il faut en effet embaucher du personnel supplémentaire, construire les machines nécessaires à la logistique, rénover et mettre aux normes actuelles les installations et aménager le site en surface et en sous-sol, le BfS s'étant contenté, dans l'attente des jugements des tribunaux, de maintenir le site en état.

Cependant, en septembre 2010, un rapport du BfS affirme que la construction du centre serait retardée de 5 ans³⁸. Ainsi le centre de stockage définitif de Konrad ne pourrait entrer en service qu'en **2019** seulement. Les raisons du retard ne sont pas connues et vont être examinées. Le maître d'œuvre conteste cette information et prétend que les travaux pourront être terminés en 2015.

d. Coûts

Les coûts de la mise en service du centre sont estimés par le BMU à **900 Mio. €**, sachant que les travaux de recherche et de démonstration déjà entrepris représentaient 916 millions d'euros. Au final, **1,8 Mrd. €**³⁹ devraient être nécessaires jusqu'au début de l'exploitation. Ces investissements sont supportés pour 1/3 par le pouvoir public et pour 2/3 par les entreprises énergétiques. Le BMU envisage d'établir un fonds de compensation des préjudices pour les régions des sites. Par ailleurs, les "**dépenses de maintien en activité**" de Konrad sont évaluées entre **18,5 et 25 Mio. € par an**⁴⁰. Enfin, il faudra encore ajouter les coûts de la mise à l'arrêt définitif de Konrad, lorsque ce dernier contiendra l'ensemble des déchets FMA allemands.

e. Inventaire radioactif

Les déchets FMA qui seront stockés proviennent du démantèlement des anciennes centrales nucléaires de l'ex-RDA, des hôpitaux, laboratoires et installations de recherche. Ils représentent environ **90% du volume total des déchets radioactifs produits sur le territoire national, mais moins de 0,1% en termes de radiations émises**. La faible période des éléments radioactifs devrait limiter la durée d'exploitation nécessaire du centre de Konrad à environ **80 ans**.

Au final, selon le BMU, l'ancienne mine de fer devrait accueillir **279.000 m³ de déchets FMA d'ici à 2040** avec une activité globale d'environ **10¹⁷ Bq**⁴¹. La capacité de stockage maximale de Konrad s'élève à environ **303.000 m³** avec une activité globale de **5·10¹⁸ Bq** pour le besoin national⁴². L'état actuel de déchets radioactifs conditionnés atteint environ **83.000 m³**. Les cavités de stockage qui seront creusées, en fonction des besoins, pourront accueillir des **conteneurs de 20 tonnes**. Il est prévu un rythme de 17 unités par jour, ce qui représente un potentiel d'accueil de 20.000 m³ par an.

f. Analyses de sécurité sur le transport de déchets radioactifs vers le site de Konrad

Une analyse de sécurité "**Etude de transport Konrad 2009**" menée par la Société de sécurité d'installations et réacteurs nucléaires (**GRS**) en février 2010 pour clarifier la réalité des appréhensions des riverains, conclut que les transports de déchets n'induisent pas de danger pour la population, le personnel de transport ni l'environnement, confirmant ainsi les évaluations menées en 1991 par le GRS à la demande du BMU et du BfS. L'étude a analysé **l'exposition aux rayonnements** dans la région de Salzgitter, provoquée par le transport de déchets ou les accidents de transport éventuels, sur la base de données concernant la nature et la quantité des déchets ainsi que l'organisation du transport suite à la décision d'approbation de 2002 (utilisation d'hypothèses conservatives⁴³).

³⁶ DBE : Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH

³⁷ Les références chiffrées sont disponibles sur le site Internet du BMU (<http://www.bmu.de/atomenergie/endlagerfragen>)

³⁸ Selon le Süddeutsche Zeitung du 23.09.2010 - http://www.bfs.de/de/endlager/publika/umbau_schacht_konrad.html

³⁹ Prévisions du BfS en décembre 2006

⁴⁰ Sources : www.bfs.de/de/transport/faq - Imprimé du Bundestag n°16/2313 du 27 juillet 2006

⁴¹ Le BfS estime que les progrès techniques, notamment en matière de conditionnement, pourraient aboutir à une réduction de ce volume

⁴² On notera que l'autorisation d'exploitation limite le stockage aux déchets allemands

⁴³ Dans ce cas de figure sont prises en considération des conditions défavorables telles que le séjour de longue durée de personnes sur l'itinéraire lors d'un transport normal ou l'absence de contre-mesure (décontamination de domaines concernés) lors des accidents de transport.

Pour le transport des déchets, l'exposition supplémentaire atteindrait au maximum **0,02 mSv / an** pour les riverains, soit 2% de la valeur limite acceptable (1mSv/an)⁴⁴ ; l'irradiation du personnel de transport serait également faible et ne nécessiterait aucune mesure de surveillance ou de protection.

Divers **accidents de transport** (par trains de marchandise ou camions) graves et plus ou moins vraisemblables ont été considérés. Un accident mettant en jeu la radioactivité pourrait statistiquement avoir lieu tous les 260 ans. Dans 9 cas sur 10, l'exposition aux rayonnements à 150 m de distance et sans contre-mesure demeurerait inférieure à 0,02 mSv, dans 99 cas sur 100 inférieure à 0,3 mSv. Dans le cas le plus défavorable, pouvant se produire statistiquement tous les 10 millions d'années, l'exposition radioactive à une distance de 150 m du site de l'accident pourrait atteindre **8 mSv**, ce qui demeure inférieur à la valeur maximale de 50 mSv planifiée en cas d'incident. L'hypothèse qu'une personne demeure dans le secteur du transport nucléaire à long terme est aussi prise en considération. Les expositions potentielles aux rayonnements citées dans l'analyse de risques actualisée se situent nettement en dessous des résultats de l'étude menée en 1991.

2. Le site d'ASSE II

L'ancienne mine de sel d'Asse II a été exploitée dans les années 1970 selon le droit minier, officiellement comme **centre de recherche**, mais servant également de facto au stockage de **déchets FMA** entre 1967 et 1978. L'ensemble du stockage s'est déroulé sans ennui technique ni incident notable. L'objectif majeur des études sur le stockage des déchets FMA était de **valider la technique**, et non d'assurer la pérennité à long terme d'un stockage définitif. Depuis janvier 2009, le puits d'Asse II est considéré comme un **centre de stockage définitif de déchets radioactifs** et dépend du **droit nucléaire**, sous la responsabilité du **BfS**. Depuis 1995, le site est en cours de démantèlement.

L'état géologique de la mine pose des problèmes de taille aux experts : **infiltration** quotidienne depuis 1988 de 12.000 L d'eau saumâtre dans les galeries menaçant la mine de **noyage**, danger d'**écroulement** suite à un remblaiement insatisfaisant de certaines chambres à l'époque de l'évacuation du sel. Ainsi, la fermeture du puits est soumise à une forte **pression temporelle**.

Le BfS a depuis janvier 2009 examiné 3 solutions pour la fermeture du site⁴⁵. La **récupération des déchets** envisagée actuellement pourrait garantir une sécurité à long terme, exigée par l'état actuel de la loi AtG. Or la fermeture du site est compliquée par 2 facteurs inconnus : le **contenu des fûts** et leur **état**. Lors de la fermeture du site, les cavités vidées de leurs fûts devront être remplies de **béton**, pour **stabiliser la mine**. Suite à la récupération des fûts, un **stockage en surface provisoire** des déchets sur le site de la mine sera nécessaire, pour tester et traiter les déchets avant de les envoyer sur un site de stockage définitif (le BfS envisage la mine de **Konrad**)

La prise en charge des coûts massifs demeure incertaine : les **énergéticiens propriétaires des centrales nucléaires**, à l'origine de deux-tiers des déchets d'Asse, devraient participer financièrement.

a. Historique du site

- **1906-1964** : Saliculture économique du site
- **1965** : La Société de recherche sur la santé et l'environnement (GSF) acquiert la mine pour y conduire des travaux de R&D en vue d'un stockage définitif de déchets nucléaires.
- **1967-1978** : **Stockage de 125.787 fûts de déchets FA**, à 750 m de profondeur.
- **1967-1975** : Stockage de 50% des fûts. **Pas de taxe** pour le stockage de déchets radioactifs à Asse.
- **1972-1977** : Stockage à -500m de **1.300 fûts de déchets MA** (dont environ 11 kg de plutonium de l'usine de traitement du combustible usé de Karlsruhe).
- **1975-1978** : **Réglementation de taxe pour le stockage de déchets FMA à Asse**⁴⁶.
- **1978** : **Fin de l'entreposage de déchets** (amendement de la loi AtG et fin des autorisations)
- **Depuis 1970** : Diverses initiatives de citoyens ou groupes politiques portent plainte contre le stockage définitif et réclament une fermeture du site selon le **droit nucléaire**.
- **1979** : Etude scientifique⁴⁷ décrivant les infiltrations d'eau et dénonçant le manque de sûreté du site.
- **Depuis 1988** : **11.500 L** de liquide salin se déversent quotidiennement sur le flanc sud de la mine.
- **1995-2004** : Colmatage du flanc sud de la mine avec des résidus de sel pour augmenter la sûreté.
- **Depuis 2002** : Développement par les exploitants du concept de **colmatage "humide"** (avec MgCl₂)
- **Depuis 2005** : Colmatage de l'affleurement en profondeur entre -950 m et -775 m (grenaille de sel et MgCl₂)

⁴⁴ Par comparaison, les charges supplémentaires par haut rayonnement lors d'un vol aller-retour de Francfort à New York atteignent 0,15 mSv.

⁴⁵ Déplacement des déchets dans des couches plus profondes de la mine, Remplissage de la mine par béton + MaCl, Récupération des déchets

⁴⁶ **900.000 €** versés par les approvisionneurs électriques.

⁴⁷ Par l'ingénieur Hans-Helge Jürgens

- **Janv. 2007** : L'exploitant dépose une demande de clôture du site auprès de l'Office du Land pour la construction, l'énergie et la géologie (LBEG), afin d'effectuer un colmatage humide de la mine.
- **Avril 2007** : Le LBEG exige un développement complémentaire du projet de clôture du site.
- **Sept. 2008** : **Transfert de responsabilité BMBF/BMU** : de laboratoire de recherche, Asse II devient **site de stockage**. Publication d'un rapport⁴⁸ du Ministère de l'environnement de Basse-Saxe (NMU) sur l'inventaire radioactif d'Asse et la radioprotection, commandé par le BMU (juin 2008).
- **19 Nov. 2008** : Proposition de loi votée par le cabinet des ministres pour l'amendement de la loi AtG, pour clarifier les **conditions cadres juridiques** pour la fermeture du site d'Asse II. Nécessité d'un démantèlement évitant une contamination radioactive de l'environnement, à court et long terme.
- **Janv. 2009** : Le **BfS** devient propriétaire d'Asse, jusqu'à présent exploitée par le **Centre Helmholtz pour la santé et l'environnement de Munich (HMGU)**. Ouverture d'un **site d'information** à proximité d'Asse, pour assurer la transparence et l'information des riverains.
- **Fév. 2009** : Rapport du Groupe de projet de comparaison des options (AGO)⁴⁹, posant aussi la question de la **récupération totale ou partielle des déchets**.
- **Janv. 2010** : Le BfS décide de ramener à la **surface** les 126.000 fûts de déchets nucléaires.
- **26 Août 2010** : **Procédure d'autorisation** pour la récupération des déchets d'Asse II : nécessité d'analyse de l'état des conteneurs (forages, prélèvement d'échantillons), vérification de la possibilité d'ouvrir les chambres et test du dégagement et de la manipulation des fûts de matières radioactives.
- **10 Sept. 2010** : **Publication d'un rapport d'inventaire** par le HMGU sur les déchets d'Asse⁵⁰.

b. Stockage pratique

Au début, les fûts de déchets FA étaient **empilés verticalement** dans les anciennes cavités d'extraction de la mine de sel gemme ; les fûts suivants ont été **empilés en position couchée**. Enfin les conteneurs ont été disposés sur un **tas de sel** dans la chambre d'entreposage, puis recouverts de déchets de sel. Les déchets MA quant à eux ont été laissés tomber dans une fosse, dans des fûts entourés de pneus, à l'aide d'une nacelle, à travers une vanne reliant une fosse à -490 m à une fosse à -511 m. Il s'est avéré ultérieurement que les emballages avaient été endommagés par cette procédure. Dès le début, le stockage a été entrepris de telle façon que les **matériaux radioactifs ne puissent plus être retirés pour contrôle ou pour un autre usage**.

c. Inventaire radioactif⁵¹

En tout, **125.787 fûts de déchets FMA** ont été stockés à Asse **entre 1967 et 1978**.

Faible activité (FA)	Moyenne activité (MA)
124.494 fûts	1.293 fûts
fosses à - 725m et - 750m	fosses à - 511m
12 chambres	1 chambre
2,8E+15 Bq lors du stockage définitif	5E+15 Bq lors du stockage définitif
1,9E+15 Bq (état 1.1.2002)	1,2E+15Bq (état 1.1.2002)
102 t Uranium	150 kg Uranium
87 t Thorium	3 kg Thorium
11 kg Plutonium	0,6 kg Plutonium

*Inventaire global des fûts*⁵²:

- 20% des fûts stockés proviennent directement de **réacteurs nucléaires**
- 50% proviennent du Centre de recherche de **Karlsruhe FZK**
- 10% proviennent du Centre de recherche de **Jülich FZJ**

Inventaire radioactif :

- **71% des inventaires radioactifs stockés** proviennent de centrales nucléaires commerciales, notamment directement de **l'installation de retraitement de Karlsruhe WAK** (site du FZK)
- 3% proviennent directement des centrales nucléaires

⁴⁸ Rapport du NMU téléchargeable sur cette page : http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C49474946_N48442951_L20_D0_I598.html

⁴⁹ Rapport " Evaluation des options pour l'amélioration de la sûreté dans le cadre de l'arrêt de la mine d'Asse II, rapport de clôture AGO-Phase-1 [2008]", téléchargeable : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/43157.php

⁵⁰ http://www.bmbf.de/pub/abschlussbericht_inventar_asse.pdf

⁵¹ Inventaire établi en 2002 selon des listes de stockage

⁵² Source http://www.strom-magazin.de/strommarkt/asse-abfaelle-gabriel-will-akw-betreiber-in-die-pflicht-nehmen_25409.html

Le **rapport d'inventaire publié par le HMGU** en septembre 2010 note que 14.779 fûts parmi les 126.000 stockés à Asse ont été coulés dans le béton en tant que déchets FA, alors qu'ils contiendraient selon les prescriptions de l'époque des déchets MA, car les autorisations de stockage fixaient seulement un débit de dose à l'extérieur des fûts. Aujourd'hui, 30 ans après leur stockage, encore 8.465 fûts par les 14.779 peuvent encore être considérés comme MA.

d. Instabilité et infiltrations

En 1979, il était déjà prouvé qu'Asse courait des risques en raison d'un **manque de stabilité**⁵³. Mais les résultats de cette étude n'ont d'abord pas été pris au sérieux par les responsables du site ni les institutions de tutelle, qui ne se sont souciés qu'au milieu des années 1990 des conséquences imprévisibles potentielles d'une **infiltration importante (12,5 m³/jour) de saumure** en provenance des montagnes voisines, et de la **solidité insuffisante** de la charpente de la mine. Il n'est pas exclu que cette infiltration puisse s'accroître à l'avenir, ce qui aurait des suites extrêmement négatives, car la solution qui s'infiltre dissout davantage de sels dans la mine, fragilisant encore le site

Le **HMGU**, exploitant de la mine jusqu'à janvier 2009, a déclaré en 2008 au Comité environnement de Basse-Saxe que "depuis le début des années 1990, il était informé de l'existence ponctuelle de concentrations en Césium 137 à 750 m de profondeur". Or ce n'est qu'en 2006 que les autorités compétentes du Land semblent avoir été officiellement informées de ces valeurs élevées.

L'infiltration de saumure observée depuis 1988 dans le flanc sud de la mine a conduit à démarrer une **stabilisation par remplissage des cavités du flanc sud** de la mine : les résidus de sel du terril de **Ronnenberg** ont été injectés dans les fentes. Une infiltration de saumure représente un incident grave du point de vue de la sécurité d'un stockage définitif, car des **radioéléments sont susceptibles d'être relâchés dans l'environnement** en suivant la voie de la saumure.

e. Statuts et droits pour la fermeture du site

La fermeture du site a rencontré de nombreuses difficultés. En effet, si le BMU constitue l'autorité compétente en Allemagne en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, l'ancienne mine d'Asse, en tant que centre de recherche, tombait quant à elle jusqu'à 2009 sous la responsabilité du **BMBF**, dont elle dépendait financièrement. Le BMBF avait décidé de stopper l'exploitation de la mine d'Asse II, ce qui signifiait que les travaux de recherche dans la mine devaient cesser, et que le démantèlement du site avait été décidé, mais que **les fûts de déchets devaient rester sur place**, la fin des mesures de comblement étant prévue pour **2017**. Or les Verts réclamaient le déplacement de ces fûts. La question a fait l'objet de débats animés au Bundestag entre les différents partis politiques.

Cependant le HMGU, ancien exploitant de la mine, souhaitait réaliser son concept de fermeture de la mine selon le **droit minier** et non selon le **droit nucléaire** : le premier prévoit une **faible implication du public**, et le deuxième au contraire une forte implication, dans le cadre de la loi AtG. Le sujet est d'autant plus sensible que le site actuellement envisagé pour le futur stockage géologique des déchets thermiques allemands est également un **site salin (Gorleben, Basse-Saxe)**.

Finalement, depuis **septembre 2008**⁵⁴, le puits d'Asse a changé de statut et d'exploitant : L'exploitation est passée le 1^{er} janvier 2009 aux mains du **BfS** et est désormais financée par le **BMU**. Elle est désormais considérée comme un **centre de stockage définitif de déchets radioactifs** et dépend donc du **droit nucléaire**. Ce changement de statut implique une série d'importantes évolutions et la mise en place de mesures que le gouvernement souhaite voir aboutir très rapidement.

Actuellement, la mine est préparée pour la fermeture. Le plan de fermeture, ainsi que le rapport de sécurité pour la cessation d'activité de la mine de recherches d'Asse ont été déposés le 29 janvier 2007 au LBEG, à Clausthal-Zellerfeld.

f. Fermeture sécurisée du site

L'objectif premier de toutes les mesures de fermeture de la mine est d'assurer un **confinement sécurisé des déchets radioactifs vis-à-vis de la biosphère**. Actuellement, une solution saturée de **MgCl₂**, ou "fluide de protection", est injectée dans les interstices pour en minimiser le volume et limiter la dissolution de la carnallite par l'arrivée de saumure (NaCl). Mais cette solution attaquerait les fûts des déchets et, selon le GSF, ces derniers pourraient être détruits en 10-100 ans. Les interactions éventuelles entre la saumure et les éléments radioactifs n'ont pas été étudiées. En injectant un **béton au magnésium**, on espère éviter l'effondrement des structures de la mine. Mais il subsiste le risque que la radioactivité atteigne les **nappes phréatiques**. Il aurait

⁵³Source : <http://www.asse2.de/vortraege/h-h-juergens-jan-79.pdf>

⁵⁴ Source : voir BE Allemagne 402, 11/09/2008 <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/55920.htm>

fallu pratiquer de vastes explorations hydrogéologiques au début de l'exploitation de la mine. Une solution alternative serait le remplissage avec un **matériau solide**. En attendant, les autorités fédérales explorent la possibilité de **réextraire les fûts** pour les transférer dans un **site de stockage intermédiaire contrôlé**. Les tâches suivantes sont actuellement en cours d'exécution, ou planifiées à court terme :

- Construction de **barrages d'écoulement** pour une limitation effective et une dérivation des flux de saumure dans le domaine minier.
- **Remplissage des vieilles cavités d'extraction**. D'août 1995 à avril 2004, les vieilles cavités dans la mine d'Asse II entre les niveaux 725 m et 490 m ont été remplies avec des résidus de sel (environ 2,15 millions de tonnes en tout) de l'ancienne mine de potasse de Ronnenberg.
- **Remplissage des cavités** au-dessous du niveau 800 m.
- Injection de solution saturée de **MgCl₂** dans les interstices depuis 2004.
- **Comblement** des puits Asse 2 et Asse 4.
- **Mise en sécurité** des fosses par des travaux dans les bâtiments : contrôle des zones menacées de chutes de pierres, vérification des bennes, de la machinerie et de la câblerie de la mine, entretien des voies surfaciques, surveillance et maintenance des machines et installations électriques.

Il n'est pas encore évident que ces mesures puissent assurer la stabilité de la mine, ni sa sécurité à long terme. Pour éclaircir ces questions, l'Institut de mécanique orologique (IfG) de Leipzig a publié pour le compte du GSF, dans le cadre d'un workshop (sept. 2007), une "**Analyse de la résistance au poids de l'ensemble du système de l'installation d'Asse**"⁵⁵. Suite à ce workshop, le BMU, le BMBF et le NMU ont communiqué le **21 novembre 2007** les 5 mesures suivantes pour améliorer la sécurité et minimiser les risques⁵⁶:

- **Analyse de risques** du GSF (d'ici mai 2008) couvrant également le risque d'une infiltration fortement croissante de saumure pendant la phase de fonctionnement actuelle.
- **Evaluation définitive des différentes options** (mi-2008) prenant en compte, outre les mesures de fermeture déjà tentées, les mesures complémentaires ou alternatives, y-compris l'extraction des déchets
- **Etude de faisabilité scientifique et technique** du GSF (2009) en vue d'une **stabilisation** de la structure de la mine, plus rapide que le **remplissage** effectué jusqu'à présent (ex: élévation de la résistance des matériaux de remplissage dans le flanc sud-ouest).
- Priorité donnée pour le plan de fermeture aux mesures à prendre en **temps utile**, faute de ne pas pouvoir les réaliser par manque de temps en cas de besoin (ex : barrages anti-inondation)
- Implication des **représentants locaux** dans l'élaboration et l'évaluation des options : soutien du BMU, BMBF et NMU à la mise en place d'un groupe d'accompagnement régional ou communal.

g. La récupération des déchets radioactifs :

Le BfS a depuis janvier 2009 examiné 3 solutions pour la fermeture du site⁵⁷, aucune n'étant optimale, selon Wolfram König, président du BfS. Il a finalement été décidé en janvier 2010 de ramener à la surface les 126.000 fûts de déchets nucléaires que la mine contient. La récupération des fûts devrait durer 10 ans et coûter **2 milliards d'euros**, selon une estimation du président du BfS.

L'option de récupération des déchets envisagée actuellement pourrait garantir une sécurité à long terme, exigée par l'état actuel de la loi AtG. Les autres options consisteraient en un **déplacement des déchets dans des couches plus profondes de la mine**⁵⁸ ou un **remplissage de la mine par du béton et une solution basique de chlorure de magnésium**⁵⁹. Cependant, les risques liés à l'option de récupération des fûts ne sont pas nuls : dans un premier temps, il faut vérifier que les déchets radioactifs stockés dans des chambres scellées à 511 et 750 m de profondeur dans des conditions extrêmement douteuses peuvent être effectivement entièrement récupérés. La fermeture du site est compliquée par 2 facteurs inconnus : le **contenu des fûts et leur état**. A côté des déchets liés à l'activité des centres de recherche nucléaire et des centrales nucléaires, les chambres contiendraient 28 kg de plutonium, de l'arsenic, du plomb, des pesticides et même des cadavres d'animaux. Lors de la fermeture du site, les cavités vidées de leurs fûts devraient être remplies de **béton**, afin de stabiliser la mine. Par ailleurs, seules certaines chambres de stockage devraient être ouvertes dans un premier temps, afin de récupérer entre 1.000 et 3.000 fûts, sur lesquels le BfS souhaite effectuer des essais et mesurer la réactivité. Si les conteneurs s'avéraient être en plus mauvais état que prévu, leur récupération pourrait être remise en question et d'autres options à nouveau considérées.

Suite à la récupération des fûts, un **stockage en surface provisoire des déchets sur le terrain de la mine** sera nécessaire, pour tester et traiter les déchets avant de les envoyer dans un site de stockage définitif.

⁵⁵ Cette analyse peut être consultée sur : <http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/ASSE/PDF/News/Kurzbericht-Zustandsanalyse-V-4.pdf>

⁵⁶ Source : http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/40407.php

⁵⁷ http://gsb.download.bva.bund.de/BFS/ASSE/Optionenvergleich/start_optionenvergleich_1-5.swf (en allemand)

⁵⁸ Solution viable à long terme, mais coûteuse, à mise en œuvre lente + risque de ne pas trouver de site approprié

⁵⁹ Solution rapide+ mise en œuvre facile (sans transport de déchets), mais sans garantie durable de sécurité cf dégagements radioactifs possibles

Cela représente une dose d'irradiation supplémentaire pour le personnel qui devra manier les déchets, mais qui demeurerait inférieure aux limites de sécurité : le BfS estime la dose d'irradiation totale à **900 mSv/an**, répartie entre les travailleurs, dont chacun ne recevrait donc qu'une dose bien inférieure à la limite de 20 mSv/an. Une grande partie des travaux devrait être menée par des machines automatiques et dirigée à distance. De plus, toute exposition des riverains serait exclue.

Pendant la planification de la récupération des fûts, le BfS mènera des **travaux de stabilisation de la mine**. Depuis des mois, les cavités ne contenant pas de déchets sont scellées. Pour le stockage des déchets en provenance d'Asse, le BfS examine la possibilité d'exploiter l'ancienne mine de fer de **Konrad** à Salzgitter (à 20 km de Asse), qu'il aménage actuellement en site de stockage définitif pour des déchets FMA. Toutefois, l'agrément concernant Konrad ne s'applique qu'à un maximum de **303.000 m³** de déchets. Or le volume des déchets en provenance d'Asse dépasse 100.000 m³, ce qui laisserait peu de place pour une prise en charge des déchets nucléaires jusqu'en 2040. Comme il est prévu, la capacité d'accueil de Konrad devrait être reconsidérée.

3. *Le site de MORSLEBEN*

Le site de **Morsleben** (ou **ERAM**⁶⁰), ancienne mine de potasse et de sel gemme sur l'ancienne zone de frontière RDA / RFA, a été désigné en 1969 comme **site de stockage définitif des déchets FMA de la RDA**. En 1990, l'installation passe sous la responsabilité **du Gouvernement fédéral** qui accélère le remplissage du stockage, la plus grande part de l'inventaire radioactif étant ainsi constituée de déchets en provenance de **centrales nucléaires de l'ex-RFA**. Le stockage est arrêté depuis 1998 et des mesures devraient être prises pour une **fermeture sûre de la mine**.

Le gouvernement de coalition souhaite un démantèlement rapide du site de Morsleben, pour lesquels il exige une **participation financière des grands groupes énergétiques** concernés.

a. Historique du site

- **1969** : Le Comité national pour la radioprotection (SZS) désigne Morsleben comme **site de stockage définitif** de toutes les sortes de déchets radioactifs de la RDA.
- **1971-72** : Stockage de 500 m³ de déchets avant la transformation en site de stockage définitif.
- **1972-73** : Acceptation du site, entreposages supplémentaires avant la mise en activité officielle.
- **1978-79** : Acceptation de mise en exploitation du site.
- **20 Juin 1981** : Autorisation d'un fonctionnement continu de l'ERAM pendant 5 ans.
- **22 Avril 1986** : Délivrance d'une autorisation d'un fonctionnement continu illimité. Un certificat de sécurité à long terme pour le stockage définitif ne doit pas encore être fourni à ce stade.
- **3 Octobre 1990** : La compétence pour le stockage définitif incombe au **BfS** en tant qu'opérateur.
- **1991-1998** : Accélération du stockage de déchets sous la responsabilité de la RFA
- **13 Octobre 1992** : Demande par le BfS d'une procédure de mise en vigueur du plan.
- **9 Mai 1997** : **Demande de fermeture du site** par le BfS selon la **AtG**.
- **25 Sept. 1998** : Plainte d'écologistes stoppant le fonctionnement du site de stockage
- **12 Avril 2001** : Une brèche, par laquelle plusieurs milliers de tonnes de roches salines jaillissent de la couverture, montre les dangers d'un effondrement dans l'ERAM.

b. Le stockage pratique des déchets

Des déchets radioactifs **liquides** ont été pulvérisés sur une couche de cendres de lignite, dans l'hypothèse que ce mélange s'agrègerait. Or au contraire de grosses quantités de liquides radioactifs se sont infiltrées jusqu'au fond de la mine. Plus tard un autre procédé a été instauré, également stoppé par le Gouvernement fédéral peu après sa prise en charge du centre de stockage.

Les déchets radioactifs **solides** ont en partie été laissés tomber en fûts dans des cavités de stockage, ou encore empilés en fûts. Lors de la chute, de nombreux fûts ont été abîmés. Des sources radioactives étaient en parties immergées dans des trous de mines.

c. Inventaire radioactif

Lors de la première période de stockage entre 1971 et février 1991, environ **14.432 m³** de déchets FMA ont été stockés, et **6.227** sources radioactives enclavées, avec une radioactivité globale de **0,29 PBq**. Les déchets

⁶⁰ ERAM : Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben

provenaient avant tout des centrales nucléaires de Greifswald et Rheinsberg ainsi que du réacteur de recherche de Rossendorf. Le reste provenait avant tout de sources radioactives et de préparations radioactives utilisées dans la recherche, la médecine et l'industrie. Les déchets contenaient 40% de déchets solides, en particulier des déchets mélangés et des concentrés de vaporisation compactés, et presque 60% de substances liquides.

Entre 1994 et 1998, environ **22.320 m³** de déchets radioactifs ont été stockés sur le site, avec une radioactivité globale de **0,08 TBq** en rayonnement alpha et **91 TBq** en rayonnements bêta et gamma. Les déchets provenaient de toute l'Allemagne. Environ 88% des déchets provenaient de l'activité des centrales nucléaires de l'ancienne RFA et des centrales nucléaires de l'ex-RDA désaffectées de Rheinsberg et Lubmin. 3% des déchets provenaient des centres de collecte fédéraux et 9% d'instituts de recherche. Ici aussi il s'agissait avant tout de déchets mélangés, concentrés de vaporisation, résines, déchets comprimés sous haute pression et sources radioactives enclavées.

En totalité, jusqu'à la fin de l'activité de stockage en 1998, au moins **36.753 m³** de déchets FMA ont été stockés à Morsleben. A cela se rajoutent au moins **6.621** sources radioactives enclavées. L'activité radioactive globale s'élève à **0,38 PBq**.

d. L'exploitation par la RDA

En 1965, l'Office fédéral pour la radioprotection (SZS) de la RDA (plus tard Office fédéral pour la sûreté nucléaire et la radioprotection - SAAS) débute la recherche d'un **site de stockage définitif central** pour tous les déchets radioactifs de la RDA. Au cours du processus de sélection, 10 sites sont examinés. Finalement le choix se porte en 1965 sur **Morsleben**, site accepté en 1972-73. Sa caractéristique de mine de sel a joué un rôle dans ce choix, ainsi que la taille des cavités disponibles et la constructibilité rapide de la mine.

La première acceptation partielle pour le stockage définitif de 500 m³ de déchets radioactifs du **site de stockage provisoire** totalement rempli de la RDA à **Lohmen** (Dresde) a été émise en 1971-1972. Ce stockage s'est opéré grâce à une valorisation économique, avant les mesures de transformation (autorisation de construction en 1974) de la mine de sel en centre de stockage définitif. Dans les années suivantes, de plus petites quantités de substance radioactives ont été stockées, même si l'autorisation de mise en circulation n'a été attribuée qu'en 1978. L'autorisation d'un fonctionnement continu a été accordée en juin 1981 pendant une durée limitée, puis transformée le 22 avril 1986 en autorisation illimitée. A la fin des années 1980 ont eu lieu les préparations pour une phase supplémentaire d'autorisation, destinée à permettre le **stockage de substances très radioactives**. Cette autorisation n'a jamais abouti à cause de la réunification de la RDA et de la RFA.

e. L'exploitation en Allemagne réunifiée

Avant la réunification déjà, de nombreux experts avaient **mis en doute la sûreté** de la mine de sel. Le SZS et le gouvernement de Saxe-Anhalt considéraient aussi déjà dans les années 90 ces installations comme inappropriées pour stocker les déchets nucléaires. Cependant, en 1995, le Ministre fédéral de l'environnement **Angela Merkel** (CDU) aurait assuré au Ministère de l'environnement du Land qu'il n'y avait aucun déficit de sûreté et aurait ordonné en septembre 2007, selon le Spiegel, que les fûts de déchets nucléaires d'un poids allant jusqu'à 1.100 kg soient déposés dans la mine, malgré les doutes du Land. Mme Merkel aurait expliqué qu'elle se serait "basée sur les évaluations du Ministère fédéral de l'environnement et de l'Office fédéral pour la radioprotection." Depuis l'arrêt du stockage de déchets radioactifs à Morsleben en 1998, le site a été **stabilisé de façon coûteuse**, puisque entre-temps il a été considéré comme fortement **menacé d'écroulement**. Les coûts pour la fermeture de la mine sont évalués à **2,2 milliards d'euros**.

f. Considérations juridiques

Suite à la réunification allemande, le site de stockage définitif a été **intégré par la RFA**. Les compétences pour la continuation de l'exploitation du site ont été reportées au **BfS**, qui effectue des contrôles pour l'exploitation du site de stockage, en tant qu'autorité publique. Avec l'assistance de la surveillance étatique, conformément au **§ 19 de l'AtG**, la "surveillance propre des centres de stockage définitifs fédéraux" a été confiée au BfS par le BMU. La licence d'exploitation, jusqu'à présent illimitée, a été limitée dans le traité d'union du 30 juin 2000. Contrairement au processus de clôture d'Asse II, traité jusqu'à récemment selon le droit minier, le stockage définitif de déchets radioactifs de Morsleben l'a toujours été **dans le cadre de la loi AtG**.

g. Sûreté du site

Au cours de la fermeture du site, environ **4 millions de m³ de sel bétonné** seront apportés à l'ERAM. Juste après la décision de procédure de mise en vigueur du plan et la transformation nécessaire de la mine, la réalisation des mesures de fermeture pourra débuter.

Annexe D : Stockage des déchets thermiques de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) - le site de GORLEBEN

Le dôme salin de Gorleben (Basse-Saxe) a été initialement choisi comme **centre de stockage géologique allemand pour les déchets thermiques⁶¹ de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL)**. La prospection de la mine de Gorleben a débuté en 1979. La première expertise a été soumise en 1983 par l'ancien Office fédéral technique et physique (PTB) de Brunswick. Cependant, le projet, très contesté, a été bloqué par un **moratoire de 10 ans en 2000** par le gouvernement SPD-Verts. En été 2009 a été révélé que de nombreux commentaires d'experts auraient été consciemment passés sous silence et le gouvernement est soupçonné d'avoir embelli les expertises. Une commission d'enquête du Parlement doit éclaircir ces accusations.

La nouvelle coalition CDU-CSU / FDP a décidé d'**abroger le moratoire** et discute du redémarrage des travaux de recherche pour déterminer l'aptitude du site à un stockage définitif de déchets radioactifs HA-MAVL, mais les analyses dans la mine sont arrêtées jusqu'au 30 septembre 2010, pour des questions de **sécurité** encore en suspens ; en particulier, les **sédiments argileux** au centre de la mine de sel pourraient ne pas suffire pour contenir des contaminations à long terme de la biosphère.

Les groupes énergétiques ont investi jusqu'à présent **1,4 milliard d'euros** dans la gestion du site.

1. Historique du site

- **1974** : Présentation par le gouvernement fédéral du concept d'un **centre national d'élimination des déchets nucléaires**.
- **1976** : Création d'un groupe de projet dans le gouvernement du Land de Basse-Saxe pour choisir par un processus non public un site convenable pour y établir un centre d'élimination des déchets nucléaires, parmi plus de 200 mines de sel du Nord de l'Allemagne.
- **Fév. 1977** : Le Premier Ministre de Basse-Saxe Ernst Albrecht (CDU) choisit Gorleben comme site pour un "**centre de traitement des déchets nucléaires**", de façon peu transparente, et pour des raisons supposées principalement politiques et économiques⁶².
- **1977-1979** : Exploration du site de Gorleben pour rassembler des données et informations et vérifier que le site salin est approprié au stockage définitif de déchets.
- **Jusqu'à 1986** : Premiers travaux effectués. Deuxième puits creusé jusqu'à 840 m.
- **1997** : Le premier puits atteint la profondeur finale de 933 m. Le gouvernement fédéral estime des coûts totaux de **4,58 milliards de DM** jusqu'à la mise en activité du site.
- **1^{er} octobre 2000** : **Arrêt de la prospection de la mine suite au consensus sur l'énergie** entre le gouvernement rouge-vert et les entreprises fournisseuses d'électricité.
- **2005** : Publication d'un rapport du BfS concernant les résultats des questions de sécurité technique du site de Gorleben.
- **Oct. 2009** : Annonce de la nouvelle coalition CDU-CSU / FDP de l'**abrogation du moratoire de Gorleben** afin de redémarrer les travaux de recherche et déterminer dès que possible l'aptitude du site pour un stockage définitif de déchets HA-MAVL. Un groupe d'experts internationaux accompagnera le processus d'évaluation du site.

2. Le moratoire de Gorleben

En 1986, dans le cadre de la 1^{ère} phase du projet d'exploration de la mine, les deux puits de Gorleben 1 et 2 ont été creusés à 933 et 840 m de profondeur. Puis lors de la 2^{ème} phase de projet d'exploration de la mine, des galeries ont été creusées, dont les comportements géologiques ont fait l'objet d'une carte topographique ; une multitude de forages de prospection ont été entrepris, pour clarifier les propriétés géophysiques ainsi que l'inventaire structurel des **roches salines**. Cette prospection a été entreprise sans que des **critères de sécurité concrets** n'aient précédemment été développés, discutés publiquement ni établis.

Le **moratoire décrété en 2000** pour un maximum de 10 ans était l'un des éléments importants du concept de "sortie du nucléaire" du gouvernement rouge-vert. Il n'était pas fondé sur des défauts de planification ou des résultats géologiques catastrophiques, mais avait pour objectif **d'éclaircir publiquement des questions de sûreté**, qui pourraient avoir une influence sur l'organisation future des procédures. Cette durée de 10 ans servait à relier les décisions allemandes avec les **discussions internationales**, et à remanier

⁶¹ Source : http://pacen.in2p3.fr/IMG/ppt/Texte_conference_II_F.ppt

⁶² Morsleben se situait en RDA mais à la frontière avec la RFA ; Gorleben se situe en RFA mais seulement à 2 km de RDA. En cas de catastrophe nucléaire à Gorleben, sur un rayon de 30 km, plus de 70 % des personnes touchées auraient été des habitants de la RDA.

les critères propres afin de développer un centre de stockage définitif ; en effet, l'état de la science et de la technique dans l'évaluation des risques pour les centres de stockage a considérablement avancé ces dernières années. Ainsi Gorleben pourrait demeurer favori pour une autre recherche de site de stockage définitif.

Les résultats des questions de sûreté technique ont été publiés en 2005 dans un rapport du BfS⁶³. Ils constituent une base pour l'actualisation des critères de sûreté pour le stockage définitif. Selon les résultats de ce rapport, les critères sont davantage liés au choix du **bon site** qu'à celui de la **roche de dépôt**, jusqu'à présent considérée comme essentiel. Le choix du site ne peut pas être effectué de façon abstraite, mais seulement dans le cadre d'un processus de choix effectué de manière scientifique et technique. Ce processus est équivalent à ce qui se fait au niveau international.

Gorleben était supposé héberger toutes sortes de déchets radioactifs, non thermiques ainsi que thermiques. Désormais que le site de Konrad est accepté pour le stockage définitif de déchets FMA, l'Allemagne n'a plus besoin que d'un site de stockage de déchets HA-MAVL. Ce site n'hébergera à la fin de son exploitation **qu'une petite partie du volume, mais plus de 99% de la radioactivité des déchets radioactifs produits en Allemagne.**

3. Sûreté du site

Le choix du **sel gemme** comme roche de dépôt pour un site de stockage définitif constitue déjà en soi une démarche qui nécessiterait une évaluation, excluant a priori des alternatives possibles comme des **formations d'argile ou de granite**, favorisées dans d'autres pays pour le même objectif. Des forages d'exploration géologiques, qui ont été effectués entre 1979 et 1999, ont abouti au début des années 80 à une contestation de l'aptitude de la mine de sel de Gorleben-Rambower, entre autres à cause **d'un terrain de couverture instable et d'un contact avec la nappe phréatique**. Ainsi, la rigole d'eau de fonte de 320 m de profondeur dans laquelle s'écoule la nappe phréatique se situe exactement au niveau de la mine de sel. Le terrain de couverture était supposé à l'origine constitué **d'énormes couches d'argile oligocène** de plusieurs mètres de profondeur⁶⁴ ; or ces couches auraient été détruites par-dessous par un diapir de sel ascendant et par-dessus par des déblayages et colmatages par la glace. Par ailleurs, la nappe phréatique, véhiculant du sel, se déplace aussi verticalement de la mine de sel vers la surface, de sorte que par contact avec les matériaux radioactifs il pourrait en résulter une **contamination de la biosphère**.

Les problèmes rencontrés actuellement dans d'autres mines de sel utilisées comme centres de stockage pour les déchets FMA, comme Asse II et Morsleben (comprenant des affaissements de couverture, des brèches de la nappe phréatique), peuvent être jugés au regard des critères ci-dessus comme des indices prouvant que l'usage d'une **mine de sel comme roche de dépôt géologique est inapproprié pour un centre de stockage définitif stable et sûr à long terme.**

4. Abrogation du moratoire de Gorleben - volonté de transparence des travaux d'exploration

Suite aux élections parlementaires d'octobre 2009, la **coalition CDU/CSU-FDP** avait affirmé qu'elle comptait **abroger le moratoire de la mine Gorleben** afin de redémarrer les travaux de recherche et de déterminer dès que possible l'aptitude du site pour un stockage définitif des déchets nucléaires HA-MAVL. La coalition prévoit également une **compensation** pour les régions destinées à accueillir un site de stockage définitif. Norbert Röttgen (Ministre fédéral de l'environnement) a déclaré le 15 mars 2010 qu'il souhaitait engager les démarches nécessaires pour reprendre l'exploration de Gorleben, mettant par cette annonce une **fin officielle au moratoire**.

Une **équipe d'experts internationaux** accompagnera le processus d'évaluation et les travaux d'exploration du site. Cette phase de prospection devrait être clôturée à la fin de la législature à venir, en 2017, et menée sous le **droit minier**, c'est-à-dire sans consultation de la population. Même si M. Röttgen affirme sa volonté de transparence, ce n'est que lorsque le site minier aura été désigné apte à devenir un centre de stockage définitif que débiteront les procédures d'agrément selon le **droit nucléaire**, incluant un examen de la compatibilité avec l'environnement ainsi que la consultation de la population. Si Gorleben s'avère ne pas se prêter à un stockage définitif, des stockages alternatifs à ceux au sel seront étudiés et d'autres formations rocheuses analysées en parallèle : parmi les sites potentiels, Gorleben a certes la priorité, mais pas l'exclusivité.

M. Röttgen estime qu'il faudra attendre encore 20 ans avant que l'Allemagne ne dispose d'un site actif de stockage définitif. Notons que le BfS ne possède le droit d'explorer la mine de sel que jusqu'en 2015 et a été chargé par le BMU de négocier avec les propriétaires et les gérants les **droits du sel**.

⁶³ "Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle – Wirtsgesteine im Vergleich" (questions de conception et de techniques de sécurité pour le stockage définitif de déchets radioactifs – comparaison de roches de dépôt)

⁶⁴ Ce qui constitue sous la définition d'un "système de barrières multiples" du BfS une condition préalable minimale pour considérer une mine de sel comme potentiellement apte à devenir un centre de stockage définitif

5. Coûts et implication financière des exploitants nucléaires

Les coûts annuels pour la maintenance de la mine de Gorleben avoisinent **22 millions d'euros**. Environ **1,5 milliard d'euros** a déjà été investi dans l'exploration de Gorleben entre 1977 et 2007, dont 11% par l'Etat fédéral, avec un investissement ultérieur probable de 1,5 milliard d'euros. 99% des coûts devraient être supportés par les **exploitants nucléaires**, principaux producteurs de déchets.

6. Opposition de la population

Si le Forum atomique allemand (DAF) a salué avec enthousiasme l'annonce de M. Röttgen concernant l'abrogation du moratoire, le chef du parti Vert Cem Ozdemir lui a reproché de **masquer la réalité géologique**, la mine de sel de Gorleben étant totalement inadaptée au stockage. Il a été rejoint dans sa critique par l'Organisation pour l'environnement et la protection de la nature (BUND) qui ne voit dans Gorleben qu'une **dilapidation de temps et d'argent**. Dès le 15 mars 2010, les premiers manifestants ont bloqué le portail d'accès à l'installation de Gorleben avec des banderoles et des haut-parleurs. L'Association citoyenne de protection de l'environnement Lüchow-Dannenberg (BI) à Hanovre compte soutenir les actions en justice de propriétaires dont les droits du sel ont été affectés par l'exploration, pour renverser le projet. Selon BI, le choix de Gorleben comme site nucléaire a été dès le début une série **d'harcèlements moraux et de manipulations**, le site étant soupçonné d'avoir été choisi non pas pour des raisons scientifiques mais par **calculs politiques**.

7. Avantages économiques

La poursuite de l'exploration de Gorleben pourrait entraîner un **essor économique** dans la région. Au moins 200 mineurs doivent être engagés par la Société allemande pour la construction et l'exploitation des centres de stockage définitif (DBE), pour poursuivre les travaux en profondeur. Actuellement, il n'y a plus que 70 mineurs actifs à Gorleben. L'arrêt de l'exploration il y a dix ans avait contraint la société à licencier une grande partie du personnel. Aucune date concrète n'a cependant été citée pour la reprise des travaux.

Remarque : Le transport annuel de **castors** de La Hague vers l'Allemagne n'a pas pour destination **le site du futur stockage définitif**, mais le **centre de stockage provisoire de Gorleben**, une salle bétonnée. Les déchets nucléaires HA doivent y demeurer pendant plusieurs décennies dans leurs châteaux de transports, jusqu'à ce qu'ils se soient refroidis de 400°C à 200°C, et qu'un site de stockage définitif soit à leur disposition. Depuis novembre 2008, **91 containers** y sont stockés.

Annexe E : Centres de stockage provisoires

1. *Élimination des déchets*

Il existe plusieurs méthodes d'élimination des déchets de la zone de contrôle⁶⁵ :

- Libération sécurisée non limitée pour **réutilisation ou recyclage**
- Libération de **résidus métalliques** pour recyclage sous conditions particulières
- Enlèvement pour élimination comme **déchets conventionnels non recyclables** (dépôt)
- **Revalorisation contrôlée** dans le domaine nucléaire
- Élimination comme **déchet radioactif**

Le classement des composants dans les diverses catégories d'autorisation est précisé dans le **traité de protection contre l'irradiation** (StrlSchV). Chaque composant est testé pour déterminer sa contamination ou son statut de radioactivité, puis classifié, et une méthode appropriée d'élimination lui est assignée. Puis suit la décomposition ou la réduction de volume ainsi que la décontamination si nécessaire, pour remplir les exigences d'élimination.

a. Décontamination :

La contamination est **surfacique** dans la majorité des cas. Lors de la construction de la centrale nucléaire, les surfaces de nombreux composants ont été enduites avec un **revêtement d'étanchéité**. Ces composants peuvent alors être totalement décontaminés à l'aide d'un nettoyage en profondeur ou une abrasion. La contamination infiltrée en profondeur dans le matériau via des pores ou fissures doit être éliminée de façon mécanique ou chimique. Les techniques suivantes entrent en considération :

- grenailage avec des grains d'acier
- grenailage à l'eau à haute pression
- rinçage à l'aide de solutions chimiques

b. Décomposition ou réduction de volume :

Lors du démantèlement des installations, des composants de **grande taille** doivent être décomposés. Les instruments utilisés sont ceux du secteur traditionnel (grande scie, ciseaux hydrauliques, broyeur de tôle). Pour éviter la création d'aérosols⁶⁶, des appareils à fonctionnement ralenti sont employés. Les outils et l'équipement sont installés dans la configuration nécessaire dans les zones désignées pour la décomposition, la décontamination et le traitement des déchets. Un critère essentiel d'utilisation des méthodes et outils est la **minimisation de l'exposition radiologique pour le personnel**. Il s'agit donc d'éviter la saleté et la formation de poussière. Certains travaux sont effectués en zones blanches, où l'air est purifié et filtré, afin d'éviter la propagation de la radioactivité dans la centrale et d'assurer la protection de l'environnement des émissions radioactives.

Si possible, les composants sont réduits à une **taille manipulable**, puis transportés dans des conteneurs spéciaux pour un traitement ultérieur. Après désassemblage et découpage, chaque composant est nettoyé, avant que des instruments de mesure très sensibles déterminent leur **niveau de radioactivité ou la contamination de surface**. Puis chaque composant est soit directement soumis à un test final soit d'abord décontaminé puis soumis au test d'autorisation sécurisée.

c. Libération du domaine d'application du traité StrlSchV⁶⁷ :

Le matériel issu du démantèlement doit respecter des **standards très stricts** pour être libéré sans restriction pour un recyclage conventionnel ou une réutilisation. Il subit une série de mesures :

- Tests préliminaires : présence de radioactivité, désassemblage et décomposition, décontamination
- Mesure d'orientation : mesure directe de contamination de surface pour déterminer la distribution de la radioactivité ;
- Mesures de décision finale : vérification si le matériel remplit les exigences pour la libération
- Mesures de contrôle sous conditions : mesures directes et prélèvement d'échantillons pour des analyses en laboratoire.

⁶⁵ Exemple de Stade : http://www.eon-kernkraft.com/pages/ekk_de/Standorte/ documents/kernkraft-decommissioning_Stade_en.pdf

⁶⁶ Ensemble de particules, solides ou liquides, d'une substance chimique donnée en suspension dans un milieu gazeux.

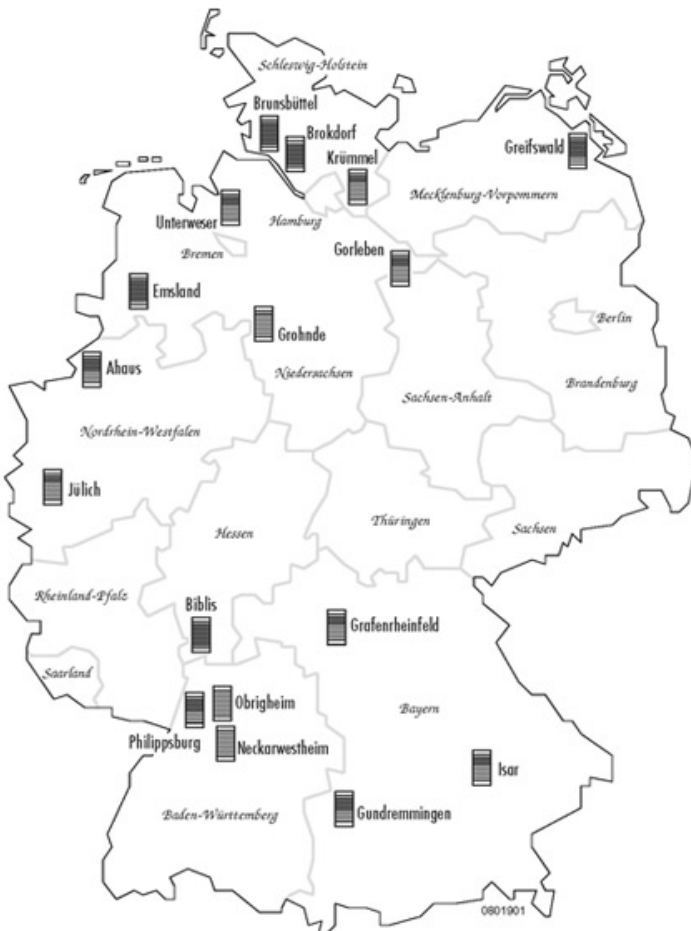
⁶⁷ http://bundesrecht.juris.de/strlschv_2001/BJNR171410001.html#BJNR171410001BJNG001400000 (en allemand)

Puis les documents sont soumis à l'autorité de contrôle nucléaire compétente pour la libération. Une fois l'accord des autorités accordé, le matériel peut être transporté hors du site.

2. Sites intermédiaires d'entreposage pour les déchets thermiques et les éléments combustibles irradiés en Allemagne:

Il existe en Allemagne :

- deux **sites d'entreposage intermédiaire centraux** : Gorleben et Ahaus
- des **sites décentralisés** :
 - depuis 1999 : Obrigheim, Rubenow (Greifswald), Jülich
 - depuis 2002: Neckarwestheim, Philippsburg et Biblis
 - depuis 2004 : Brokdorf, Brunsbüttel, Grohnde, Krümmel, Unterweser, Grafenrheinfeld, Gundremmingen, Ohu, Emsland, Isar.



a. Centres d'entreposage intermédiaire centraux :

Il existe deux sites d'entreposage intermédiaire centraux :

- **Centre d'Ahaus** : pour les éléments combustibles irradiés en provenance de réacteurs de puissance, réacteurs prototypes et réacteurs de recherche (exploité par la GNS⁶⁸) ;
- **Centre de Gorleben** : pour les éléments combustibles en provenance de réacteurs de puissance et pour les déchets HA vitrifiés provenant du retraitement des éléments combustibles irradiés allemands en France et en Grande-Bretagne.

b. Centres d'entreposage intermédiaire sur les sites des centrales :

Le BfS a autorisé légalement l'entreposage de combustibles usagés sur chacun des **12 sites des centrales nucléaires en fonctionnement** actuellement. Le stockage doit répondre à certains impératifs,

⁶⁸ La GNS continue de s'étendre et construit actuellement une installation de conditionnement de déchets nucléaires à Duisbourg (Wanheim)

notamment sur la **quantité de déchets** stockés (au maximum le contenu de 80 containers de centrales de type Castor V/19) et sur la **durée d'entreposage** (ne pouvant pas dépasser 40 ans - période au-delà de laquelle l'Allemagne devrait se doter d'un centre de stockage définitif, les stockages étant désormais effectués au niveau de couches géologiques profondes). Cette décision a marqué un nouveau tournant dans la transposition des règlements sur l'entreposage, et a cristallisé la fin des transports dans les centres de retraitement des déchets de **La Hague (France) et Sellafield (Grande-Bretagne)**, ou dans les centres d'entreposage de **Gorleben et Ahaus**. Dans le cadre des procédés d'autorisations légales, la sécurité et les impacts des entreposages sur l'environnement ont fait l'objet de tests rigoureux. Les inspections menées sous la tutelle du BfS ont mis en avant l'aptitude des centres, du terrain et des containers à combustibles pour l'entreposage des déchets radioactifs.

Sur chacun des 12 sites des centrales nucléaires en fonctionnement actuellement, des sites de stockage intermédiaire pour les éléments combustibles produits en fonctionnement ont été bâtis et fonctionnent depuis quelques années. Un site intermédiaire de stockage pour le site d'**Obrigheim** pour un total de 15 fûts pour éléments combustibles irradiés est encore en phase d'acceptation.

c. Centres d'entreposage intermédiaire décentralisés hors des sites des centrales

Sur le **site de Jülich** sont stockés des éléments combustibles en provenance du réacteur d'essais nucléaires arrêté (AVR) de Jülich. Par ailleurs, le **site de stockage intermédiaire Nord (ZLN)** sur le site de **Greifswald** permet de conserver les éléments combustibles irradiés en provenance des centrales de Greifswald et Rheinsberg.

À partir de 2011, **152 conteneurs CASTOR** doivent être transportés du centre de recherche de Jülich vers le **centre de stockage intermédiaire d'Ahaus**. Le site du centre de recherche de Jülich doit être décontaminé ; en effet, le sol situé au dessous du réacteur à boulets de Jülich est irradié suite à un accident survenu en 1978. L'exploitant AVR prévoit de déplacer le cœur du réacteur, lourd de 2.100 tonnes, sur coussins d'air, afin d'atteindre le sol contaminé. Le centre de recherche ne veut pas construire de nouveau centre de stockage sur le site de Jülich pour des raisons économiques. Les transports vers Ahaus commenceront pendant le premier trimestre de 2011 et seront terminés au plus tard au deuxième trimestre de **2013**. Le BfS vérifie encore si les transports sont autorisables. Les opposants souhaitent opposer une forte résistance en RNW.

d. Entreposage à sec des éléments combustibles irradiés et des déchets HA

Tous les sites d'entreposage intermédiaire sont conçus pour un **entreposage à sec**, où sont stockés, en compagnie des éléments combustibles irradiés ou des déchets HA vitrifiés, des récipients de stockage ou de transport lestés. Tous les concepts remplissent les **exigences de sécurité de la loi AtG**. Ils sont tous conçus avec un **système de réfrigération passive à tirage naturel** qui évacue la chaleur des conteneurs indépendamment des systèmes techniques actifs. Les conteneurs épais assurent aussi bien en fonctionnement conventionnel qu'en cas d'incident un confinement sûr, un blindage de **protection contre les rayonnements** et une sûreté critique. La chaleur est évacuée par des ailettes de refroidissement. La **protection contre les événements extérieurs** (tremblements de terre, ondes de choc, inondations ou chutes d'avion) est garantie grâce à l'épaisse paroi des conteneurs. Le processus d'acceptation énonce que les conteneurs doivent remplir les objectifs de protection pendant au moins 40 ans ; la durée d'entreposage est ainsi limitée en conséquence.

Site	Capacité de stockage de (nombre d'emplacements)	Capacité de stockage (Mg SM)	Status		Matériel entreposé (Mg Etat 12/07 SM)
			sollicité	accepté	
Sites d'entreposage intermédiaire sur les sites des centrales					
Biblis	135	1400		X	366
Brokdorf	100	1000		X	62
Brunsbüttel	80	450		X	33
Grafenrheinfeld	88	800		X	71
Grohnde	100	1000		X	62

Gundremmingen	192	1850		X	117
Isar	152	1500		X	61
Krümmel	80	775		X	92
Lingen/Emsland	130	1250		X	245
Neckarwestheim	151	1600		X	254
Obrigheim	15		X		
Philippsburg	152	1600		X	241
Unterweser	80	800		X	10
Sites d'entreposage intermédiaire centraux					
Gorleben	420	3800		X	38
Ahaus	420	3960		X	58
Sites d'entreposage intermédiaire décentralisés hors des sites des centrales					
ZLN Greifswald	80	585		X	583
Site de dépôt de containers de Jülich	158	0,225 Mg combustible nucléaire		X	0,075

Tableau 4 : sites d'entreposage intermédiaire autorisés selon le § 6 de la loi AtG - source BMU

3. Sites d'entreposage intermédiaire de déchets radioactifs non thermiques⁶⁹ :

Les déchets radioactifs en provenance de centrales nucléaires en fonctionnement ou arrêtées doivent être entreposés dans des installations construites et exploitées par les **opérateurs** selon le **principe pollueur-payeur**, jusqu'à leur reconditionnement en site de stockage définitif. Actuellement pour ces déchets, à côté des installations sur les sites, sont mises à disposition :

- la zone de dépôt d'**Unterweser**,
- le site d'entreposage de **Biblis**,
- le site de déchets de **Gorleben** (ALG),
- la zone EVU du site intermédiaire **Mitterteich**,
- le site intermédiaire de Fa. Nuclear + Cargo Service GmbH (NCS) à **Hanau**,
- le site intermédiaire Nord (ZLN) à **Greifswald**
- le site intermédiaire de la section principale de l'office de décontamination (HDB) du centre de recherche de **Karlsruhe**.

L'autorisation de ces sites intermédiaires d'entreposage inclut des **restrictions de livraison** des déchets radioactifs ; ainsi par exemple les déchets envoyés à Mitterteich ne peuvent provenir que d'installations nucléaires bavaroises, le site intermédiaire de Nord reçoit uniquement des déchets en provenance de centrales nucléaires de Greifswald et Rheinsberg, la HDB reçoit seulement des déchets provenant du centre de recherche de Karlsruhe et de la centrale de Niederaichbach pour un entreposage à plus long terme. Les déchets radioactifs provenant du retraitement des éléments combustibles allemands à l'étranger peuvent être entreposés dans les sites intermédiaires centraux de Gorleben (déchets HA vitrifiés) et d'Ahaus (déchets radioactifs compactés à haute pression).

Les déchets radioactifs en provenance des **installations de science lourde** seront en principe conditionnés et entreposés sur leur site de formation.

Les déchets radioactifs en provenance de la **recherche, de l'industrie et de la médecine** peuvent être déposés dans onze **centres de rassemblement au niveau** des Länder. Les déchets sont soit acceptés comme déchets bruts et sont donc conditionnés sur place, soit acceptés sous une forme conditionnée satisfaisant aux

⁶⁹http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/zwischenlagerung/zwischenlager_radioaktive_abfaelle_mit_vernachlaessigbarer_waermeentwicklung/doc/40314.php

normes de stockage. Il existe aussi des **entreprises privées** de conditionnement et élimination des déchets, qui récupèrent des déchets radioactifs à l'échelle fédérale, les conditionnent selon les normes de stockage et les entreposent.

Les déchets en provenance de **l'industrie nucléaire** (par exemple de l'exploitation ancienne et du démantèlement des installations de fabrication d'éléments combustible à **Hanau**) sont en principe conditionnés sur place (dans cet exemple entreposés sur le site intermédiaire de NCS à Hanau).



Pour la centrale de **Stade**, à proximité de l'ancienne centrale nucléaire a été érigé un site pour les déchets radioactifs, qui accueille exclusivement les déchets radioactifs en provenance du démantèlement de Stade. Il s'agit de déchets FMA, car les éléments combustibles ont été évacués dès le début du démantèlement. Le site a une durée de vie de 40 ans et sert de site de stockage intermédiaire, jusqu'à la création d'un site de stockage définitif fédéral. Mais le dépôt des déchets suit une forme adaptée pour un stockage définitif.

Annexe F : Les intervenants dans la gestion des déchets radioactifs/ le mode de financement

1. Les intervenants dans la gestion des déchets radioactifs

a. Cadre institutionnel

La structure fédérale de l'Allemagne joue un rôle fondamental dans la mise en œuvre de la législation nucléaire. Les exigences spéciales en matière de sûreté permettent aux **Länder** de faire appliquer la législation fédérale, non pas de leur propre autorité, mais par **délégation du gouvernement fédéral**.

La loi sur le nucléaire (**Atomgesetz, AtG**⁷⁰) définit la répartition des tâches administratives et des responsabilités incombant respectivement au Bund et aux Länder, tous deux impliqués dans les procédures d'autorisation (implantation, exploitation, fermeture). La révision de la loi de 2002, fondée sur la volonté politique de la coalition gouvernementale alors au pouvoir, s'orientait résolument vers **l'arrêt du nucléaire**⁷¹.

Les déchets radioactifs générés par les universités, les hôpitaux et les centres de recherche sont orientés vers des **centres d'entreposage** placés sous la responsabilité administrative des Länder. Le **gouvernement fédéral** est responsable de **l'implantation et l'exploitation** des installations pour le stockage définitif de tous les déchets radioactifs.

b. Les Ministères fédéraux

- Le **Ministre fédéral de l'environnement (BMU)** est compétent en matière de **radioprotection et sûreté nucléaire**. Il exerce le contrôle des autorités centrales et régionales chargées de faire appliquer la loi AtG et le décret relatif à la radioprotection (StrlSchV). Il assume les fonctions d'autorité de sûreté. L'**Office fédéral de radioprotection (BfS)** (cf. paragraphe suivant) dépend du BMU.

- Le **Ministère fédéral de l'économie et de la technologie (BMW)** est en charge de **l'innovation technologique** au sein du gouvernement fédéral. A ce titre il finance la recherche scientifique des stockages géologiques et abrite l'**Institut fédéral de géosciences et de ressources naturelles (BGR)** (cf. ci-dessous).

- Le **Ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche (BMBWF)** est compétent en matière de **recherche nucléaire et de coopération internationale** en relation avec l'AIEA, l'OCDE/AEN et EURATOM.

c. BfS - Office fédéral de radioprotection

L'**Office fédéral de radioprotection (BfS)**, créé en 1989, est un organisme autonome placé sous la tutelle du BMU. Ses responsabilités couvrent :

- la **garde des combustibles usés** placés sous le contrôle de l'Etat,
- la construction et l'exploitation d'installations fédérales destinées à la **mise en sécurité et au stockage des déchets radioactifs** (y compris le transfert de ces fonctions à de tierces parties ainsi que leur surveillance),
- les décisions relatives à **l'aménagement du territoire et aux installations de stockage**, ainsi que leur inspection, conformément à la loi AtG,
- l'autorisation de **transport** de combustibles nucléaires et d'autres substances radioactives, dont l'activité est supérieure aux limites fixées par la loi, y compris le retrait ou l'annulation de telles autorisations,
- l'établissement et la tenue du registre de **radioprotection**.

Le BfS exerce aussi des compétences administratives et mène des activités de **recherche scientifique** en radioprotection, sûreté nucléaire, transport des substances radioactives et gestion des déchets radioactifs.

d. DBE - compagnie allemande pour la construction et l'exploitation d'installations de stockage des déchets

La **compagnie allemande pour la construction et l'exploitation d'installations de stockage des déchets (DBE)**, créée en 1979, a un contrat exclusif avec le BfS : elle gère **Morsleben**, construit **Konrad** et prépare le stockage des combustibles usés et des déchets HA à **Gorleben**. La DBE est une compagnie privée fondée à parts égales par 4 actionnaires⁷². Elle emploie 570 ingénieurs et scientifiques.

⁷⁰ AtG : promulguée en 1959, dernièrement révisée en 2002 : <http://www.gesetze-im-internet.de/atg/index.html> (en allemand)

⁷¹ Fondée sur une négociation gouvernement/ industriels (2000), aboutissant à l'attribution à chaque réacteur d'un plafond maximum de production électrique, associé à un calendrier prévisionnel d'arrêt des centrales d'ici 2021

⁷² 2 entreprises privées mais contrôlées par le gouvernement fédéral et 2 compagnies représentant les intérêts de l'industrie nucléaire (GNS et Preussag Noel)

e. GRS - Société de sûreté nucléaire

La **Société de sûreté nucléaire (GRS)** est un **organisme de recherche et d'expertise scientifique et technique**. Ses activités sont principalement orientées vers la **sûreté nucléaire et les recherches en matière de gestion des déchets et de stockage géologique en profondeur**. Elle travaille à la fois pour le compte de ministères (BMU, BMWi) et d'autorités régionales. Elle intervient dans de nombreux projets européens et participe activement à plusieurs groupements et partenariats internationaux en matière de sûreté nucléaire. La GRS emploie environ 400 personnes et son siège est situé à Cologne.

f. BGR - Institut fédéral de géosciences et de ressources naturelles

L'**Institut fédéral de géosciences et de ressources naturelles (BGR)** est l'institut de recherche allemand spécialisé en sciences de la terre et en ressources naturelles. A ce titre il rend compte des réserves minérales et pétrolières des sols. Le BGR travaille activement sur les programmes de stockage géologique des déchets radioactifs, particulièrement sur les recherches et reconnaissances de sites, sur les travaux de creusement et réalisation de galeries ainsi que sur les comportements géologiques pendant et après exploitation. Il est spécialisé dans l'étude des comportements thermomécaniques et hydrauliques des roches et milieux rocheux avec une spécificité dans l'ingénierie des roches et des sols. Le BGR comprend plus de 700 personnes et il fait partie des trois institutions de recherche du Centre des sciences de la terre d'Hanovre.

g. Les électriciens

9 compagnies privées (initialement 7 à l'Ouest, une à l'Est et une à Berlin) exploitent les 17 centrales existantes (6 BWR et 11 PWR). Les plus anciennes datent du début 70, les plus récentes de 1988.

La loi AtG impose aux exploitants de prévoir des **installations d'entreposage des déchets et des combustibles usés à proximité des centrales nucléaires**. Elle a **interrompu le retraitement des combustibles** à partir du 1er juillet 2005. Depuis cette date les transports de déchets radioactifs ne seront plus autorisés qu'en direction du ou des futurs centres de stockage.

Les exploitants des centrales, des réacteurs de recherche et des installations du cycle du combustible sont responsables de **l'entreposage ou du retraitement du combustible usé et du conditionnement** et de **l'entreposage de tous les déchets jusqu'au stockage final**. Les tâches liées à l'entreposage (à Ahaus et Gorleben) ont été déléguées à leur filiale commune **GNS (Gesellschaft für Nuklear-Service)**.

2. *Financement de la gestion des déchets radioactifs*

Selon la loi AtG, les exploitants d'installation nucléaire ont l'obligation de **financer tous les coûts relatifs à la gestion des déchets incluant le démantèlement de leurs installations**. Ces coûts représentent en moyenne 11% des coûts totaux de production d'énergie nucléaire. Sur un coût d'électricité de 0,64 €/kWh, 0,07 €/kWh sont nécessaires pour couvrir les dépenses de la fin du cycle.

Le mécanisme financier en vigueur s'appuie sur 3 principaux systèmes de financement indépendants :

- un **fonds alimenté par les provisions** que constituent les électriciens,
- un **préfinancement géré par le BfS** pour les dépenses de l'année,
- un **financement du ministère BMBF** pour les recherches à caractère générique sur le stockage final, c'est-à-dire indépendantes d'un site ou d'une installation.

Ainsi, le programme de R&D est financé par deux sources différentes : soit les électriciens (via le BfS) pour le programme de R&D lié à un **centre de stockage défini**, soit le BMBF pour les recherches menées **sans centre de stockage précis**.

La façon dont sont assurées les ressources financières diffère selon qu'il s'agit d'installations de recherches à caractère publique ou de centrales nucléaires privées :

- Les coûts du démantèlement et de la gestion des déchets des installations **publiques**, par exemple les installations servant à la recherche nucléaire (dont la plus part sont définitivement arrêtés), 46 réacteurs de recherches (1 en construction, 14 en exploitation et 31 arrêtés) et 6 réacteurs prototypes (arrêtés), sont financés par le **budget de l'état**.
- Les ressources financières nécessaires aux mêmes coûts supportés par les installations **privées**, en particulier les centrales nucléaires (17 en exploitation et 7 arrêtées), sont assurées sous forme de **réserves** constituées pendant la période d'exploitation commerciale et qui alimentent un fonds.

a. Constitution du fonds

En conformité avec la loi sur le commerce, les électriciens doivent constituer un fonds pour garantir que les coûts futurs (stockage final, démantèlement, transport, etc.) sont couverts. Le montant des sommes versées dans le fonds est en principe déterminé par le producteur lui-même. Les sommes versées étant exonérées d'impôts comme le permet la loi sur la taxation des revenus, les autorités responsables de la taxation des revenus étudient le bien-fondé de toutes les déductions et peuvent demander une révision des versements si ceux-ci sont supérieurs aux coûts prévus. Les sommes versées restent la **propriété de l'exploitant** et peuvent être utilisées comme bon lui semble, à condition d'être disponibles à tout moment si besoin est. Elles sont généralement investies dans des actions allemandes. Les intérêts perçus sont eux imposables.

En 1997, 54 milliards DM avaient été rassemblés (soit environ 28 milliards d'euros), ce qui est considéré comme déjà excédant le coût total futur. En 2003 les réserves accumulées s'élevaient à peu près à 35 milliards d'euros dont environ 45% supporteront les coûts de démantèlement et 55% ceux de la gestion et du stockage des combustibles usés.

b. Le programme annuel du BfS

Indépendamment de la constitution d'un fonds, l'ordonnance de 1982 sur le **préfinancement de la construction d'installations fédérales pour le confinement et le stockage des déchets radioactifs** a défini un mécanisme financier détaillant la répartition des coûts supportés par chaque producteur ainsi que le système d'investissement : ceci inclut les coûts futurs pour la R&D pour un centre de stockage donné, l'acquisition des terrains, les actions légales, l'administration du projet, la construction et l'exploitation et l'extension des installations du stockage.

En 1982, le **programme de retraitement** était encore envisagé. Le coût se répartissait à 75,5% payés par les exploitants de grandes installations de retraitement, 4% par les exploitants de petites installations de retraitement (capacité jusqu'à 50t/an), 17,5 % par les opérateurs de centrales (au-dessus de 200 MWe) et 3 % pour les autres. Ces proportions étaient supposées représenter le rapport du volume attendu de déchets pour chaque catégorie de producteurs au volume total prévu. Il était également prévu, une fois le stockage opérationnel, que les paiements en avance soient déduits des coûts réels.

En juillet 1990, cette ordonnance fut amendée pour prendre en considération l'abandon de la construction de l'usine de retraitement de Wackersdorf. Le pourcentage des paiements a été modifié. Les **électriciens financent maintenant 93% des dépenses**, le gouvernement fédéral 4% et le reste de l'industrie nucléaire 3%. En plus de ces paiements qui sont calculés pour couvrir les coûts des centres de stockage jusqu'à leur mise en exploitation, les producteurs doivent également financer les **dépenses liées à l'exploitation puis celles de la fermeture et de la surveillance des centres de stockage**. Le mécanisme de facturation de ces dépenses n'a pas encore été créé. En revanche, il a été mis en évidence que le risque de faillite des producteurs de déchets pendant la longue période d'exploitation du centre de stockage (de 50 à 80 ans) est non négligeable.

Les dépenses sont déterminées selon les coûts effectivement encourus. Avant le commencement de chaque année fiscale, le programme de travail prévu est présenté aux producteurs de déchets ainsi que les coûts associés. Le budget est préparé par le BfS et inclus dans le budget fédéral. A la fin de l'année fiscale, les dépenses totales sont déterminées et facturées aux producteurs de déchets.

Entre 1977 et 1995 les coûts totaux ont été d'environ 1,7 milliards d'euros répartis en :

- 0,83 milliard d'euros pour le projet de Gorleben,
- 0,63 milliard d'euros sur le projet de Konrad,
- 0,17 milliard d'euros, depuis 1990, pour le projet Morsleben,
- environ 38 millions d'euros dépensés en frais généraux sur les trois projets.

La décomposition des coûts a été obtenue par le rapport des volumes attendus de chaque groupe de producteurs au volume total estimé. Lorsque les centres de stockage de Konrad et de Gorleben seront opérationnels, les montants déjà provisionnés seront déduits des coûts réels. Le mécanisme de financement des coûts d'exploitation n'a pas été encore déterminé. Le coût total de **Gorleben** a été estimé à **2,2 milliards d'euros**. Les coûts d'exploitation ont été évalués à **33 millions d'euros par an**.

c. Programme de R&D (hors site et installation)

Actuellement, le programme de recherche et développement sur le stockage final (indépendamment d'un site ou d'une installation) est financé par le **BMBF**, qui a investi depuis les années 60 plus de 1.100 millions DM (soit 560 millions d'euros) pour la recherche sur le stockage des déchets, dont 75% dans la dernière décade. Environ 30% ont été dépensés dans le cadre du budget de financement des **laboratoires nationaux de**

recherche : centre de recherche de Julich, centre de recherche nucléaire de Karlsruhe et centre de recherche en environnement et santé (GSF) à Munich. 40% ont servi à financer des **projets particuliers** dans l'industrie ou dans des laboratoires de recherche. Les 30% restants ont financé l'**exploitation de la mine d'Asse**.

d. Cas particulier de Morsleben

Le centre de stockage de Morsleben aménagé dans une ancienne mine de sel et de potasse à environ 500m de profondeur, a, par décision du tribunal administratif de Saxe-Anhalt, interrompu son exploitation depuis 1998. Situé dans l'ancienne RDA il a reçu depuis 1971 des déchets FMA ainsi que des sources scellées et des effluents liquides solidifiés représentant au total environ 43 000 m³.

Le stockage des déchets au centre de stockage de Morsleben était financé par une **taxe proportionnelle au volume de colis de déchets livrés**. Cette taxe était fixée par contrat avec les producteurs de déchets. Toutes les dépenses additionnelles qui pouvaient subvenir et les coûts de la fermeture du site sont de la responsabilité du gouvernement fédéral. C'est une des conséquences de la réunification. En 2001 le BfS a décidé de ne pas reprendre l'exploitation du centre et de procéder à sa **fermeture définitive** par la réalisation de travaux de remblai, stabilisation et scellement. La demande d'autorisation pour le remblaiement et la fermeture du stockage est en préparation.

e. Les petits producteurs

Les petits producteurs livrent leurs déchets à des **centres d'entreposage** créés et gérés par les Lander et paient une **redevance** d'une part déterminée par l'organisme qui prend en charge les déchets et, d'autre part, couvrant tous les coûts ultérieurs de traitement et conditionnement, de transport au centre de stockage, du stockage lui-même et de l'exploitation du centre d'entreposage. Lors de la livraison de déchets, leur **propriété est transférée** au centre d'entreposage. Le risque financier est supporté, après cela, par le **Land** sur lequel est situé le centre d'entreposage.

Annexe G : Stratégie allemande de stockage des déchets radioactifs : dernières évolutions

1. Création d'une commission pour le traitement des déchets radioactifs (ESK) :

Lors d'une séance fondatrice le 30 juin 2008 à Bonn, le BMU a créé un nouvel **organe de conseil indépendant dédié aux questions de gestion des déchets radioactifs**. Constituée de 11 experts internationaux indépendants, la nouvelle commission ESK⁷³ vient compléter la commission pour la sûreté des réacteurs nucléaires (RSK⁷⁴) et la commission de radioprotection (SSK⁷⁵), en place toutes deux depuis de nombreuses années. L'ESK est compétente dans les domaines suivants :

- **traitement et entreposage** des déchets radioactifs et des éléments combustibles usés,
- **fermeture des installations nucléaires**,
- **stockage définitif** de toutes les formes de déchets radioactifs.

Auparavant, ces questions étaient traitées au sein d'un simple comité de la RSK. Au vu de l'importance grandissante de ce sujet, le gouvernement fédéral a décidé d'y consacrer une commission autonome. L'ESK s'est vue confier comme mission prioritaire le **traitement du cas du puits d'Asse**. Une conférence internationale organisée par le BMU sur le thème du stockage définitif s'est tenue le 30 octobre 2008 à Berlin.

2. Impôt sur les combustibles nucléaires⁷⁶ – estimation des coûts d'assainissement

Le BMU a annoncé pour la première fois en mars 2009 son intention d'instaurer un impôt sur les combustibles nucléaires, afin notamment de financer les coûts d'assainissement des centres de stockage de déchets nucléaires existants. Par exemple, dans la station de recherche Asse II ont été stockés 125.787 fûts de déchets FMA entre 1967 et 1978, dont **71% des inventaires stockés radioactifs** proviennent de centrales nucléaires commerciales. Or l'Etat a subventionné dans le passé la production d'électricité d'origine nucléaire à hauteur de **20 milliards d'euros**, alors qu'une **réglementation de taxe pour stockage de déchets FMA** n'a été instaurée à Asse qu'en décembre 1975 ; par conséquent seulement **900.000 €** ont été payés par les grands producteurs d'électricité jusqu'à la fin de l'entreposage (1978). Il est ainsi légitime selon le BMU de les **associer au cofinancement des coûts d'assainissement**.

Les coûts d'assainissement sont estimés à **2 milliards d'euros** pour la fermeture sécurisée d'Asse II et à **2,2 milliards d'euros** pour la fermeture de la mine de Morsleben. Cependant, l'instauration d'une **taxe à rebours** sur les fournisseurs d'électricité 30 ans après la fin du stockage des déchets nucléaires étant impossible à cause de problèmes de droit constitutionnel, l'idée de créer un nouvel **impôt sur les combustibles** a été adoptée : cet impôt ne portant pas sur l'électricité produite, mais sur le **combustible nucléaire destiné à la production d'électricité**, il affecterait uniquement le fournisseur et non le consommateur d'électricité.

Une **convention** avait été signée entre les fournisseurs d'électricité et le gouvernement fédéral lors de l'écriture de la loi AtG en **2002**, établissant que le gouvernement ne devait pas discriminer l'énergie nucléaire par un impôt. Cependant, selon le BMU, l'impôt ne dérogerait pas à cette convention. En effet, depuis 2005, l'énergie nucléaire est très favorisée par le **marché des droits à polluer**, à cause des certificats d'émission de CO₂, entraînant une **augmentation du prix de l'électricité**, alors que le **coût de production d'électricité d'origine nucléaire n'a pas bougé**.

Selon la coalition gouvernementale CDU/CSU-FDP élue en octobre 2009, cette taxe sur les combustibles⁷⁷ devrait ainsi consister en une participation financière des groupes énergétiques, pour investir une partie des bénéfices liés à l'allongement de l'exploitation des centrales dans un fonds finançant l'assainissement des centres de stockage des déchets nucléaires (Asse, Morsleben). Les combustibles servant à la recherche ne seraient pas imposés. Cet impôt a été fixé⁷⁸ à **145€ par gramme de combustible nucléaire consommé**, soit environ **18€ par MWh**. Les recettes du gouvernement devraient ainsi s'élever à **2,3 Mrd. € par an entre 2011 et 2016**, puis diminuer progressivement jusqu'à zéro lors de la fermeture de la dernière centrale nucléaire. Cependant, ce prélèvement est déductible de l'impôt sur les sociétés et de la taxe professionnelle.

⁷³ ESK : Entsorgungskommission - <http://www.entsorgungskommission.de/>

⁷⁴ RSK : Reaktor-Sicherheitskommission - www.rskonline.de

⁷⁵ SSK : Strahlenschutz- kommission - www.ssk.de/

⁷⁶ <http://www.steuertipps.de/?softlinkID=16941> - <http://blog.handelsblatt.com/steuerboard/2010/07/21/kommt-die-kernbrennstoffsteuer/>

⁷⁷ Les 4 exploitants nucléaires devront s'acquitter d'un impôt sur le combustible + investir massivement dans la sécurité des centrales, le développement des EnR (300 Mio. € en 2011 et 2012, 200 Mio. €/an entre 2013 et 2016) et la baisse des prix de l'électricité + à partir de 2013, affectation de tous les profits réalisés via la vente de permis d'émission de CO₂ au développement des EnR.

⁷⁸ Cf : concept énergétique gouvernemental publié le 28 septembre 2010

3. Vers de nouvelles exigences de sûreté pour le futur stockage définitif de déchets hautement radioactifs en Allemagne⁷⁹

Le BMU a publié en août 2008 des propositions pour de **nouvelles exigences de sûreté concernant le stockage définitif des déchets HA**⁸⁰. Ces exigences décrivent le niveau scientifique et technique à respecter lors de la construction, l'exploitation et la fermeture d'un futur centre de stockage définitif, ainsi que lors du contrôle que devront réaliser les instances d'homologation.

La planification et la construction d'un centre de stockage définitif de déchets de haute activité doivent, selon la loi AtG, être adaptées à la **prévention nécessaire des dommages selon l'état de la science et de la technique**. En 1983, dans le Journal des annonces officielles du gouvernement fédéral, les "**critères de sûreté pour le stockage définitif de déchets radioactifs dans une mine**" ont été rendus publics. Ces critères ne sont plus adaptés au niveau scientifique et technique actuel et doivent donc être retravaillés. C'est ce qu'ont constaté les RSK et SSK dans un avis publié en commun en 2002. Dans le rapport du BfS concernant les "Questions relatives à la conception et à la sûreté d'un stockage définitif des déchets radioactifs", a été signalé un **besoin de réglementation du stockage définitif dans un objectif de protection**.

La proposition du BMU tient compte pour ses exigences de sécurité des publications actuelles de l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA) – "Safety Requirements WS-R-4, Juin 2006" - et de la Commission internationale de radioprotection (ICRP) – "The optimisation of radiological protection, Janvier 2006".

Les **20-21 Mars 2009**⁸¹, le BMU a discuté la proposition des exigences de sûreté pour les déchets HA. Un point central de la discussion concernait les **exigences pour la protection de l'homme et de l'environnement vis-à-vis des rayonnements radioactifs**. Les principales suggestions du BMU sont les nouveautés suivantes :

- apparition d'une **phase de réversibilité de 500 ans**, durant laquelle les déchets pourront être repris du stockage (d'où de nouvelles contraintes de durabilité des conteneurs ou colis),
- **démonstration de la stabilité du milieu géologique pour 1 million d'années** (contre 10000 ans auparavant), avec impossibilité d'échange entre l'eau incluse et l'eau de surface,
- nécessité de **choisir le site le mieux adapté** ; citation de l'argile comme alternative au sel.

Le BMU insiste sur le fait que la possibilité de reprise des déchets est prévue dans bon nombre de concepts étrangers. Cette possibilité, intégrée dans le concept français, pourrait permettre de bénéficier des progrès scientifiques qui seraient obtenus dans les prochaines décennies, mais son impact en coût et en temps sur les études du concept allemand va être énorme.

4. Coûts des déchets de la recherche nucléaire pour l'Etat fédéral⁸²

Le Gouvernement fédéral prévoit de dépenser près de **5 milliards d'euros d'ici 2035 pour l'arrêt, le démantèlement et le stockage des installations de recherche nucléaire**. Pour faire face aux imprévus, une somme supplémentaire de 20% de ce montant doit être mise de côté. C'est ce qui ressort d'un rapport du BMBF adressé à la commission du budget du Bundestag. Environ deux tiers de l'ensemble des déchets FMA en Allemagne proviennent **d'installations de recherche et de médecine**. Les centres de recherche ayant produit les plus grandes quantités sont ceux de **Karlsruhe et Jülich**. Selon le BMBF, il est économiquement souhaitable d'investir rapidement dans la mise en place de capacités de stockage définitif. L'ancienne mine de fer Konrad dans la Saxe pourrait entrer en exploitation dès 2013. Si rien n'était entrepris dans cette voie, il faudrait stocker les déchets dans des entrepôts temporaires à la gestion coûteuse. Au BMBF, on espère par ailleurs **qu'un site d'enfouissement pour déchets HA** sera disponible vers 2035.

Mais le **manque de personnel qualifié** rend la tâche ardue. Dans les projets d'arrêt et de démantèlement, les coûts du travail des experts dans le cas de FZK qui représentaient autrefois déjà 4% du total, s'élèvent dorénavant à 8%. Pour cette raison, le BMBF a la ferme intention de fournir un effort important dans le maintien de ses compétences.

5. Dispositions relatives au stockage de déchets étrangers

⁷⁹ Sources : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/055/55729.htm> -

http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/endlagerung/sicherheitsanforderungen/doc/39745.php

⁸⁰ Source : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/42047.php

⁸¹ Source : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/endlagerung/sicherheitsanforderungen/doc/43634.php

⁸² Source : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/40087.htm>

Les transferts de "matières valorisables" avec l'étranger doivent être minimisés : seulement pour **traitement** (réenrichissement). Les "déchets ultimes" résultant du retraitement de combustibles étrangers **ne peuvent pas être stockés en Allemagne** et doivent **retourner dans le pays producteur**.

Remarque : Les substances radioactives déjà utilisées⁸³ sont considérées non comme des "déchets nucléaires", que ce soit juridiquement ou économiquement, mais comme des "**matières valorisables**", ayant des utilisations prévues dans l'industrie nucléaire⁸⁴, à distinguer des "déchets ultimes"⁸⁵. Ces matières valorisables ne tombent donc pas sous le coup de la **convention de Bâle**, qui interdit l'exportation de déchets industriels dangereux.

Remarque : la loi AtG ne mentionne pas l'installation d'enrichissement d'uranium (UAA) à **Gronau** (Rhénanie du Nord Westphalie) d'Urenco. Pourtant depuis 1985, grâce au procédé de centrifugation, de l'UF6 ("matière valorisable", en provenance d'autres pays) y est enrichi à 5%, pour une réutilisation ultérieure dans des réacteurs. Un site de **stockage intermédiaire** a également été construit en 2005 à côté de l'UAA de Gronau.

Remarque : Depuis quelques années, l'UF6 appauvri est exporté vers les pays de l'UE et en Russie, à destination des clients ou vers d'autres sites d'enrichissement, selon des sources de l'Urenco. En Russie, l'UF6 appauvri doit y être réenrichi en uranium dans des installations de centrifugation, puis réutilisé dans la production de combustibles, avec un retour théorique des déchets ultimes à Gronau.

6. *Prise de propriété de l'uranium appauvri par l'enrichisseur*⁸⁶

L'enrichisseur (**Urenco**) est un prestataire de services pour les entreprises exploitantes nucléaires allemandes⁸⁷. Le propriétaire des combustibles, selon le contrat EURATOM, est l'Union Européenne, représentée par la **Communauté européenne de l'énergie atomique Euratom**. Les propriétaires des réacteurs ou autres installations ne possèdent que le **droit d'utilisation** des matériaux nucléaires.

La loi AtG ne précise pas clairement le moment à partir duquel l'uranium tombe sous le contrôle de l'Euratom, quel statut ont les déchets de la production de combustibles et à quel moment ils sortent du contrôle de l'agence Euratom.

Ainsi Urenco ne devient pas propriétaire de l'uranium appauvri après une opération d'enrichissement. Mais la pratique internationale établie est la suivante : **la matière enrichie revient au client et la matière appauvrie revient à l'enrichisseur** : c'est ainsi Urenco qui gère l'uranium appauvri après une opération d'enrichissement, entreposé pour une utilisation future.

7. *Dispositions relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs*

Il n'existe pas une loi allemande couvrant ce thème, mais plusieurs textes apportant leur contribution au sujet. En voici les principaux :

Mai 2008	Loi fondamentale de la république fédérale d'Allemagne ⁸⁸ (GG)	Texte de loi (all - fr ⁸⁹) : http://www.gesetze-im-internet.de/gg/index.html (voir Art. 73 Abs. 1 Nr. 14) Commentaires (all) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/richtsvorschriften_technische_regeln/doc/41421.php
17.03.2009	Loi sur l'énergie atomique ⁹⁰ (Atomgesetz - AtG)	Texte de loi (all - ang ⁹¹) : http://www.gesetze-im-internet.de/atg/index.html Commentaires (all - ang ⁹²) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/2667.php

⁸³ Le plutonium, l'uranium de retraitement, l'uranium appauvri

⁸⁴ L'uranium appauvri peut être associé à du plutonium (combustible **MOX**, pour les REP ou les RNR) ou entreposé pour une **valorisation ultérieure** dans des **filiales à surgénérateur (génération IV)**.

⁸⁵ **Déchet radioactif inutilisable** (4% des volumes sortant des centrales nucléaires)

⁸⁶ <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/16/051/1605174.pdf>

⁸⁷ Source : interlocuteurs du BMWi

⁸⁸ Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland

⁸⁹ Traduction française : <http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/FR/Loifundamentale/loi-fundamentale.html>

⁹⁰ Loi sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et sur la protection contre ses dangers

⁹¹ Traduction anglaise : http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/atg_english.pdf

⁹² Traduction anglaise : http://www.bmu.de/english/service_downloads/doc/3231.php

20.7.2001	Décret de protection contre les rayonnements ⁹³ (StrlSchV)	Texte du décret (all) : http://bundesrecht.juris.de/strlschv_2001/index.html Commentaires (all): http://www.bmu.de/strahlenschutz/rechtsvorschriften_technische_regeln/doc/6887.php
07.05.2009	Décret sur le transport de déchets radioactifs ou d'éléments combustibles irradiés ⁹⁴ (AtAV)	Texte du décret (all) : http://bundesrecht.juris.de/atav_2009/ - Commentaires (all) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/rechtsvorschriften_technische_regeln/doc/41418.php
Jan. 2010	Décret concernant le blocage de Gorleben ⁹⁵ (Gorleben VSpV)	Texte du décret (all) : http://bundesrecht.juris.de/gorleben_vspv/ - Commentaires (all) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/35431.php
Mai 2008	Loi de fondation d'un Office fédéral pour la radioprotection (BfS)	Commentaires (all) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/rechtsvorschriften_technische_regeln/doc/41419.php
Juin 2009	Loi d'autorisation de traitement des déchets nucléaires ⁹⁶	Commentaires (all) : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/rechtsvorschriften_technische_regeln/doc/41423.php

⁹³ Strahlenschutzverordnung - German radiation protection ordinance

⁹⁴ Atomrechtliche Abfallverbringungsverordnung

⁹⁵ Décret de détermination d'un blocage aux changements pour assurer la sûreté de la reconnaissance d'implantation pour un site de stockage de déchets radioactifs dans la région de Gorleben (Gorleben-Veränderungssperren-Verordnung VSpV) du 25/07/2005 (BAnz. Nr. 153a, 16/08/2005)

⁹⁶ Loi concernant l'accord global du 5/09/1997 concernant la sûreté du traitement de combustibles irradiés et du traitement de déchets radioactifs

Annexe H : Références

- Site du Ministère fédéral de l'environnement, la protection de la nature et la sûreté nucléaire BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): <http://www.bmu.de>, notamment:
 - Pages concernant le stockage définitif de déchets nucléaires : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/endlagerung/salzstock_gorleben/doc/41359.php
 - Téléchargement de plusieurs dossiers sur les nouvelles exigences de sûreté concernant le stockage définitif de déchets hautement radioactifs publiées par le BMU : http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/42047.php
- Site de l'Office fédéral pour la radioprotection (BfS : Bundesamt für Strahlenschutz) - www.bfs.de, notamment:
 - Pages concernant les inventaires et pronostics des résidus radioactifs en Allemagne : http://www.bfs.de/de/endlager/abfall_prognosen.html
- Site de l'Office fédéral pour la géoscience et les matières premières BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) : <http://www.bgr.bund.de>, et notamment:
 - Pages concernant les sites de stockage définitif de déchets : http://www.bgr.bund.de/cln_092/nn_324478/DE/Themen/Geotechnik/Endlagerstandorte/endlagerstandorte_node.html?_nnn=true
- Site de l'Andra, Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs : <http://www.andra.fr/>
- Site d'informations sur les sites allemands de stockage de déchets nucléaires : <http://www.atommuellendlager.de>
- Sites des différentes commissions gouvernementales dédiées au nucléaire:
 - Commission pour le traitement des déchets radioactifs ESK (Entsorgungskommission) : <http://www.entsorgungskommission.de/>
 - Commission pour la sûreté des réacteurs nucléaires RSK (Reaktor-Sicherheitskommission) : www.rskonline.de
 - Commission de radioprotection SSK (Strahlenschutz- kommission) : www.ssk.de/
- Site des bulletins électroniques Allemagne <http://www.bulletins-electroniques.com>
- "Analyse de la résistance au poids de l'ensemble du système de l'installation d'Asse" publiée le 26 septembre 2007 par l'Institut de mécanique orologique de Leipzig pour le compte du GSF, dans le cadre d'un Workshop : <http://www.helmholtz-muenchen.de/asse/news/tragfaehigkeitsanalyse-veroeffentlicht/index.html>
- Rapport du Groupe de projet de comparaison des options (AGO), concernant l'"Evaluation des options pour l'amélioration de la sûreté dans le cadre de l'arrêt de l'installation minière de Asse II, rapport de clôture AGO-Phase-1 [2008] - http://www.bmu.de/atomenergie_ver_und_entsorgung/downloads/doc/43157.php
- Rapport 1979 du Asse-Gruppe du cercle de travail contre l'énergie atomique de Braunschweig (Braunschweiger Arbeitskreises gegen Atomenergie) : <http://www.asse2.de/vortraege/h-h-juergens-jan-79.pdf> (site internet dédié à Asse 2 par des opposants au nucléaire : <http://www.asse2.de>)
- Rapport de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), dans le cadre du Programme sur l'Aval du Cycle et la production d'Énergie Nucléaire (PACEN), "Le débat sur l'énergie nucléaire en Allemagne" : http://pacen.in2p3.fr/IMG/ppt/Texte_conference_II_F.ppt