© Esther Michel

SES
energiestiftung.ch

«FOKUS FRANKREICH: LA NATION NUCLÉAIRE»

ARRÊT ET PRÉPARATION AU DÉMANTÈLEMENT DE CENTRALES NUCLÉAIRES EN FRANCE ET EN SUISSE

Analyse Succincte
André Herrmann

Zürich / Basel, 18. September 2020

Table des matières

Table des matières 2

Tableau d'abréviations 3

1. Préambule 5

2. Arrêts et préparation au démantèlements de centrales nucléaires 7

2.1 Situation du parc nucléaire français 7

2.2 Situation du parc nucléaire suisse 7

2.3 Expériences internationales de démantèlements 8

3. Procédures de mise l'arrêt 9

3.1 L'arrêt de Fessenheim 9

3.2 L'arrêt de Mühleberg 10

3.3 Raison d'état et conflit d'intérêts 11

4. Procédures de préparation au démantèlement 12

4.1 4ème réexamen périodique de sûreté de Fessenheim 12

4.2 Préparation au démantèlement de Fessenheim 13

4.3 Préparation au démantèlement de Mühleberg 14

5. Problèmes liés à l'arrêt et à la préparation au démantèlement d'une centrale nucléaire 15

5.1 Sûreté durant l'arrêt et la préparation au démantèlement 15

5.2 Radioprotection durant la préparation au démantèlement 17

5.3 Contraintes administratives, techniques et sociales 18

6. Conclusions 20

SES
energiestiftung.ch

Schweizerische Energie-Stiftung
Fondation Suisse de l'Énergie

Sihlquai 67
8005 Zürich
Tel. 044 275 21 21

info@energiestiftung.ch
PC-Konto 80-3230-3

Tableau d'abréviations

ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire(France)
BKW	Bernische Kraftwerke AG (Forces Motrices Bernoises SA, FMB ; Suisse)
CFF	Chemins de Fer Fédéraux (Suisse)
CIGEO	Centre Industriel de Stockage Géologique (Haute-Marne)
CIRES	Centre de stockage de Morvilliers dans l'Aube (France)
CLIS	Commission locale d'information et de surveillance (Fessenheim)
CSA	Centre de stockage de Soulaines dans l'Aube (France)
CSN	Commission fédérale de Sécurité Nucléaire (Suisse)
DAE	Déchets Activés d'Exploitation
DETEC	Département fédéral de l'Environnement, des Transports, de l'Énergie et de la Communication (Suisse)
DOR	Dossier d'Orientation du Réexamen
EDF	Électricité De France, société anonyme (France)
EPR	Evolutionary Pressurised Reactor
FSH1 / 2	Fessenheim réacteur n° 1 / n° 2
GV	Générateur de Vapeur
ICEDA	Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés (Bugey, France)
IFSN	Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire (Suisse)
INB	Installation Nucléaire de Base
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (France)
MAVL	Moyenne Activité à Vie Longue
Md€	Milliard d'euros
M€	Million d'euros
MW_e	MégaWatt électrique
MW_{th}	MégaWatt thermique
OFEN	Office Fédérale de l'Énergie (Suisse)
OFSP	Office Fédérale de Santé Publique (Suisse)
PBq	Péta Becquerel, soit 10^{15} Bq
P-DEM	Préparation au Démantèlement
PPE	Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (France)
RCD	Réacteur Complètement Déchargé ; combustible dans le bâtiment combustible
RCR	Rapports de Conclusion du Réexamen
REB	Réacteur à Eau Bouillante
REP	Réacteurs à Eau Pressurisée
RP	Réexamen Périodique

SAFSTOR	Safe Storage, sans combustible, surveillé pendant 60 ans de désactivation
VD	Visite décennale
ZWILAG	Zwischenlager AG (Dépôt intermédiaire SA) (Würenlingen, Suisse)

1. Préambule

« Toute la difficulté vient du fait que le démantèlement n'a pas été prévu à la conception. » (Sophie Maurel, EDF, pilote du référentiel de sûreté de Chooz A)

La France nucléaire est dans une phase particulière de son histoire : d'une part la centrale de Fessenheim est arrêtée et en préparation de démantèlement, d'autre part, le nouveau réacteur EPR de Flamanville tarde à être mis en service. Cela n'impliquera néanmoins pas de pénurie de l'approvisionnement national en énergie électrique, la France étant largement exportatrice d'électricité depuis plusieurs années. Cette phase peut être interprétée comme un processus normal de renouvellement du parc nucléaire, sachant que la transition énergétique est enclenchée par le biais de la loi relative à l'énergie et au climat du 8 novembre 2015[1]. Le pilotage des objectifs de cette loi est décliné dans une Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)[2]. Les PPE des périodes 2019-2023 et 2024-2028 fixent à l'horizon 2035 l'atteinte d'une part de 50% d'électricité nucléaire dans le mix électrique français.

En Suisse, la construction de nouvelles centrales électronucléaires de conception actuelle (génération III) est bannie par la loi sur l'énergie depuis 2017. Avec aujourd'hui 40% électricité d'origine nucléaire, la Suisse s'est fixée une production électrique d'origine entièrement renouvelable à l'horizon de 2050. D'ici là, les réacteurs en fonctionnement continueront leur production tant que la sûreté est assurée. La centrale de Mühleberg, qui aurait dû investir massivement pour rester suffisamment sûre aux yeux de l'autorité de surveillance, a donc été arrêtée pour des raisons économiques et se trouve actuellement en phase de préparation au démantèlement. Le manque de production d'électricité qui en résulte ne provoquera pas de pénurie en Suisse.

La contribution ci-après tend à montrer la complexité d'une mise à l'arrêt et de la préparation au démantèlement d'une centrale nucléaire à l'exemple de ce qui se passe avec la centrale de Fessenheim près de Mulhouse et celle de Mühleberg près de Berne. Même si les réacteurs de ces deux sites sont de type et de puissance différents, les difficultés de mise à l'arrêt et de préparation au démantèlement sont similaires dans des contextes juridiques, administratifs et sociaux spécifiques à chaque pays. Les considérations économiques de ces processus et la gestion des déchets ne sont pas abordées dans cette contribution.

Ces deux centrales ne sont que les précurseurs d'une phase inéluctable : quel que soit le mix électrique fixé par les lois, nos deux pays, à l'instar de tous les autres, devront inévitablement arrêter et démanteler d'autres centrales nucléaires dans un futur proche pour obsolescence ou non-rentabilité économique. Leur arrêt et leur préparation au démantèlement devront être anticipés le plus en amont possible afin d'assurer un processus efficace et serein, condition *sine qua non* pour garantir une mise en œuvre de ces processus en toute sûreté.

---

[1] Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ; https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031044385&categorieLien=id

[2] Décret du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie ; https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe

Avertissement : sécurité versus sûreté : Au sens conventionnel du terme, la « sécurité » (« safety » en anglais) se réfère aux évènements accidentels (non intentionnels) et la « sûreté » (« security » en anglais) se réfère aux actes de malveillance (intentionnels). Dans le nucléaire français, les définitions de « sécurité » et de « sûreté » sont inversées comme par exemple : Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). Ces termes sont utilisés ci-après dans ce sens franco-français du domaine nucléaire.

2. Arrêts et préparation au démantèlements de centrales nucléaires

2.1 Situation du parc nucléaire français

Neuf réacteurs de puissance de quatre technologies différentes ont été mis à l'arrêt entre 1973 et 2010 et sont en cours de déconstruction en France[3] et deux viennent d'être arrêtés récemment ; il s'agit des réacteurs de :

- Brennilis (réacteur nucléaire gaz-eau lourde),
- Bugey 1, Chinon A1, A2 et A3, Saint-Laurent A1 et A2 (réacteurs nucléaires à uranium naturel graphite-gaz),
- Chooz A, (REP),
- Creys-Malville, (surgénérateur à neutrons rapides, refroidi au sodium),
- Fessenheim (deux REP) de 880 MWe chacun, arrêtés depuis mars 2020 et juillet 2020 et en phase de préparation au démantèlement.

Quatre autres réacteurs de recherche à Marcoule des années 1955-1968 sont également en démantèlement.

Pour atteindre l'objectif de 50% d'électricité nucléaire en 2035, les PPE prévoient la fermeture de 14 réacteurs jusqu'à ce terme. Après ceux de Fessenheim en 2020, deux réacteurs pourraient déjà être fermés à l'horizon 2025-2026 si certaines conditions relatives au prix de l'électricité et à l'évolution du marché de l'électricité sont remplies (décision à prendre en 2023) ; deux réacteurs fermeront en 2027 et en 2028, sous réserve du respect du critère de sécurité de l'approvisionnement en électricité. Pour le long terme, le projet de PPE indique qu'il est nécessaire de préserver une capacité de construction de nouveaux réacteurs nucléaires appuyés sur une technologie et des capacités industrielles nationales[4]. La construction, après 2028, d'une série de six EPR optimisés pour en réduire les coûts et destinés à remplacer progressivement les réacteurs qui seront arrêtés fait toujours l'objet d'études, avec une très grande incertitude sur la décision politique qui sera finalement prise[5].

2.2 Situation du parc nucléaire suisse

En Suisse, plusieurs réacteurs expérimentaux et de recherche scientifique ont été arrêtés et démantelés :

- La centrale expérimentale de Lucens dont le cœur avait subi une fusion partielle le 21 janvier 1969 a été désaffectée en 1995 puis entièrement déclassée en 2004 et le site est toujours sous surveillance[6]. Des émissions sporadiques de Tritium dans les eaux de drainage ont été constatées en 2011/2012 mais sont sans conséquence pour l'homme et l'environnement[7].

---

[3] Déconstruction des centrales nucléaires, EDF ; https://www.edf.fr/groupe-edf/nos-energies/nucleaire/atouts/expertise-nucleaire/deconstruction-des-centrales-nucleaires
[4] Rapport financier annuel ; Document d'enregistrement universel 2019, EDF ; https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/espaces-dedies/espace-finance-fr/informations-financieres/informations-reglementees/urd/edf-urd-rapport-financier-annuel-2019-fr-3.pdf
[5] Électricité nucléaire en Europe, The Shift Project, 18.02.2020 ; https://theshiftproject.org/article/nucleaire-europe-est-ouest-dossier-1-5/#_edn11
[6] Série de Lucens, IFSN ; https://www.ensi.ch/fr/2012/05/10/serie-de-lucens-les-evenements-du-21-janvier-1969/
[7] Augmentation de la teneur en Tritium dans le système de drainage de Lucens, 2012 ; https://www.admin.ch/gov/fr/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-44057.html

– Les réacteurs de recherche CROCUS de l'Université de Lausanne, DIORIT (30 MW_{th}) et PROTEUS de l'Institut Paul Scherrer (PSI)[8] et plus récemment, le réacteur de l'Université de Bâle (30 kWh_{th}), entré en fonction en 1959, arrêté en 2013 puis désaffecté en 2018[9].

Un seul réacteur de puissance, celui de Mühleberg près de Berne en service depuis 1972 avec 390 MW_e, a été arrêté en décembre 2019 et est en phase de préparation au démantèlement.

La Suisse envisageait en 2016 la construction de nouveaux réacteurs pour 2020. Suite à l'accident de Fukushima, le conseil fédéral a annoncé, le 25 mai 2011, la sortie progressive du nucléaire civil en décidant de ne pas renouveler les centrales nucléaires en service. Par votation populaire, les Suisses ont accepté en 2017 la loi sur l'énergie par 58.2%. Celle-ci ne permet plus la construction de centrales nucléaires avec des réacteurs de l'actuelle génération III mais laisse la porte ouverte à d'autres systèmes électronucléaires du futur[10]. En Suisse, comme ailleurs, un développement durable passe nécessairement par une réduction de plus de 40% de la consommation d'énergie jusqu'en 2035, dont ⅓ d'électricité[11].

En tout état de cause, la recherche scientifique en relation avec les centrales nucléaires classiques ou des réacteurs de la quatrième génération se poursuit en Suisse, en particulier à l'Institut Paul Scherrer à Würenlingen[12]. Il en va de la sûreté des centrales actuelles en voie de vieillissement et aussi de garder un pied dans le domaine électronucléaire.

2.3 Expériences internationales de démantèlements

A l'international, 115 réacteurs de puissance commerciaux, 48 réacteurs de puissance expérimentaux ou prototypes, ainsi que plus de 250 réacteurs de recherche et plusieurs installations du cycle du combustible, ont été mis hors service. Sur les plus de 160 réacteurs de puissance, y compris les unités expérimentales et les prototypes, au moins 17 ont été entièrement démantelés, plus de 50 sont en cours de démantèlement, plus de 50 se trouvent à l'arrêt sans combustible (SAFSTOR), trois ont été enterrés, et pour d'autres, la stratégie de démantèlement n'est pas encore précisée[13].

Néanmoins, chaque réacteur présente des caractéristiques uniques au regard desquelles les opérations de démantèlement doivent être adaptées (historique, caractérisations et investigations disponibles, accessibilité des zones, nature des matériaux et leur type de contamination). Les exploitants, de même que les autorités de sûreté, disposent donc de peu de références précises sur lesquelles s'appuyer pour bâtir le scénario de démantèlement spécifique à chaque installation. Ceci peut conduire à des évolutions de stratégies au gré de l'avancement de certains chantiers et du retour d'expérience acquis, mais aussi à des allongements des délais

[8] Institut Paul Scherrer, Proteus ; https://www.psi.ch/en/erp/proteus
[9] Réacteur de recherche de l'Université de Bâle, IFSN, 2019 ; https://www.ensi.ch/fr/2019/03/27/le-detec-donne-son-feu-vert-pour-la-desaffectation-du-reacteur-de-recherche-de-luniversite-de-bale/
[10] Loi sur l'énergie du 30 septembre 2016 ; https://www.admin.ch/opc/fr/official-compilation/2017/6839.pdf
[11] La stratégie énergétique 2050 après l'entrée en vigueur de la nouvelle loi sur l'énergie, OFEN, 2018 ; https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politik/energiestrategie-2050.html
[12] Institut Paul Scherrer, Würenlingen; https://www.psi.ch/fr/search/recherche?keywords=nucléaire
[13] Decommissioning Nuclear Facilities (Updated May 2020) ; https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx

d'instruction des autorités qui doivent, elles aussi, analyser chaque installation comme un cas unique[14]. Au final, seules 19 unités ont été entièrement déclassées : 13 aux États-Unis, cinq en Allemagne et une au Japon, dont dix sites sont retournés au vert[15].

Concernant plus spécifiquement les réacteurs de type REP, 342 unités ont été mises en service dans le monde dans les années 1970 à 1990 dont 50 sont définitivement arrêtées, en cours de démantèlement ou démantelées[16], auxquels s'ajoutent depuis peu ceux de Fessenheim. Pour huit réacteurs REP en Allemagne et un en Espagne, le démantèlement du circuit primaire principal est achevé. Le réacteur Chooz A en France à trois kilomètres de la frontière belge dans les Ardennes a été construit entre 1962 et 1967 et arrêté en 1991 après 24 années d'exploitation. Le décret d'arrêt définitif datant de 1993 était basé sur une stratégie de fermeture sous surveillance qui a été remplacée en 2001 par une option de démantèlement immédiat. Les processus administratifs complexes n'ont permis d'aboutir à un décret de démantèlement qu'en 2007. Le démantèlement des générateurs de vapeur (GV) et de la cuve devait s'achever en 2016 mais n'est toujours pas terminé[17]. EDF pense finaliser l'assainissement du site en 2022 pour un coût global de 350 M€[18]. L'expérience acquise sera utile pour le démantèlement de la centrale de Fessenheim, bien que celle de Chooz A soit nettement plus petite : 305 MW_e (Fessenheim : 880 MW_e), des GV pesant 110 tonnes pièces (Fessenheim : 300 tonnes) et une cuve de 200 tonnes (Fessenheim : 263 tonnes). Les retours d'expérience montrent néanmoins que le démantèlement complet d'un réacteur de type REP est techniquement possible sur une vingtaine d'années.

Le démantèlement de centrales REB est aussi en cours, par exemple à Brunsbrüttel et Krümmel en Allemagne. Bien qu'il existe des différences notoires entre les gros composants d'une REB et ceux d'une REP (pas de GV, cuve plus volumineuse, contamination des turbines etc.) les solutions techniques du démantèlement sont similaires et la préparation au démantèlement de Mühleberg peut s'appuyer sur ces expériences.

3. Procédures de mise l'arrêt

3.1 L'arrêt de Fessenheim

Dès 2017 l'arrêt de Fessenheim avait été anticipé par EDF et la 4ème visite décennale (VD4)[19] semblait clairement ne pas devoir se dérouler sur une centrale en activité. Ce n'est pourtant que le 27 septembre 2019 que l'exploitant a officiellement déposé sa demande d'abrogation d'exploiter avec la déclaration d'une mise à l'arrêt définitif des deux réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim prévoyant un

[14] Cours des comptes, L'arrêt et le démantèlement des installations nucléaires, 4 mars 2020 ; https://www.ccomptes.fr/fr/publications/larret-et-le-demantelement-des-installations-nucleaires
[15] The World Nuclear Industry, Status Report 2019, WNISR; https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2019-v2-hr.pdf
[16] Enjeux du démantèlement des réacteurs à eau sous pression, rapport n° 2018-00016, IRSN ; https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/surete/IRSN_Rapport-2018-00016_Enjeux-Demantelement-REP.pdf
[17] Le démantèlement de Chooz A, IRSN, 2018 ; https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/demantelement/demantelement-France-centrales-installations-nucleaires-EDF-recherche-militaire/demantelement-chooz/Pages/sommaire.aspx#.XyEhHi3pPAw
[18] IRSN ; https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/demantelement/demantelement-France-centrales-installations-nucleaires-EDF-recherche-militaire/Pages/0-demantelement-France-centrales-installations-nucleaires-sommaire.aspx#.XwTKIi3pPAw
[19] Une visite décennale (VD) est une étape du réexamen périodique (RP)

arrêt du réacteur n°1 le 22 février 2020 et du réacteur n°2 le 30 juin de la même année. Cette déclaration de mise à l'arrêt déposée par EDF ne respecte pas les exigences de l'article L593-26 du Code de l'environnement, qui précise qu'elle est « *souscrite au moins deux ans avant la date d'arrêt prévue, ou dans les meilleurs délais si cet arrêt est effectué avec un préavis plus court pour des raisons que l'exploitant justifie* ». Or il se sera écoulé à peine cinq mois entre la demande et l'arrêt, et aucune justification n'est donnée pour ce préavis trop court. Cela a d'ailleurs été relevé par l'ASN, qui dans son courrier du 29 janvier 2020 stipulait que : *« L'inspection … s'inscrit dans un contexte de transmission par EDF, le 27 septembre 2019, de la déclaration d'arrêt définitif des réacteurs de Fessenheim. Cette transmission a eu lieu significativement moins de deux ans avant l'arrêt définitif des réacteurs, et tardivement en regard des dates effectives des arrêts, prévus en février 2020 pour le réacteur n° 1 puis en juin 2020 pour le réacteur n° 2 »*[20].

Même la Cour des comptes s'en est soucié dans son Rapport sur l'arrêt et le démantèlement des installations nucléaires de février 2020[21]. Le décret d'abrogation a finalement été édicté en février 2020[22]. Malgré le non-respect des délais de la demande d'abrogation de l'autorisation d'exploiter il n'y a pas eu de contestation de l'illégalité du décret d'abrogation du 18 février 2020, ce qui par ailleurs n'aurait pas apporté d'amélioration sur le déroulement du démantèlement.

3.2 L'arrêt de Mühleberg

À la suite de Fukushima (2011), l'Inspection fédéral de sécurité Nucléaire (IFSN) a exigé que les centrales suisses doivent disposer d'une source de refroidissement alternative et redondante. Les contrôles y relatifs réalisés en 2012 ont montré que la centrale de Mühleberg devait compléter son système de refroidissement au plus tard jusqu'en 2017 (la centrale de Beznau doit aussi le faire et a déposé une demande de prolongation de réalisation jusqu'en 2021). L'exploitant de Mühleberg (Bernische Kraftwerke, BKW, ou Forces Motrices Bernoise, FMB) a annoncé en octobre 2013 qu'il fermerait son réacteur en 2019, en raison « *d'incertitudes techniques, économiques et politiques indéterminées et non quantifiables qui pourraient accroître les risques économiques d'une exploitation à long terme* ». En mai 2014 un sondage auprès de la population de Berne a montré que 63% étaient d'accord avec une fermeture de Mühleberg en 2019 et rejetait une proposition de fermeture plus rapide[23]. En mars 2016, FMB a communiqué la date de déconnexion

---

[20] Courrier ASN CODEP-STR- 2020-004037 du 29 janvier 2020, page 1 ; https://www.asn.fr/content/download/169364/1734729/version/1/file/INSSN-STR-2019-0730.pdf

[21] Voir réf. 14 : *« Ainsi EDF n'a-t-elle officiellement annoncé la date de fermeture que le 27 septembre 2019, bien que la décision ait été mentionnée auprès du personnel de la centrale à l'automne 2018 et que la gestion de la centrale ait été alignée sur cette échéance (plus particulièrement en termes de recharge de combustible). …*
Cependant, EDF avait déjà informé l'ASN, dans un courrier du 6 juin 2018, que « le site de Fessenheim [...] sera définitivement à l'arrêt à l'échéance de son quatrième réexamen ». EDF n'a donc pas réalisé les investissements qui auraient permis de prolonger le fonctionnement de la centrale au-delà des quatrièmes visites décennales (VD4) de ses deux réacteurs.
L'arrêt du premier réacteur de Fessenheim en 2020, qui résulte des anticipations de l'entreprise (notamment en termes de calendrier de mise en service de l'EPR), était donc inéluctable depuis plusieurs mois, voire années. Il n'existe ainsi pas de raison qui pouvait justifier un préavis plus court que le délai règlementaire de deux ans, autre que la volonté par EDF de conditionner cette déclaration à la signature d'un protocole d'indemnisation ».

[22] Décret no 2020-129 du 18 février 2020 portant abrogation de l'autorisation d'exploiter la centrale nucléaire de Fessenheim :
https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000041600975&fastPos=2&fastReqId=1865136593&categorieLien=cid&oldAction=rechTexte

[23] Nuclear Power in Switzerland, 2020 ; https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/switzerland.aspx#.UXcZG7Xvvfc

du 20 décembre 2019. En avril 2016 le projet a été mis à l'enquête publique (durant un mois). Après examen par l'IFSN et la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CNS), le Département fédéral de l'énergie (OFEN) a publié le 20 juin 2018 la décision officielle de fermeture et accordé une autorisation générale de mise hors service[24]. La décision de fermeture prise dès 2013 a permis de préparer un bon dossier de désaffectation déposé en 2015 soit quatre ans avant la mise hors service prévue.

3.3 Raison d'état et conflit d'intérêts

Nonobstant les préparations prévoyant un arrêt définitif de Fessenheim à l'horizon de 2020 et ses annonces récurrentes, EDF n'a formalisé sa volonté de fermeture que le 27 septembre 2019. Pourtant, le Conseil d'administration d'EDF, dans sa séance du 6 avril 2017, avait déjà pris acte de la fermeture irréversible et inéluctable de Fessenheim sous réserve du respect de plusieurs conditions et avait autorisé le Président-Directeur Général à signer le protocole d'indemnisation négocié avec l'État et approuvé par la Commission européenne. Suite à la révision de 2018 du projet de PPE ce protocole d'indemnisation a été modifié puis entériné par le Conseil d'administration d'EDF les 4 avril et 20 septembre 2019. EDF a signé le nouveau protocole le 27 septembre 2019 avec un dédommagement impressionnant à la clef (entre 370 et 443 M€). L'association « Sortir du nucléaire » avait d'ailleurs déposé une plainte auprès de la Commission européenne pour aide d'État le 14 novembre 2019. La plainte a été rejetée le 23 janvier 2020 pour défaut d'intérêt à agir, mais la Commission européenne va s'enquérir auprès des autorités françaises des éléments transmis, qu'elle a bien enregistrés[25]. Même la Cours des comptes émet des réserves sur la bonne conduite des négociations[26].

Une des difficultés pour l'État français de bien négocier un arrêt politique de Fessenheim vient de son rôle d'actionnaire majoritaire à plus de 70% d'une entreprise publique, la société anonyme EDF, et de celui de responsable de la politique énergétique, rôles qui ne sont ici pas conciliables : les actionnaires d'EDF sont tenus à s'engager pour le bien de l'entreprise et de ses salariés, alors que l'État français s'est engagé à plafonner la contribution nucléaire tout en soutenant la construction de l'EPR et se doit donc d'arrêter des anciennes centrales. Les représentants de l'État français au conseil d'administration d'EDF ont dû se retirer des négociations sur le protocole d'indemnisation au regard du conflit d'intérêt[27] que pourrait faire valoir les représentants des salariés, opposés à la fermeture de Fessenheim. De cette constellation d'intérêts a résulté un accord de dédommagement pour la fermeture de Fessenheim très bénéfique pour EDF, avec comme avantage pour les représentants de l'État français de ne pas en porter la responsabilité qui retombe sur ceux des salariés, donc sur le peuple.

---

[24] OFEN, arrêté du 20.06.2018 (en allemand) ; https://www.bkw.ch/fileadmin/user_upload/17_Stilllegung/2015/2018.06.20_Stilllegungsverfügung_KKM_Internet.pdf

[25] https://www.sortirdunucleaire.org/IMG/pdf/ledocmagique.pdf

[26] Voir réf. 14 : « *L'État aurait pu se donner le temps de réfléchir car la situation à la date de signature du protocole ne présentait aucune urgence. En effet, à cette date, EDF ne pouvait plus compter continuer à exploiter le réacteur n° 1 au-delà de 2020 et le réacteur n° 2 au-delà de 2022, pour des raisons de sûreté, auxquelles il faut ajouter les contraintes associées à la gestion sociale de la fermeture. L'arrêt à courte échéance était devenu inéluctable. L'État était donc en 2019 en bien meilleure position de négociation qu'en 2016 et un report de cette signature du à la réouverture des négociations aurait obligé EDF à révéler ses véritables marges de manœuvre. Cette position de négociation plus favorable n'a pas été exploitée par l'État* ».

[27] Art. 11 Règlement intérieur du Conseil d'administration EDF : « *[Les administrateurs, ainsi que toute personne appelée à assister aux réunions du Conseil d'administration] doit se déterminer indépendamment de tout intérêt autre que l'intérêt social de la Société* » ; https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/gouvernance/ca/ri_edf_mis_a_jour_ca_20191008_vf.pdf

L'État français avait aussi quelques difficultés à concilier les enjeux stratégiques militaires et économiques face à la montée des mouvances écologiques. D'un Président à l'autre, les promesses de fermeture de Fessenheim devenaient toujours plus contraignantes pour l'Élysée. Au-delà des aspects énergétiques, il ne faut pas oublier l'importance majeure qu'accorde l'état français au maintien de sa force de frappe nucléaire, bombe atomique et sous-marin nucléaire en premier lieu, impliquant la poursuite d'exploitation de centrales nucléaires. Mais force est de constater que ces tractations politico-économiques ont prétérité un dépôt de demande de mise à l'arrêt définitif respectant les délais légaux qui aurait permis une planification plus sereine du démantèlement.

En Suisse, la centrale nucléaire de Mühleberg est la propriété de la société anonyme BKW et les trois autres centrales nucléaires appartiennent à plusieurs sociétés qui sont toutes partenaires en se partageant l'actionnariat avec des collectivités publiques (cantons, villes) ou des services publiques (Chemins de Fer Fédéraux, CFF). Même si l'État fédéral n'est pas directement actionnaire de ces sociétés, la Confédération assume le risque d'une prise en charge des coûts économiquement non supportables sur laquelle l'Assemblée fédérale devrait statuer le cas échéant. Les centrales nucléaires suisses sont donc en grande partie aux mains des pouvoirs publics. Cette constellation complexe n'a toutefois pas empêché un déroulement relativement serein de la mise à l'arrêt de la centrale de Mühlberg. D'autant plus que certains actionnaires de ces sociétés se doivent politiquement d'être aujourd'hui contre le nucléaire : la ville de Zürich par exemple cherche à revendre ses participations nucléaires[28]. Le débat d'une indemnisation en cas de fermeture politique d'une centrale nucléaire a eu lieu il y a quelques années en Suisse et s'est terminé par un compromis informel : les centrales actuelles pourront fonctionner jusqu'à 50 ans - voire 60 ans - tant que leur sûreté est assurée. Ainsi, la Confédération ne sera pas obligée de verser un dédommagement, mais elle reste néanmoins la seule entité qui serait à même de reprendre les centrales nucléaires si les sociétés d'exploitation venaient à faire faillite[29].

4. Procédures de préparation au démantèlement

4.1 4ème réexamen périodique de sûreté de Fessenheim

Indépendamment d'une fermeture ou non de Fessenheim, un 4ème réexamen périodique (RP4) de la centrale ce Fessenheim était programmé pour 2021 car l'article L593-18 du code de l'Environnement demande que l'exploitant d'une installation nucléaire de base (INB) procède, tous les dix ans, au réexamen de son installation.

L'objectif du réexamen de sûreté d'une installation en démantèlement est de s'assurer que l'installation respecte les exigences de sûreté et de radioprotection jusqu'à son déclassement.

Dans sa note préliminaire d'orientation du 4ème réexamen périodique de Fessenheim du 28 juin 2018, EDF annonce prévoir de transmettre les rapports de conclusions pour les deux tranches de Fessenheim au moment du dossier de

[28] Interpellation au Conseil national, 25.09.2019. Participations des villes et de la Confédération dans l'énergie nucléaire ; https://www.parlament.ch/fr/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20194147

[29] Centrales nucléaires. Responsabilité civile de l'État. Rapport du Conseil fédéral, 21 janvier 2015 ; https://www.parlament.ch/centers/eparl/curia/2011/20113356/Bericht%20BR%20F.pdf

démantèlement et au plus tard, à la date réglementaire de dépose du RCR de la tranche 1 (10 septembre 2020)[30]. Faisant suite à cette note préliminaire, EDF présentait à l'ASN en date du 24 juin 2019 un premier Dossier d'Orientation sur le Réexamen (DOR) traitant de la maîtrise des risques et des inconvénients[31]. L'ASN a relevé 15 lacunes dans ce dossier qui devront être éliminées dans la prochaine version consolidée attendue donc pour septembre 2020[32]. Il s'agit notamment d'exigences concernant la sûreté des installations en temps de canicule, l'évaluation de la probabilité de rejets de substances radioactives à la suite d'une chute d'avion sur les bassins de désactivation (« *Si vous ne pouvez démontrer l'élimination pratique du risque de fusion des assemblages combustibles entreposés dans les piscines du bâtiment combustible, vous en évaluerez les conséquences* »), la fiabilité et la maîtrise du pont de manutention des éléments combustibles lors de l'évacuation, et même de justifier la non-réévaluation de l'aléa sismique : « *Je vous demande de justifier de façon plus étayée le choix de ne pas réévaluer l'aléa sismique au niveau du SMS VD4, en détaillant notamment les éventuelles difficultés en termes de ressource et de délais que cette réévaluation impliquerait* ». Ces exigences ne sont pas réellement contraignantes en termes de mise en œuvre technique, mais elles montrent bien les points faibles de la centrale de Fessenheim, même à l'arrêt.

Ce début de procédure du 4ème réexamen se poursuivra par la phase de réalisation des études et des contrôles y associées et se terminera par le réexamen proprement dit en 2021 avec les conclusions de l'ASN.

4.2 Préparation au démantèlement de Fessenheim

Parallèlement à cette préparation au 4ème réexamen périodique, une préparation au démantèlement (P-DEM) a été engagée. Un plan de démantèlement a pour but de montrer comment le démantèlement est censé se dérouler, avec quels moyens et pour arriver à quel état final. Il n'existe formellement pas de lien entre les procédures d'instruction des dossiers de démantèlement et celles des réexamens de sûreté. Néanmoins, les deux procédures sont très similaires, voire redondantes, puisque le dossier de démantèlement comporte des éléments qui font l'objet d'examens au titre des exigences de sûreté. Les procédures et dossiers à constituer pour chacun de ces dispositifs sont conséquents et cumulent le travail à la fois pour les exploitants et pour les autorités administratives et de sûreté[14].

EDF a envoyé en août 2019 une première version du plan de démantèlement aux autorités[33]. La qualité du rapport était très médiocre, voire irresponsable, et donnait l'impression d'un exercice alibi. Cette première version du plan de prélèvement et les suites d'une inspection de plusieurs jours avec les services concernés d'EDF ont fait l'objet d'un courrier sévère de l'ASN qui a émis plus de 40 demandes ou prescriptions en jugeant le plan de démantèlement « *très générique.... Le niveau de détail ne correspond pas à celui attendu au moment de la déclaration d'arrêt*

[30] Lettre EDF, « Note préliminaire d'orientation du 4ème réexamen périodique de Fessenheim » du 28 juin 2018. Les dates de dépôt des Rapports de Conclusion du Réexamen (RCR) des réacteurs de Fessenheim sont formellement le 10 septembre 2020 pour FSH1 et le 28 août 2022 pour FSH2.
[31] Lettre EDF D455619044872 du 24 juin 2019 dossier d'orientation du réexamen (DOR)
[32] Dossier d'orientation du réexamen et plan de démantèlement de l'INB no 75 (Fessenheim) ; ASN CODEP-DRC-2019-029982 du 20 décembre 2019
https://www.asn.fr/Media/Files/00-Publications/courrier-ASN-EDF-pilotage-DEM-FSH-12-2019
[33] Plan de démantèlement de Fessenheim, août 2019, indice A, 59 pages :
https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/Notes%20d%27information/190916_p03-plan_de_demantelement_fessenheim_-_inda.pdf

définitif d'une INB »[34]. Même la gestion des déchets est lacunaire puisqu'elle s'appuie sur des modifications de décrets concernant ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés) et les déchets de Moyenne Activité à Vie Longue (MAVL) avant leur départ pour CIGEO (Centre industriel de stockage géologique), modifications encore loin d'être avalisées.

Une deuxième version a ensuite été envoyée aux autorités en mai 2020[35]. Le volume de ce dernier document était environ deux fois plus important que sa première version, mais ne répondait pas à toutes les exigences de l'ASN. À ce jour, les autorités n'ont pas encore rendu leur avis sur ce dernier document et une version plus élaborée sous la forme d'un dossier de démantèlement est attendue par l'ASN pour septembre 2020. Selon les articles L593-26 et L593-27 du code de l'environnement, le dossier de démantèlement devrait être déposé au plus tard le 27 septembre 2021. Néanmoins l'ASN a fixé pour échéance de remise du dossier de démantèlement la date de septembre 2020.

Selon le calendrier général de démantèlement d'EDF la phase de préparation du démantèlement débute en juillet 2020 et devrait durer environ 5 ans. Au cours de cette phase, le « 4ème réexamen » devrait avoir lieu et les éléments combustibles - les barres d'uranium - devraient déjà avoir été retirés du site (2ème semestre 2023), les piscines de désactivation vidées de leur eau, les cuves des réacteurs évidées de leurs infrastructures et remplies d'eau avec couvercle posé. Le démantèlement lui-même ne peut commencer qu'après émission du décret de démantèlement qui s'appuie sur un avis de l'autorité environnementale et d'une enquête publique. Si l'échéance du 20 septembre 2020 devait être retenue, le décret de démantèlement pourrait être publié 5 ans plus tard soit en septembre 2025[14]. La phase de démantèlement proprement dite devrait durer 15 ans, soit jusqu'en 2040. Après cela, le site pourrait être déclassé comme n'étant plus nucléaire, mais ne sera probablement toujours pas librement accessible.

4.3 Préparation au démantèlement de Mühleberg

Après avoir décidé en 2013 que la centrale sera arrêtée en 2019, l'exploitant BKW a remis les documents du projet de désaffectation de la centrale à l'IFSN le 18 décembre 2015. Ce projet a été mis à l'enquête publique pendant un mois en avril 2016[36]. Huit oppositions et de nombreuses demandes émanant des cantons et organisations sur le projet de désaffectation ont été formulées auprès de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). L'IFSN a procédé à un examen de la documentation relative à la sécurité technique et a soumis son rapport d'expertise à l'OFEN le 30 août 2017, formulant jusqu'à 35 exigences, en particulier relatives aux conditions techniques, organisationnelles et procédurales[37]. Ce rapport a été évalué en septembre 2017 dans une prise de position de la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN). Le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de

[34] Préparation au démantèlement. Courrier ASN CODEP-STR- 2020-004037 du 29 janvier 2020 ; https://www.asn.fr/content/download/169364/1734729/version/1/file/INSSN-STR-2019-0730.pdf
[35] Plan de démantèlement de Fessenheim, mai 2020, indice B, 112 pages ; https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/Notes%20d%27information/200624_p03-plan_de_demantelement_fessenheim-_indb1.pdf
[36] Mise à l'enquête du projet de désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg, IFSN, 4 avril 2016 ; https://www.ensi.ch/fr/2016/04/04/debut-de-la-mise-a-lenquete-du-projet-de-desaffectation-de-la-centrale-nucleaire-de-muehleberg/?noredirect=fr_FR
[37] Gutachten zum Stilllegungsprojekt des Kernkraftwerkes Mühleberg, ENSI, 30. August 2017 (en allemand) ; https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2017/09/20170830-ENSI-Gutachten_komplett_final_web.pdf

la communication (DETEC) a finalement délivré le 20 juin 2018 la décision de désaffection en se fondant sur le rapport d'expertise de l'IFSN, sur la prise de position de la CSN ainsi que sur celles des autorités fédérales et des cantons[38]. La décision de désaffectation couvre les mesures préparatoires ainsi que les travaux répartis en trois phases jusqu'au constat officiel que l'installation ne représente plus une source de risques radiologiques. Jusqu'en 2024, le combustible ainsi que les déchets hautement radioactifs seront déposés à ZWILAG et les composants activés seront démontés. Dans son autorisation de désaffectation de 2019, le DETEC impose à BKW de soumettre à l'Office fédérale de l'énergie (OFEN), au plus tard jusqu'à la fin de l'année 2027, un projet de désaffectation concernant le démantèlement conventionnel de l'installation. La décision peut faire l'objet d'un recours auprès du Tribunal administratif fédéral dans les 30 jours suivant son ouverture[39]. Jusqu'en 2030, toutes les grandes installations seront démontées et des mesures doivent démontrer l'absence de contamination du site qui sera libéré dès 2034[40].

Selon l'art. 34 de l'Ordonnance sur l'Énergie nucléaire, une inspection périodique de sûreté doit être effectuée tous les dix ans, très similaire aux visites décennales françaises. Ce prochain contrôle aurait eu lieu après la mise hors service définitive de la centrale et n'est plus jugé opportun par l'IFSN. Bien que l'art. 35 exige un programme de surveillance du vieillissement, l'IFSN estime que dans le cas d'un démantèlement immédiat cela n'est pas nécessaire non plus, à condition que le calendrier prévu soit respecté.

5. Problèmes liés à l'arrêt et à la préparation au démantèlement d'une centrale nucléaire

5.1 Sûreté durant l'arrêt et la préparation au démantèlement

Dès la mise à l'arrêt du réacteur n° 1 de Fessenheim, le transfert des assemblages a été mis en œuvre. Ces manutentions ont été émaillées d'incidents sans grande gravité selon EDF[41]. Néanmoins, les bassins qui contenaient chacun entre 50 et 90 assemblages durant le fonctionnement normal de la centrale auront jusqu'à 150 assemblages supplémentaires provenant du déchargement des cœurs de réacteur. Immédiatement après l'arrêt définitif du réacteur, l'activité totale présente dans le combustible est de l'ordre de 10^5 PBq et celle des structures activées entourant le combustible (barres de commandes, cuve et structures internes de la cuve) de l'ordre de 10^2 PBq. Lorsque les deux réacteurs seront dans l'état tout combustible dans le bâtiment combustible (réacteur complètement déchargé, RCD), la puissance résiduelle de l'ensemble des assemblages présents dans chacune des deux piscines combustibles (216 assemblages pour FSH1, 241 assemblages pour FSH2)[35] sera de

[38] Verfügung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK vom 20. Juni 2018 (en allemand) ; https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/kernenergie/stilllegung.html
[39] La DETEC délivre la décision de désaffectation pour la centrale de Mühleberg, 2019 ; https://www.ensi.ch/fr/2018/06/21/detec-delivre-decision-de-desaffectation-centrale-nucleaire-de-muhleberg/
[40] Fiche d'information. Décision de désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg, BFE, 21 juin 2018 ; https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/energie-nucleaire/desaffectation.html
[41] Magazine EDF « L'Essentiel » no 1064 du 18 juin 2020 et no 1065 du 25 juin 2020 ; https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-fessenheim/L%27essentiel/lessentiel_ndeg1064.pdf

l'ordre de 1.9 MW_{th}. Cette valeur intègre une période de décroissance de l'ordre de six mois après le début de l'état RCD[42].

Selon une première estimation de l'auteur[43], l'inventaire radioactif total des deux bassins de Fessenheim en situation RCD s'élèvera à quelques 700 PBq de ^{137}Cs, soit du même ordre de grandeur que celui dans le bassin du réacteur n° 4 de Fukushima (1'100 PBq de ^{137}Cs)[44] qui a donné des sueurs froides à l'exploitant et aux autorités japonaises, car susceptible d'impacter Tokyo. Or, certaines faiblesses connues de la centrale de Fessenheim sont toujours d'actualité dans cette phase post-exploitation, en particulier la fragilité des bassins de désactivation dont la résistance aux séismes ne répond pas aux critères européens en la matière, à quoi s'ajoute le risque lié à des agressions extérieures (chute d'aéronefs, terrorisme) et la fragilité de la source alternative de refroidissement (nappe phréatique). L'ASN connaît ces faiblesses et tente de les compenser en mettant certaines parties critiques de l'installation sous le régime de « noyau dur » qui implique des mesures plus contraignantes que celles prévalant sur l'ensemble du site. L'ASN a d'ailleurs procédé le 2 juin 2020 à une consultation publique portant sur un projet de décision prescrivant un noyau dur pour la centrale de Fessenheim[45]. Il n'empêche que durant une à deux années, le risque pour la population avoisinante de Fessenheim est plus grand qu'il ne l'a jamais été avec un inventaire radiologique très élevé stocké dans des bassins peu fiables. Un relâchement de seulement 10% de l'inventaire peut provoquer une contamination nécessitant l'évacuation de la population dans un rayon de quelques 30 km[43]. Il est important que le calendrier d'enlèvement des assemblages ne soit pas perturbé par des problèmes logistiques (transporteurs, réception à La Hague) de sorte que l'inventaire radioactif des bassins diminue rapidement. L'enlèvement des assemblages est prévu en une quarantaine de transports qui auront lieu entre 2020 et 2023[35].

À Mühleberg, après l'arrêt du réacteur, le bassin de désactivation contiendra près de 360 assemblages[46] (550 kW_{th}, activité totale 10^4 PBq)[47] qui resteront jusqu'à ce que la décroissance de leur radioactivité soit suffisante pour permettre un transport vers le dépôt nucléaire de surface à Würenlingen (ZWILAG). Le transfert des assemblages depuis le cœur du réacteur vers la piscine ne se fait pas toujours sans problème ainsi que deux incidents l'ont montré en octobre et novembre 2019[48]. À la différence de Fessenheim, le bassin de désactivation est situé dans le bâtiment réacteur et donc mieux protégé contre les agressions externes. Néanmoins son refroidissement est primordial et sera renforcé par un système spécifique (Arbek, Autarke redundante Brennelementlagerbeckenkühlung) qui n'est pas encore finalisé. Le

---

[42] Fiche de synthèse EDF en réponse à la décision ASN CODEP-DCN-2019-009565, 08.07.2019
[43] Association trinationale de Protection nucléaire, ATPN, 2020 ; https://atomschutzverband.ch/wordpress/wp-content/uploads/presentation_herrmann_demantelement_fessenheim_20200630.pdf
[44] A. Stohl et al ; Atmos. Chem. Phys. Discuss., 11, 28319–28394, 2011; www.atmos-chem-phys-discuss.net/11/28319/2011/
[45] Décision n° 2020-DC-0XXX de l'Autorité de sûreté nucléaire du JJ MM AAAA prescrivant un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles pour la centrale nucléaire de Fessenheim (INB n° 75) exploitée par Électricité de France (EDF) : https://www.asn.fr/Reglementer/Participation-du-public/Installations-nucleaires-et-transport-de-substances-radioactives/Participations-du-public-en-cours/Noyau-dur-Fessenheim
[46] Assemblage REB, CEA, page 87; http://www.cea.fr/Documents/monographies/combustibles-nucléaires_réacteurs-eau.pdf
[47] Stilllegungsprojekt, Hauptbericht, Version 1.1, 10.03.2016, BKW ; https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/energie-nucleaire/desaffectation.html
[48] Aufsichtsbericht 2019, IFSN ; https://www.ensi.ch/fr/wp-content/uploads/sites/4/2020/06/Aufsichtsbericht_2019_WEB.pdf

point faible du bassin de désactivation de Mühleberg reste néanmoins son refroidissement en cas de perte de la source primaire (eau de l'Aar) suite à un évènement grave. Avec un inventaire radiologique nettement plus faible qu'à Fessenheim, une meilleure protection contre les agressions externes et une enceinte de retenue, le risque encouru par la population bernoise est relativement réduit. Le risque diminuera graduellement au fur et à mesure du transfert des assemblages vers le site de ZWILAG dont la capacité d'accueil des colis semble suffisante. Le rapport de BKW contient des graphiques montrant l'évolution du potentiel radioactif global jusqu'à l'enlèvement total des assemblages[47]. L'évacuation se fera au cours de six campagnes de dix transports chacune qui devraient permettre au site d'atteindre le statut « sans combustible » à la fin de l'année 2024. Il est toutefois important que le calendrier d'évacuation des assemblages soit respecté.

5.2 Radioprotection durant la préparation au démantèlement

Le premier souci de radioprotection durant la phase de préparation au démantèlement vient du risque d'exposition des populations en cas d'évènement grave provoquant la perte de refroidissement des bassins et la dissémination des radionucléides aux alentours des centrales. Comme cela est exposé dans le chapitre précédent, le potentiel radioactif dans les bassins est extrêmement élevé et exige des mesures spécifiques pour réduire ce risque, en particulier vis-à-vis des agressions externes.

Cela étant, les installations de Fessenheim et de Mühleberg, même à l'arrêt, continuent d'émettre des radiations qui impliquent des mesures de radioprotection spécifiques. Les réacteurs de Fessenheim et de Mühleberg étant de conception et de puissance différentes, les sources et les causes d'irradiation sont différentes. Certains aspects restent toutefois similaires. Avec l'arrêt d'un réacteur nucléaire, la radioactivité externe d'une centrale se réduit fortement (radiation directe et émissions de radionuclides : gaz nobles, tritium, carbone-14, Iod-131 etc.). Par contre, comme c'est le cas à chaque révision périodique et pour le changement des assemblages, l'ouverture de systèmes et le transfert des assemblages du cœur vers la piscine exposent le personnel plus fortement que durant la phase d'exploitation. C'est d'ailleurs durant les phases de révision planifiées en exploitation normale que les plus fortes doses cumulées du personnel sont enregistrées[49]. En phase de préparation au démantèlement, le transfert de tous les assemblages vers les bassins ainsi que les travaux de décontamination des circuits intérieurs provoquent des expositions marquées du personnel engagé, tout en restant bien en-deçà des doses « normales » : Mühleberg estime arriver à une dose collective de 7.2 Sv sur 11 années comparée à la dose collective annuelle moyenne de 1 Sv en temps normal d'exploitation[50] (dose collective répartie toutefois sur un personnel réduit après l'arrêt). Sur le long terme, en tenant compte des expositions qui résulteraient d'une déconstruction sans décontamination préalable, les doses dues aux travaux de décontamination sont faibles et justifiées selon EDF[51].

Les déchets radioactifs provenant de la décontamination et du conditionnement des métaux activés sont stockés sur les sites et induisent une exposition des travailleurs ainsi qu'une émission de radiations vers l'extérieur. Ces valeurs restent

[49] Strahlenschutzbericht 2019, IFSN ; https://www.ensi.ch/fr/wp-content/uploads/sites/4/2020/06/Strahlenschutzbericht_2019_WEB-1.pdf
[50] Stilllegungsprojekt réf. 47, page 110.
[51] Plan de démantèlement réf. 35, page 99

toutefois faibles et ne dépasseront pas les valeurs légales normales d'une centrale en exploitation.

Les émissions par voie aérienne en phase de préparation au démantèlement sont plus faibles qu'en temps normal ; pour Mühleberg, les limites sont réduites de 1'000-fois par rapport aux limites en temps d'exploitation[52]. Par contre, les émissions par voie aqueuse sont similaires à celles en temps normal dues aux importants volumes d'eau utilisés pour la décontamination des circuits.

La surveillance des émissions radioactives des deux centrales en préparation de démantèlement est assurée par des sondes et par des prélèvements réguliers d'échantillons spécifiques (eau, air, herbe, produits agricoles). Les résultats pour Fessenheim sont visibles sur le site internet dédié[53] et seront présentés régulièrement à la Commission locale d'information et de surveillance (CLIS). Les résultats des mesures des émissions radioactives de la centrale de Mühleberg sont disponibles en temps réels et par le biais de publications régulières[54]. Le réseau de surveillance standard a été renforcée par l'installation en février 2020 d'une station mesurant avec une grande sensibilité l'activité de l'air et de l'eau en temps réel aux abords de la centrale, ce qui permettra d'affiner les analyses des émissions liées au démantèlement[55].

5.3 Contraintes administratives, techniques et sociales

Les contraintes administratives, techniques et sociales inhérentes à la mise à l'arrêt et à la préparation au démantèlement d'une centrale nucléaire sont importantes et leur résolution est fortement chronophage.

Les atermoiements qui ont marqué l'arrêt officiel de Fessenheim ont drastiquement comprimé le calendrier des diverses actions nécessaires à une préparation sereine au démantèlement d'autant plus que malgré les quelques expériences avec la centrale de Chooz A, celui de Fessenheim est innovant à plus d'un titre et amènera probablement son lot d'imprévus. Le contexte social est aussi très particulier puisque le fonctionnement de la centrale impliquait directement ou indirectement quelques 2'000 emplois et contribuait à des rentrées fiscales importantes pour la commune de Fessenheim.

A contrario, la décision de fermeture de Mühleberg a été prise six années avant son échéance, ce qui a permis de produire des dossiers bien étayés, déposés dans les délais impartis, et de réaliser une bonne préparation au démantèlement, y compris la mise à l'enquête publique et son dépouillement. La taille modeste de la centrale implique aussi moins d'employés touchés par sa fermeture et les mesures sociales convenues entre les parties permettent d'en réduire les effets. Il n'empêche que la déconstruction de cette REB ne se fera pas non plus sans surprises techniques et organisationnelles.

Le tableau suivant résume quelques différences importantes dans la résolution des contraintes de mise à l'arrêt et de préparation au démantèlement entre Fessenheim et Mühleberg :

---

[52] Stilllegunsprojekt réf. 47, page 111
[53] Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement, ASN/IRSN ; https://www.mesure-radioactivite.fr/#/site/fes
[54] Office Fédéral de Santé Publique, OFS, https://www.radenviro.ch/fr/reseaux-automatiques-2/
[55] Déménagement de la station URAnet-Aero de Fribourg à Mühleberg, OFSP, 2020 ; https://www.radenviro.ch/fr/deplacement_station/

Contraintes	Fessenheim	Mühleberg
Administratives		
Production de documents et leur acceptation par l'autorité	- Rapport de conclusion des réexamens en 2020 - Dossier démantèlement en 2020	- Nihil - 2027
Autorisation de transports et d'exportations	- Anciens GV à l'étranger (Suède)	- Nihil (pas de GV)
Limite de libération	- Modification de la loi	- Loi existante
Enquêtes publiques	- Sur le dossier démantèlement - Sur la création de halle pour les derniers GV sur place (au besoin) - Sur la modification d'autorisation ICEDA	- Réalisée en 2016 - Nihil - Nihil
Création de bâtiments nucléaires	- Bassin de désactivation central (en France) - Technocentre (en France) - Bâtiment de dépôt des derniers GV sur place (au besoin)	- Nihil - Nihil - Nihil
Techniques		
Création d'équipements spécifiques	- Manutention/conditionnement des déchets	- Idem
Conteneurs pour transporter les assemblages et les DAE	- Concurrence avec les centrales en activité	- Peu de concurrence
Capacité de réception des assemblages	- La Hague bientôt à saturation	- ZWILAG offre une capacité suffisante
Ressources humaines et sociales		
Pertes de compétences	- Éviter les défections d'une main d'œuvre spécialisée	- Idem
Sauvegarder l'historique du site	- S'appuyer sur les connaisseurs du site	- Idem
Plan social	- Statut privilégié des employés de services publiques	- Convention entre syndicats et patronat (paix du travail)

6. Conclusions

Quelle que soit la stratégie énergétique poursuivie par les États, l'arrêt et le démantèlement de centrales nucléaires pour les remplacer par de nouvelles sources de production électrique (nucléaires ou renouvelables) est inévitable et leur fréquence augmentera avec le temps. L'arrêt d'une centrale et la préparation au démantèlement sont des phases importantes de fin de vie d'une centrale nucléaire. Elles impliquent de longs travaux de réflexion, de rédaction de documents et des processus administratifs parfois compliqués. Mais c'est aussi une opportunité offrant un fort potentiel d'innovation pour développer un savoir-faire dans les domaines techniques, administratifs et législatifs. Les cas des centrales de Fessenheim et de Mühleberg sont innovants à plus d'un titre et servent de précurseurs à une démarche qui de particulière actuellement deviendra normale dans les prochaines années.

Il apparaît clairement que la prise de décision d'une désaffectation et le dépôt précoce de la demande d'autorisation sont primordiales pour mettre en œuvre un arrêt et un démantèlement serein d'une centrale nucléaire. Le statut juridique des sociétés d'exploitation et le contexte politique du pays concerné sont des facteurs qui influent fortement ce processus de fin de vie d'une centrale nucléaire. Sur la base des expériences vécues il faudra repenser le statut que les unités de production d'énergie au-delà d'un certain seuil de puissance doivent avoir en tant que services d'intérêt général — au même titre que d'autres services comme les transports publics, l'approvisionnement en eau potable ou les réseaux techniques du transfert d'information — dans le contexte de libre marché.