



Présentation du projet de désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg

AG ARRAD | LAUSANNE, LE 10 NOVEMBRE 2017



Contexte et situation initiale



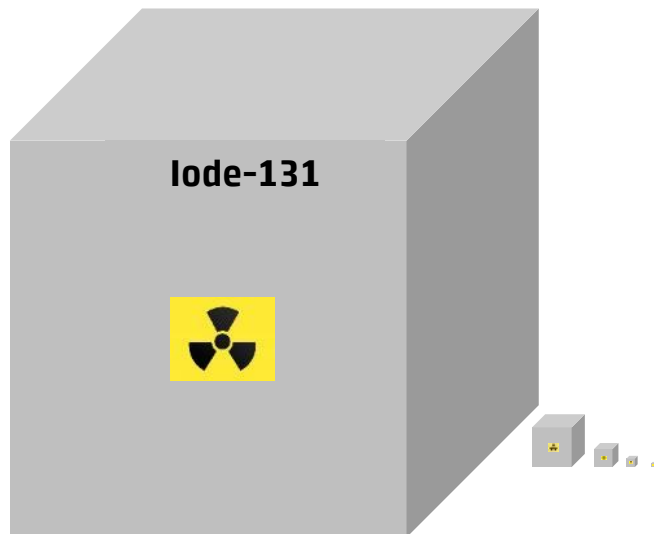
- Fin 2013, pour des raisons **commerciales** BKW a décidé d'arrêter la centrale nucléaire de Mühleberg en 2019.
- La désaffectation de cette centrale est le **projet le plus important** de BKW depuis la construction de la CNM il y a 40 ans.
- Il s'agit du premier réacteur de puissance de Suisse à être soumis au processus de désaffectation.
- Pour les exploitants suisses, les administrations responsables et le milieu politique, la désaffectation de la CNM est un **projet pionnier** qui constituera une référence.
- En entreprise responsable, BKW mène à bien la désaffectation **de façon sûre et efficace**.

A la fois un projet pionnier et un défi

Désaffectation: chiffres et repères

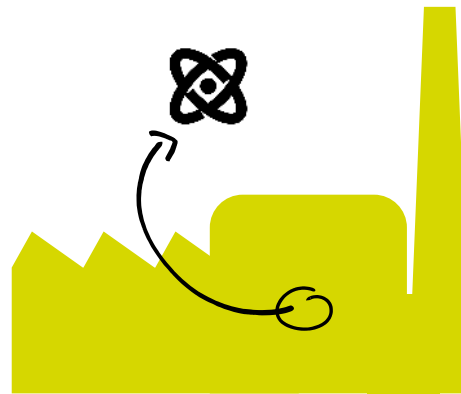
Sécurité

9 mois après la mise à l'arrêt de la CNM: **radioactivité** par **iode-131** dix milliards de fois plus faible



Recyclage et élimination des déchets

Sur un **total de 200 000 t** de déchets de démolition, **moins de 2% sont des déchets radioactifs** (dont 100 t de déchets hautement radioactifs)



Transports

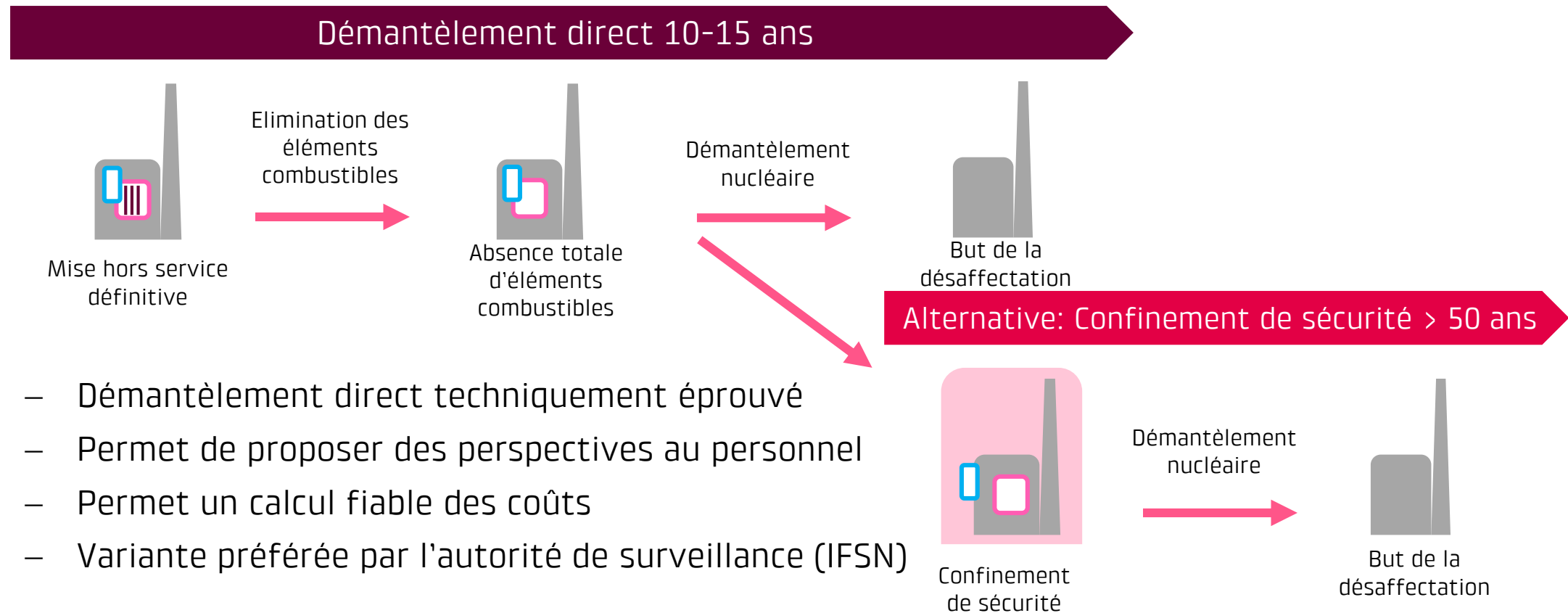
Même volume qu'aujourd'hui:

15-20 trajets en camion par jour



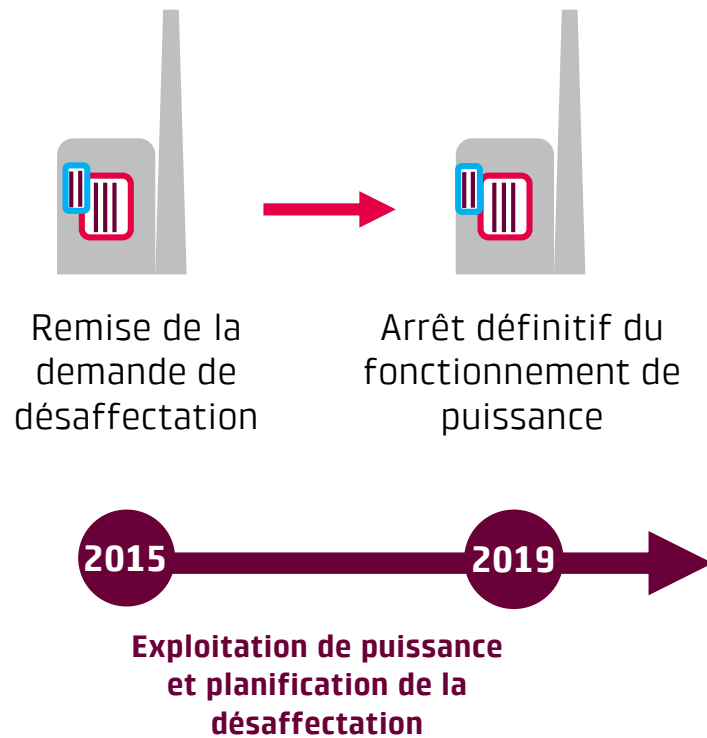
Déroulement de la désaffectation

Décision stratégique pour le démantèlement direct



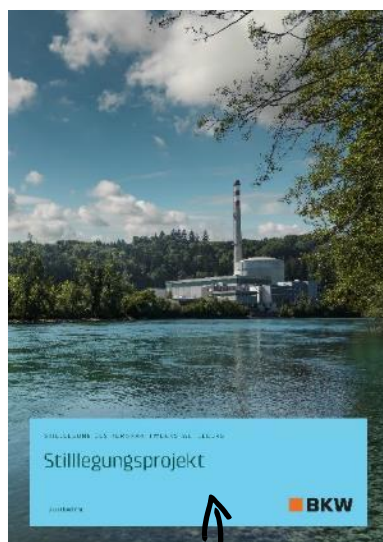
Il est dans l'intérêt de tous les acteurs impliqués que la désaffectation soit effectuée sans délai et de façon sûre.

Les étapes de la désaffectation



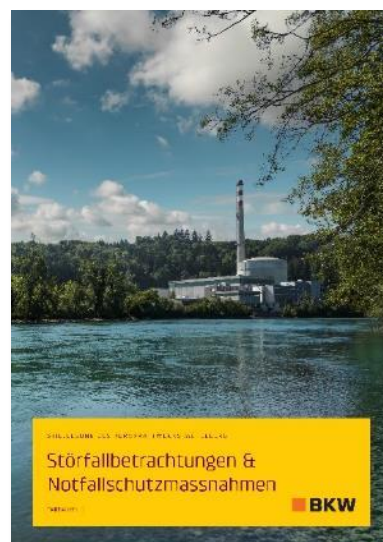
Aperçu du projet de désaffectation

Rapport principal



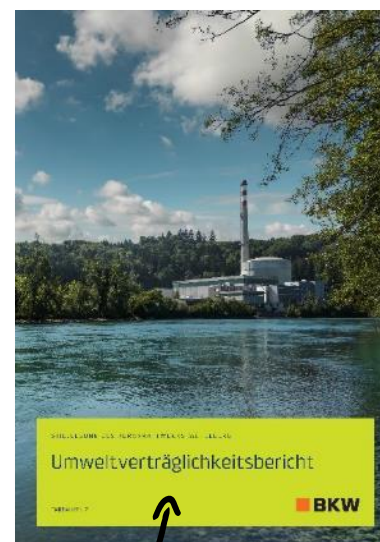
Le projet

Rapport complémentaire 1



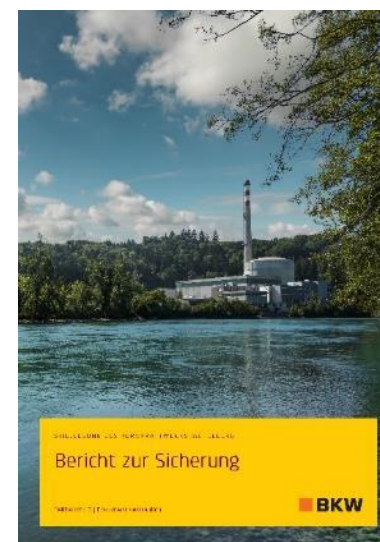
Pour toutes les
éventualités

Rapport complémentaire 2



Pour
l'environnement

Rapport complémentaire 3



La sécurité
avant tout

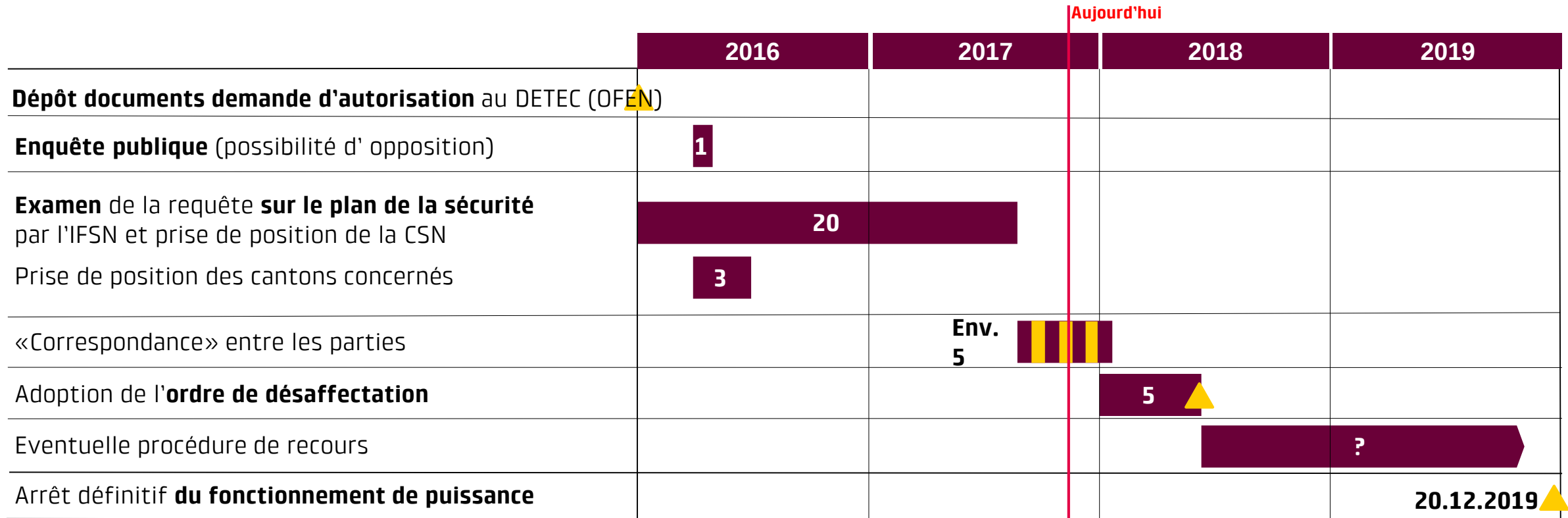
Courrier à l'OFEN



Nos neuf
requêtes

Les autorités examinent la conformité légale et technique de notre projet.

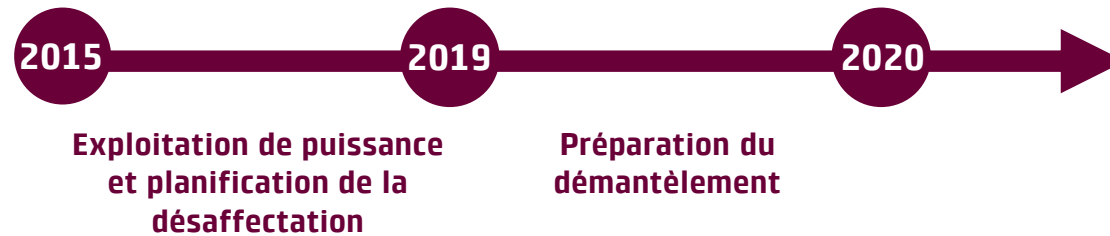
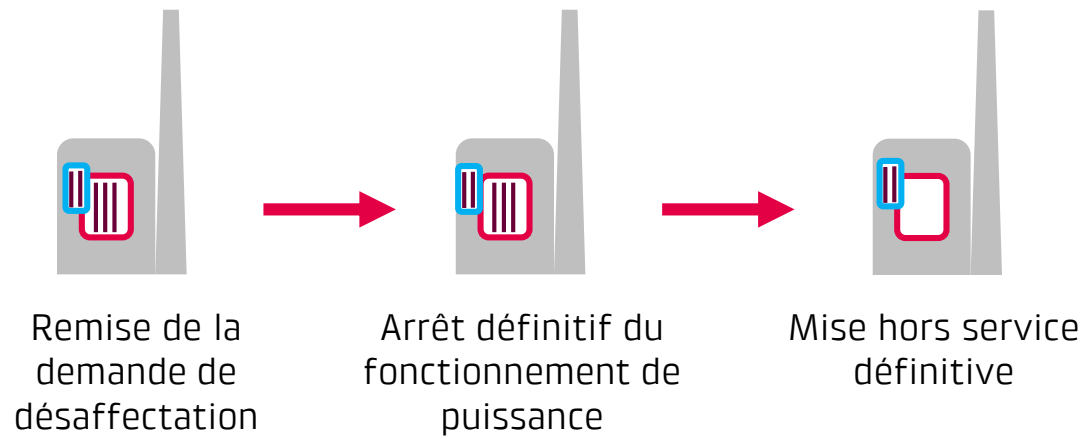
Le processus de désaffectation



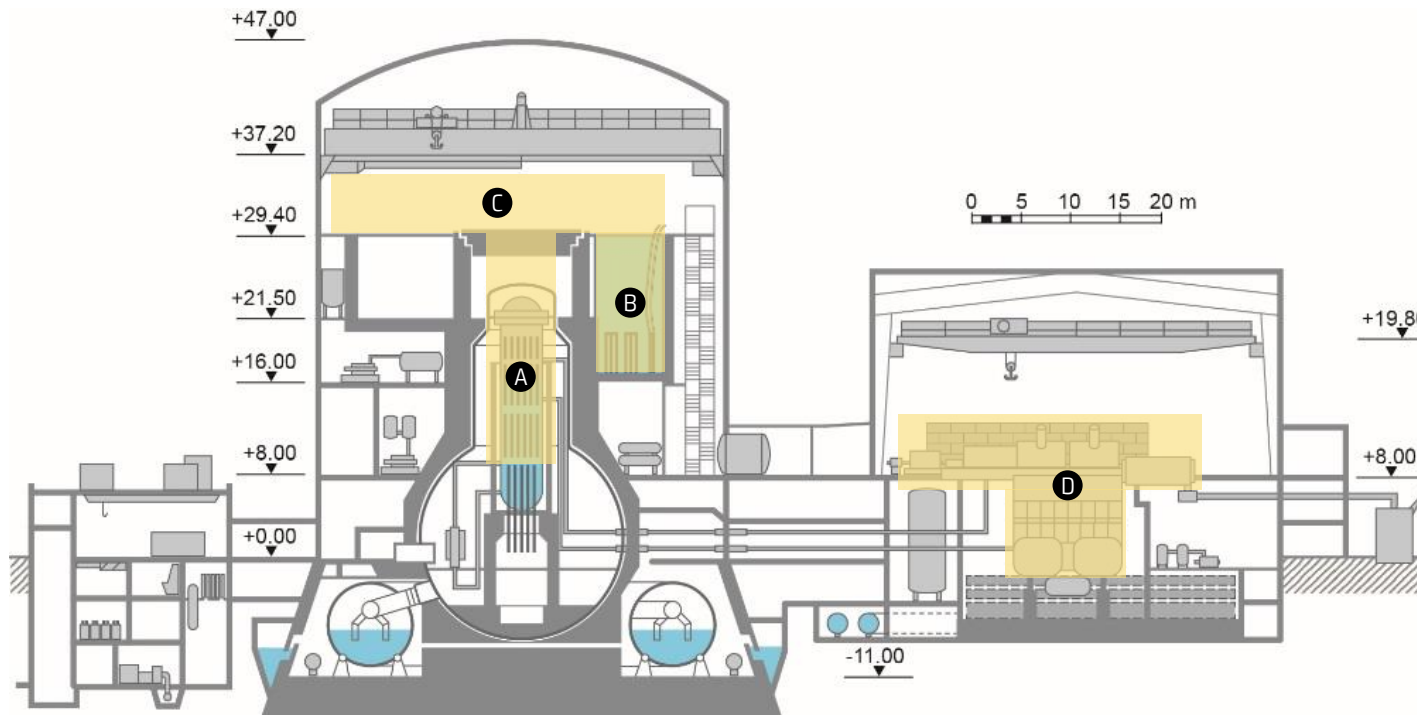
Chronologie basée sur l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), données en mois

- Requête présentée en avance: pour une désaffectation sans délai après l'arrêt définitif du fonctionnement de puissance
- Six ans entre la décision (octobre 2013) et la désaffectation

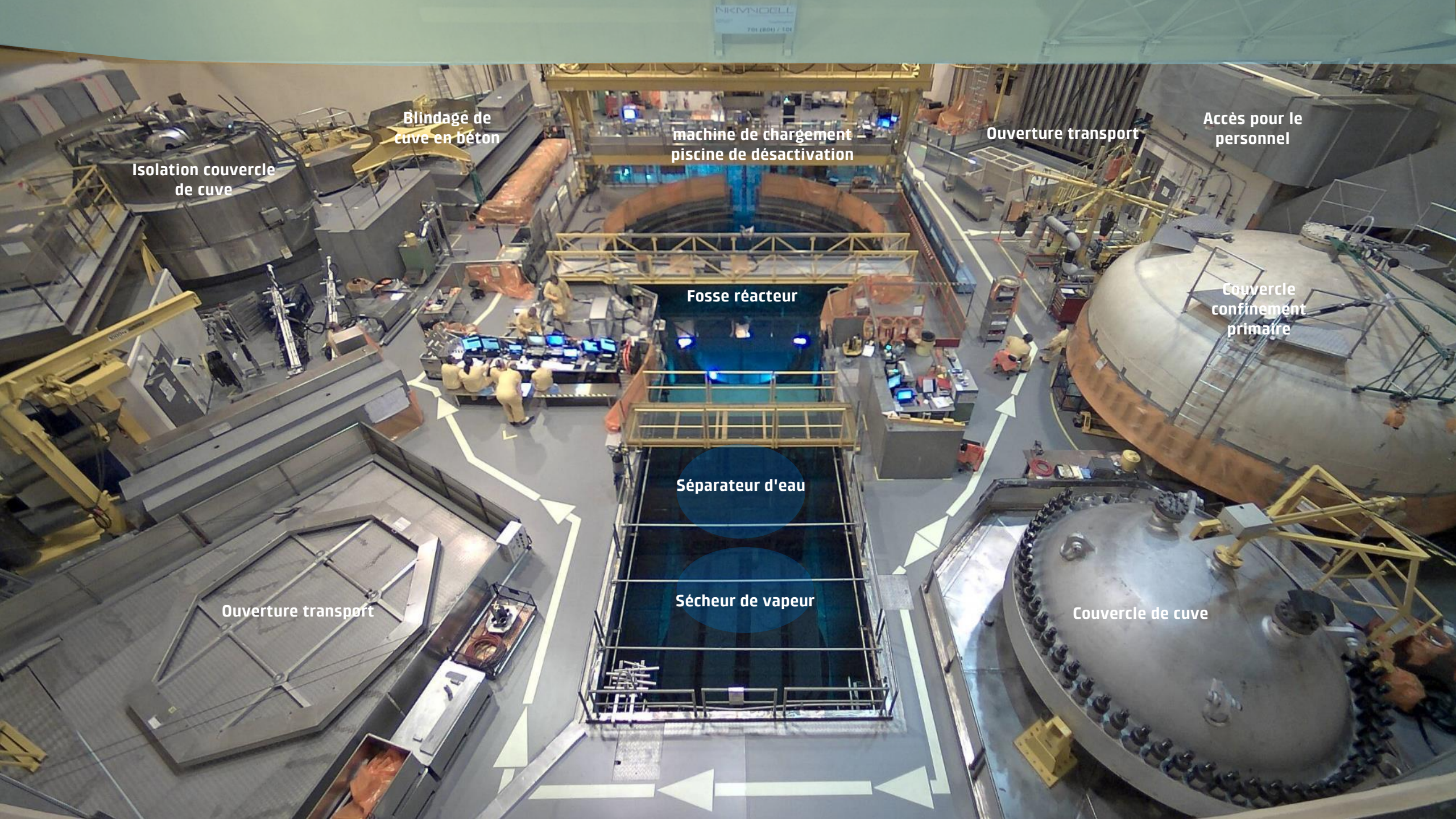
Les étapes de la désaffectation



Préparation du démantèlement 2020



- A Déchargement de la cuve du réacteur (transfert des éléments combustibles vers la piscine de désactivation)
- B **Etablissement d'un système autarcique et redondant de refroidissement de la piscine de désactivation du combustible usagé (ARBEK)**
- C Evacuation des parties mobiles de l'installation (fosse du réacteur +29 m)
- D **Evacuation des composants de la salle des machines**



Blindage de
cuve en béton

machine de chargement -
piscine de désactivation

Ouverture transport

Accès pour le
personnel

Isolation couvercle
de cuve

Couvercle
confinement
primaire

Fosse réacteur

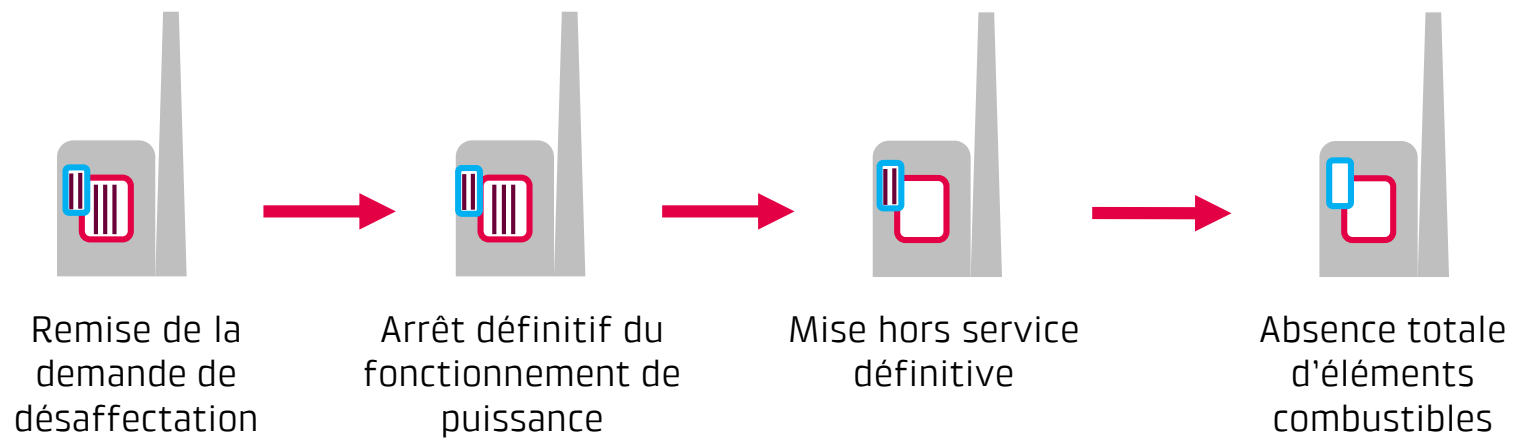
Séparateur d'eau

Sécheur de vapeur

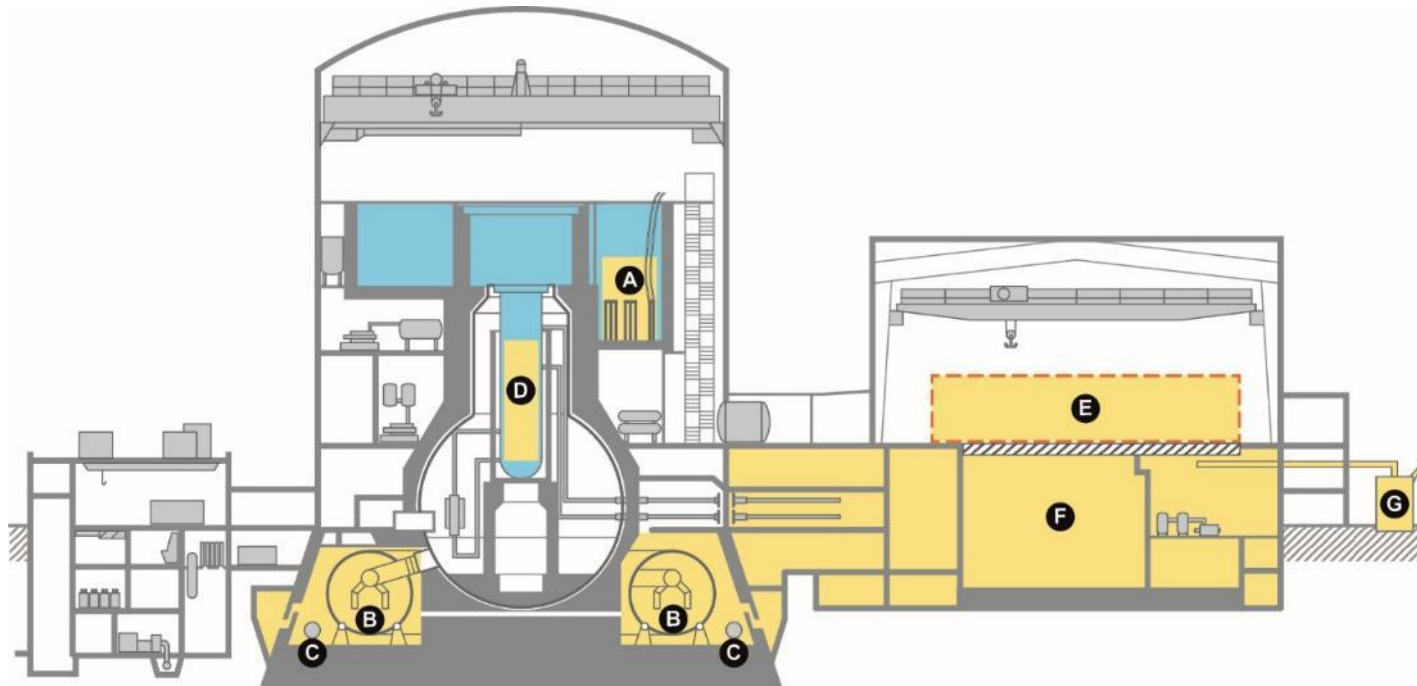
Ouverture transport

Couvercle de cuve

Les étapes de la désaffectation



Evacuation des éléments combustibles – Démantèlement nucléaire 2021-2024

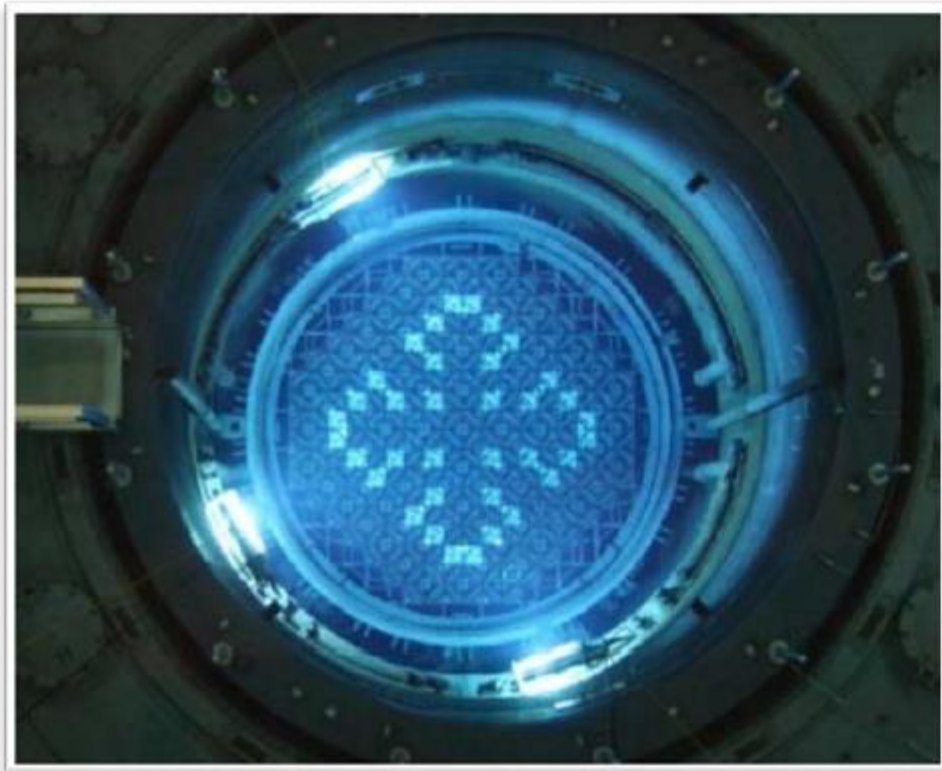


- A **Evacuation des éléments combustibles**
- B Démontage du tore (systèmes inclus)
- C Démontage des systèmes d'alimentation d'urgence/
d'évacuation de la chaleur résiduelle des combustibles
- D **Démontage des éléments internes de la cuve du réacteur**

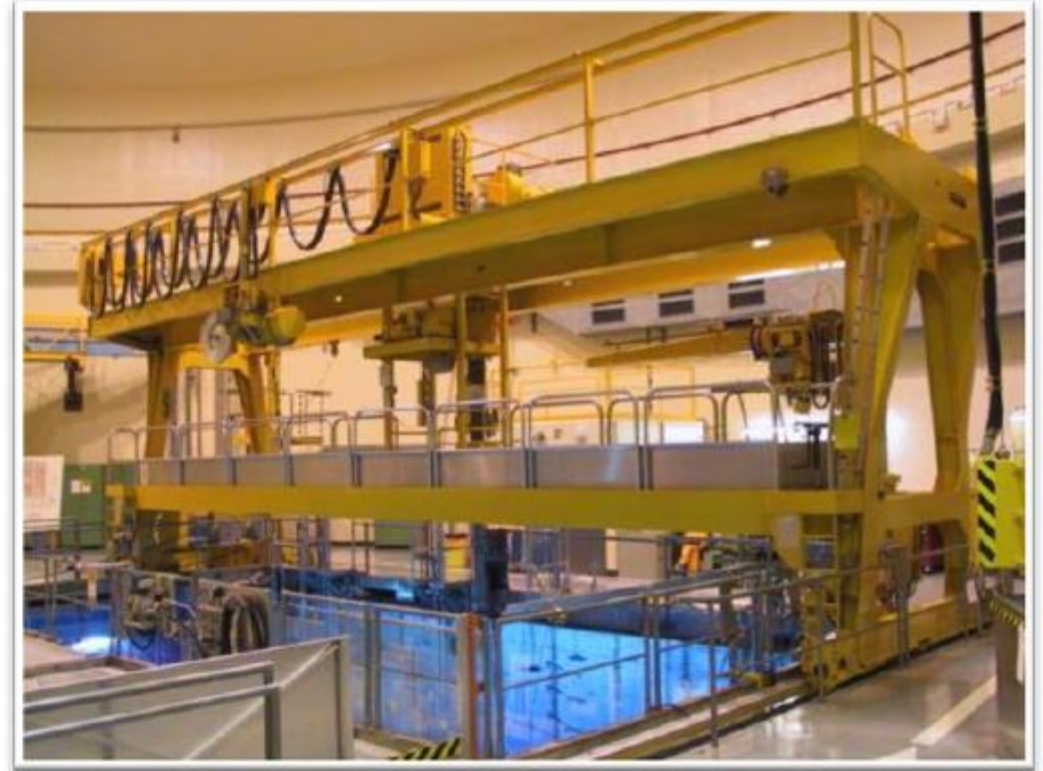
- E **Mise en place des équipements pour le traitement des matériaux**
- F Poursuite des opération de démontage, début
de la décontamination du bâtiment
- G Démontage des transformateurs (220 kV)

Transport des éléments combustibles

Les éléments combustibles sont transférés de la cuve à la piscine de désactivation. Ils y refroidissent durant quatre à cinq ans.



Cuve du réacteur



Piscine de désactivation

Pour le transport et le stockage intermédiaire, les éléments combustibles sont placés dans des containers spéciaux

Licence	TN 9/4
Fabricant/fournisseur	Areva
Type de container	
Usage	Transport. Le container peut également être utilisé à court terme pour le stockage (mais pas à long terme).
Nombre d'éléments combustibles	7 (REB*)
Capacité thermique max.	6 kW
Poids total autorisé	
Spécificités	
Statut	BKW dispose actuellement de deux containers de type TN 9/4 (leasing).

Conteneur de transport sur route

Licence	TN 24 BH
Fabricant/fournisseur	Areva
Type de container	
Usage	Transport et stockage
Nombre d'éléments combustibles	Jusqu'à 69 éléments combustibles (REB*)
Capacité thermique max.	28 kW / 35 kW
Poids total autorisé	
Spécificités	
Statut	Permis pour 69 éléments combustibles/28kW nouveau design/matériau de récipient pour 65 éléments combustibles/35kW, autorisation en cours.

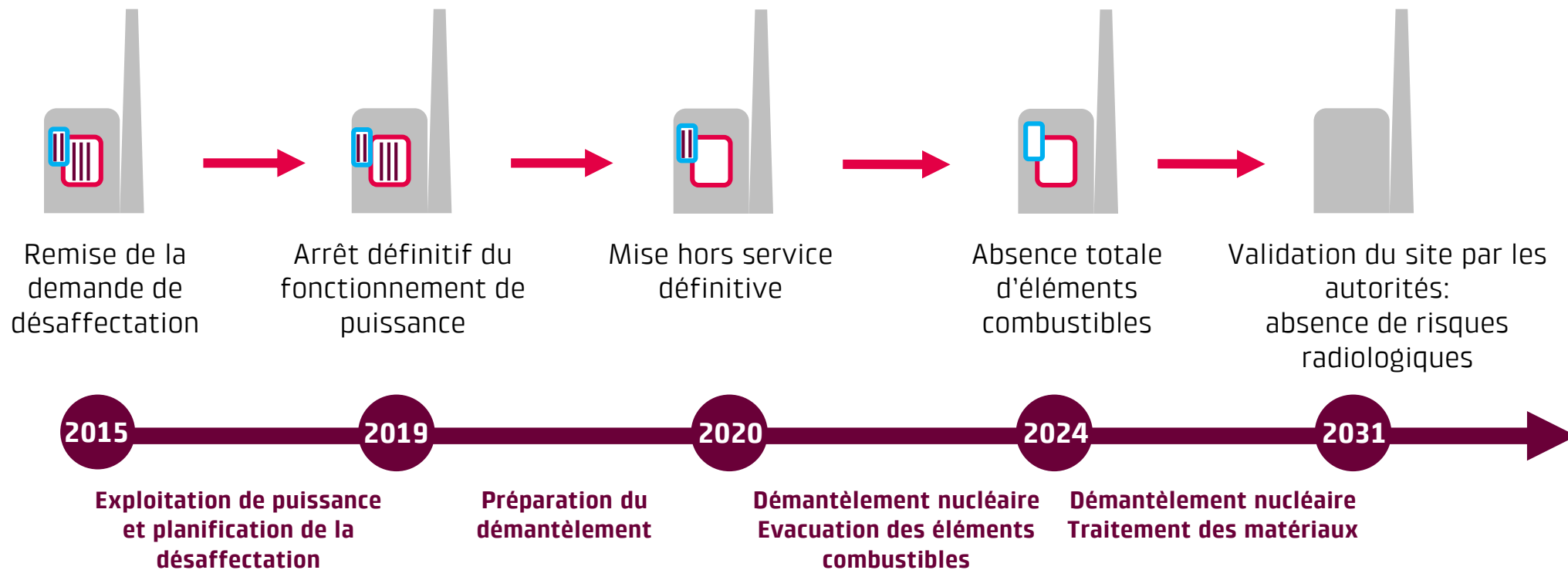
Conteneur pour le stockage intermédiaire

*REB: Reacteur à eau bouillante

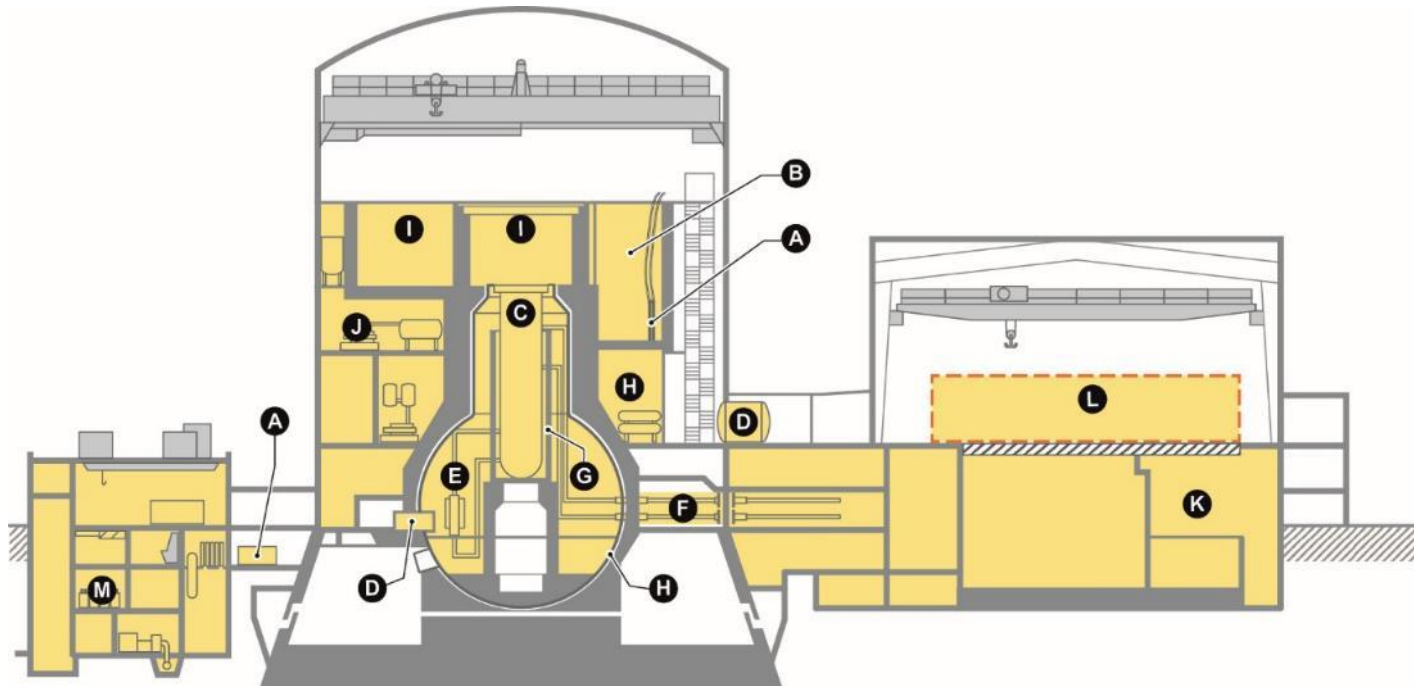
Les éléments combustibles sont évacués par camion



Les étapes de la désaffectation

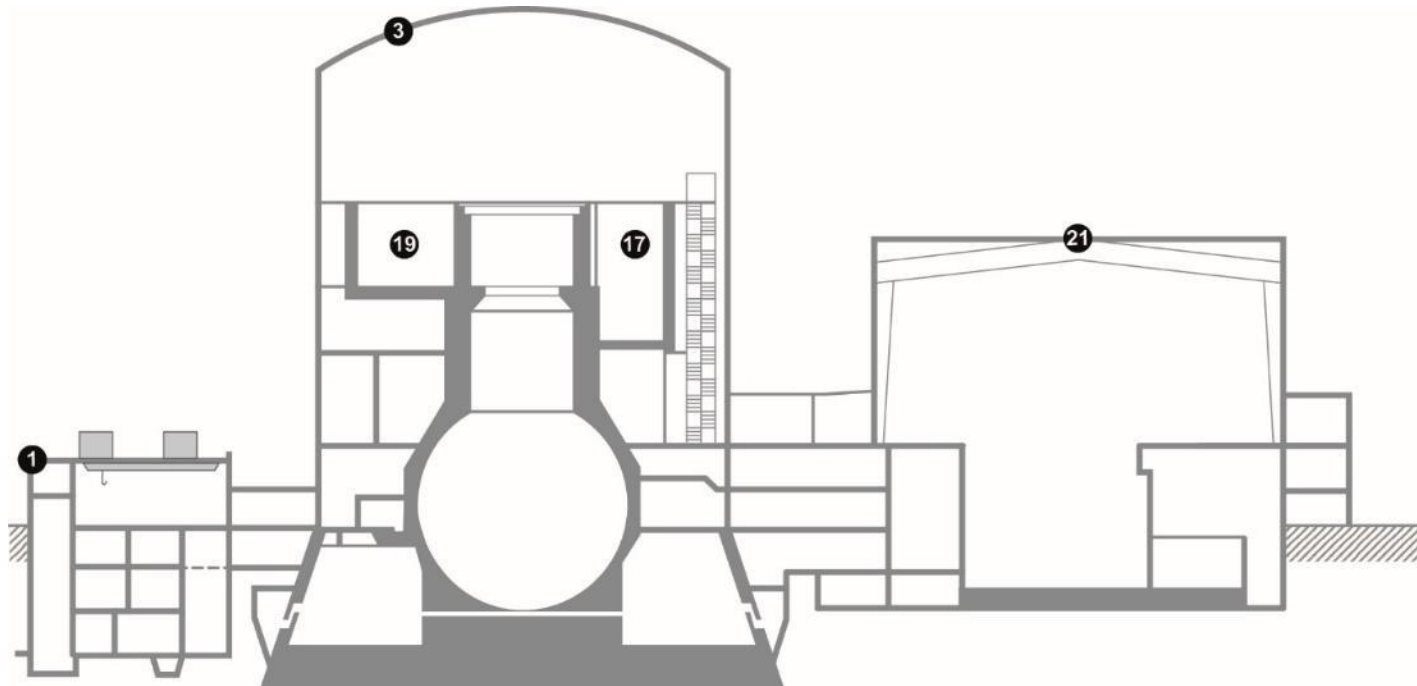


Démantèlement nucléaire 2025-2031



- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | Démontage ARBEK | G | Démontage de la partie supérieure du bouclier biologique |
| B | Démontage des râteliers de rangement et des éléments internes de la piscine de désactivation | H | Démontage du liner d'acier du confinement primaire |
| C | Démontage de la cuve du réacteur | I | Démontage du liner du bassin et de la fosse de la cuve du réacteur |
| D | Suppression des sas destinés aux personnes et au matériel | J | Démontage de l'ensemble des systèmes (nettoyage du réacteur, p. ex.) |
| E | Démontage des équipements dans le confinement primaire | K | Décontamination du bâtiment |
| F | Démontage des conduits de vapeur et des conduites d'alimentation en eau | L | Traitement des matériaux |
| | | M | Démontage des systèmes du bâtiment SUSAN |

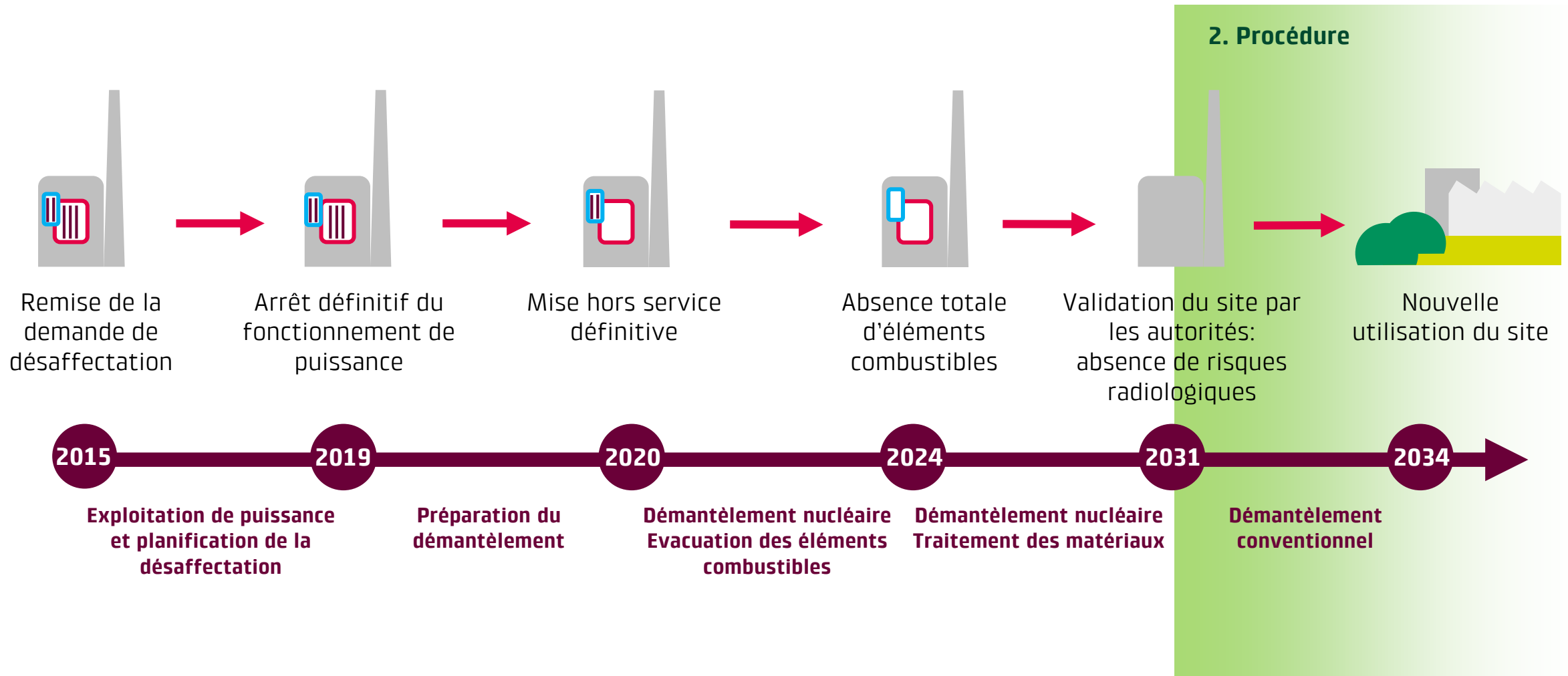
Etat au moment de l'achèvement des travaux de désaffectation en 2031



- 1 Bâtiment SUSAN
- 3 Bâtiment du réacteur (confinement secondaire)
- 17 Piscine de stockage des combustibles

- 19 Bassin
- 21 Salle des machines

Les étapes de la désaffectation



Aspects de radioprotection pour la désaffectation de la CNM

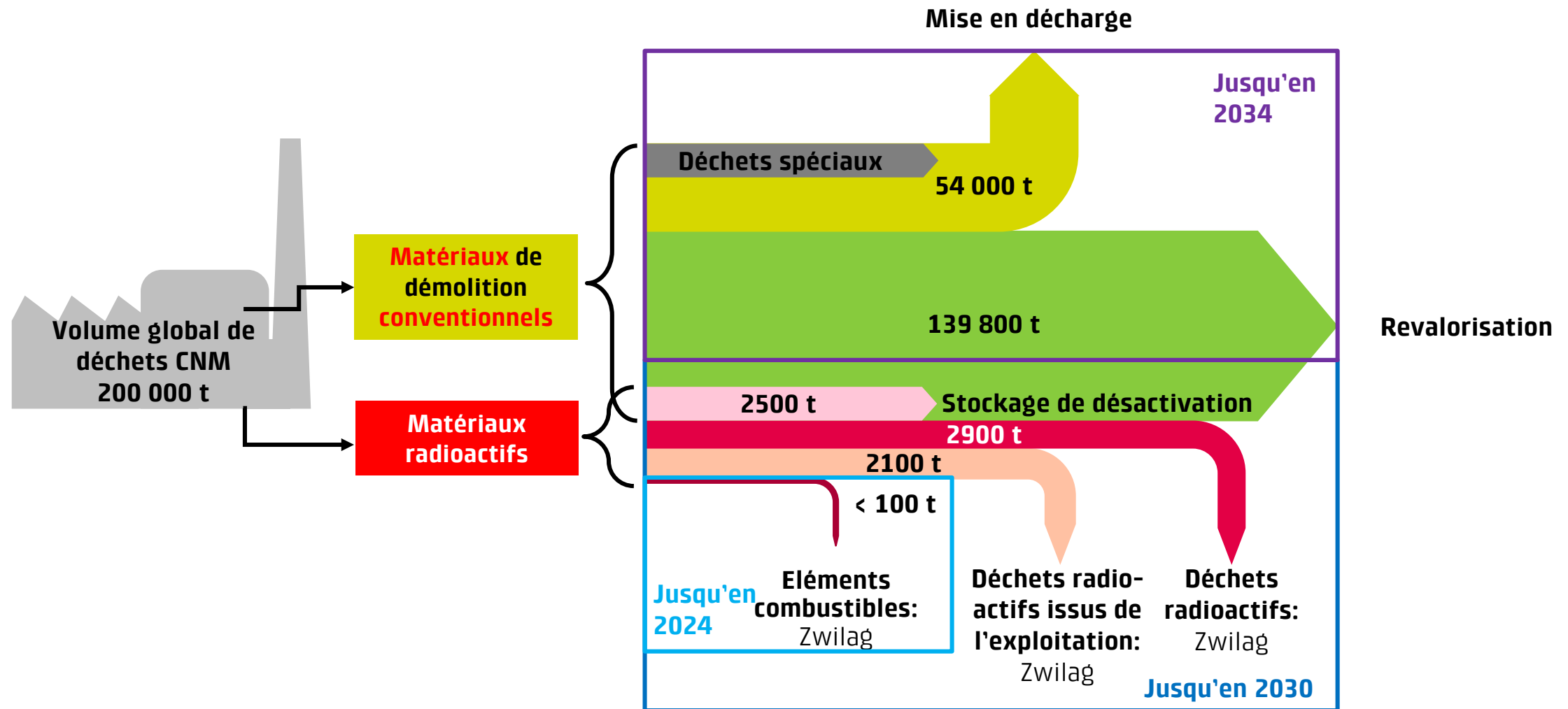
Situation radiologique de l'installation CNM

	rapport $(\beta+\gamma)/\alpha$
rapport $(\beta+\gamma)/\alpha$ du point de vue RP operationelle nécessitant des mesures spécifiques α pour la détermination des doses	<1000
rapport min. $(\beta+\gamma)/\alpha$ à la CNM (défavorable)	20'000
rapport moyen $(\beta+\gamma)/\alpha$ à la CNM	100'000

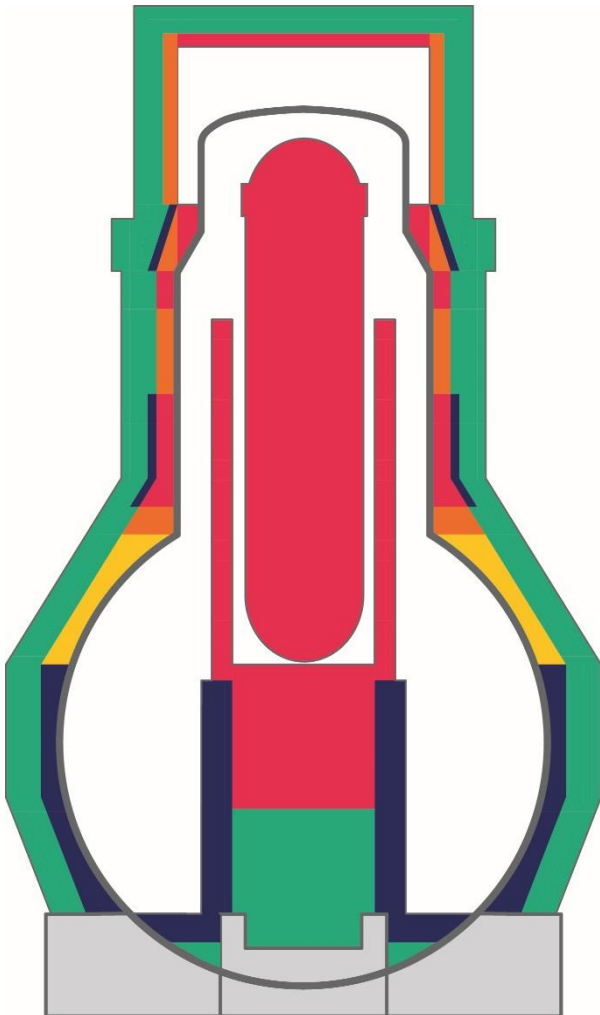
- cause prépondérante: traces de combustible dans le circuit d'eau dûes à:
 - barres de combustible défectueuses
 - "tramp U"
- **CN Würgassen: comb. >>150g** -> $(\beta+\gamma)/\alpha < 1000$
- **CNM : "tramp U " < 0.1g**
- dose du personnel à la CNM essentiellement dûe au rayonnement $\beta+\gamma$
- nuclide prépondérant à la CNM: Co-60

Traitement des matériaux pendant le démantèlement

Que deviennent les matériaux issus du démantèlement?



La cuve du réacteur, les éléments internes de cuve ainsi que le blindage biologique constituent des déchets radioactifs



rouge: au-dessus des limites de libération

orange: acier au-dessus des limites de libération, béton en dessous après 30 ans

jaune: acier au-dessus des limites de libération, béton en dessous

bleu: acier au-dessus des limites de libération après 30 ans, béton en dessous

vert: au-dessous des limites de libération

Confinement primaire et cuve, parties activées avec prise en compte de la nouvelle ordonnance sur la radioprotection

Traitement des matériaux démontés (salle des machines)

- Après l'arrêt définitif du fonctionnement de puissance, la **salle des machines** sera vidée en vue de l'installation d'équipements pour le **traitement des matériaux**.
- La **décontamination** s'effectuera au sein de la salle des machines, dans des **box de travail fermés équipés de systèmes de filtration**.

Démontage

Documentation et
logistique

Désassemblage

Décontamination

Conditionnement

Mesures de libération



Mise en place des équipements de décontamination



Procédé voie humide: exemple de box de travail fermé équipé d'un système de filtration

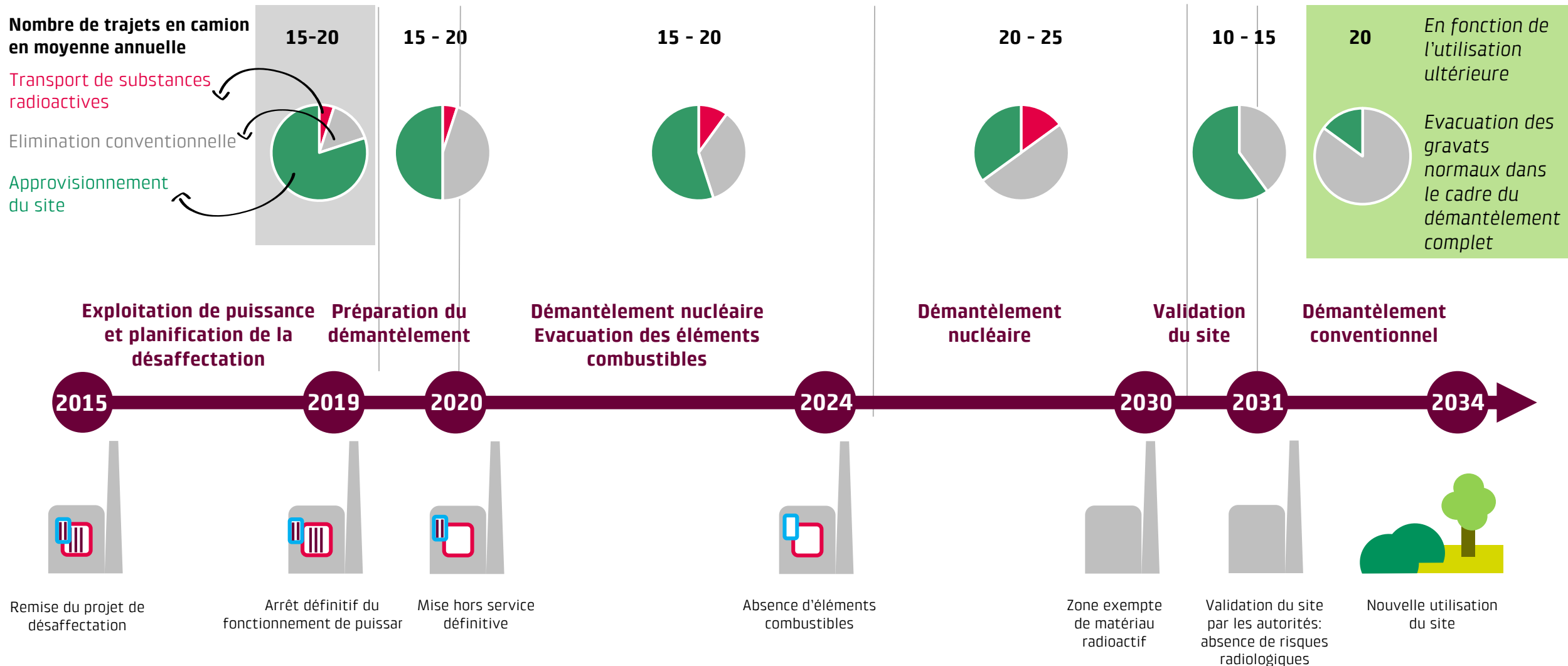


Types de conteneur pour déchets radioactifs durant la désaffectation

type	contenu	emballage
déchets issus de la désaffectation	cuve, structures internes de cuve	fût 200 I 
	structures internes de cuve	fût MOSAIK 
	structures activées ou contaminées, béton activé	LC 84 (NAGRA) 
	déchets issus de la décontamination des bâtiments en zone contrôlée	LC 86 (NAGRA) 

Source: étude de coûts 2016

Quantité de transports par camion à peu près identique par rapport à aujourd'hui



Compétences de nos collaborateurs

Nous effectuons nous-mêmes les tâches principales

Prestations de BKW

- **Post-exploitation technique et démantèlement**
- **Planification et gestion** des processus de démantèlement
- Coordination et garantie de la **protection contre les rayonnements**
- Tâches nécessitant des **connaissances spécifiques de l'installation**
- **Autres tâches** liées au démantèlement (démontage, traitement des matériaux, etc.)

Avancement

Prestations de tiers

- Opérations de démontage et de désassemblage **hautement spécialisées**
- Gestion des **pics de charge**
- Tâches de démantèlement **spéciales**

BKW dispose de personnel qualifié

Protection et surveillance de l'environnement pendant le démantèlement

Maintien à un très faible niveau des rejets dans l'environnement

Rejets dans l'air

Diminution progressive

Rejets dans l'eau

Respect des valeurs-seuils
comme durant l'exploitation



Surveillance de l'environnement de la CNM: Vue d'ensemble des sites d'échantillonnage

- Détecteurs NaI (détecteurs gamma, mesure automatique à intervalles de 10 minutes)
- ★ Echantillonnage en continu, mesure de traces
- ⛞ Prélèvement d'eau potable

Mesures (BKW et autorités):

- Activité du sol
- Feuillage des arbres
- Eaux de pluie
- Eaux de l'Aar
- Eaux souterraines
- Produits alimentaires (lait, céréales, poissons, légumes, champignons, fruits, etc.)
- Dose et activité de l'air

Légende

- Dose locale clôture et site de la CNM
- Dose locale environnement
- Mesure du débit de dose
- Activité de l'air

Toute augmentation inaperçue de la radioactivité dans l'environnement est exclue
Mesures en ligne OFSP/IFSN (www.radenviro.ch)

Remarque: l'illustration montre les sites d'échantillonnage approximatifs selon le règlement HSK 11/400 (voie atmosphérique)

La protection de l'environnement est assurée

Eau	– Les ouvrages d'alimentation en eau de refroidissement et de restitution dans l'Aar qui ne sont plus nécessaires sont démantelés. – Réduction des effets sur l'environnement: Démantèlement à sec.
Air	– Le nombre de trajets en camion augmentera légèrement dans la phase de désaffectation 2 (passe de 15-20 à 20-25 par jour). – En cas d'écarts par rapport aux transports à effectuer (>+50%), des mesures de correction seront définies (par ex. norme sur les émissions polluantes).
Sol	– En cas de sollicitation de surfaces au sol: abrasion de la couche supérieure et utilisation pour l'aménagement extérieur/la culture de l'environnement. – Les travaux d'excavation sont accompagnés par du personnel spécialisé en sites pollués.
Flore et faune	– Les interventions sont concentrées sur l'intérieur des installations. – En cas d'interventions temporaires dans d'autres zones: Remise en état dans les règles de l'art (par ex. végétation sur les berges).

- Les activités liées à la désaffectation se limitent à la zone de la CNM et aux surfaces adjacentes (parking, berges de l'Aar)
- Un suivi environnemental de la réalisation est mis en œuvre

Prise en compte des accidents et
mesures de protection en cas
d'urgence

Prise en compte des accidents et mesures de protection en cas d'urgence (rapport complémentaire 1)



Installation et risque potentiel

- Vue d'ensemble des configurations d'installation pendant la désaffectation et de la diminution du potentiel de risque

Concept et évaluation de sécurité

- Présentation des quatre objectifs de protection
- Vue d'ensemble des concepts et évaluations de sécurité pris en compte

Analyse déterministe des défaillances

- L'évaluation du comportement de l'installation en termes de sécurité en cas de défaillances (liste définie par la loi, panne de systèmes et comportement inadapté).

Examen individuel de chaque défaillance

- Examen détaillé de toutes les défaillances possibles

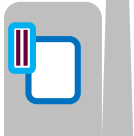
Analyse probabiliste de sécurité

- Evaluation en termes de sécurité des défaillances hors dimensionnement (par ex. inondation massive et forts tremblements de terre)

Protection en cas d'urgence

- Présentation des mesures en cas de défaillance, sur un plan organisationnel et au niveau des équipements

Deux des quatre objectifs de protection ne sont plus nécessaires une fois le site exempt d'éléments combustibles

		2019	2020	2021	2022	2023	2024	à partir de 2025	
Etat de l'installation		Jusqu'à l'arrêt définitif du fonctionnement de puissance (ADFP)	Mise en place de la post-exploitation technique ¹	Maintien de la post-exploitation technique				Opérations de démantèlement	
									
		EC dans la CPR et dans la PDCU	EC dans la CPR et dans la PDCU	EC dans la PDCU Evacuations				Installation exempte de combustible nucléaire	
	Objectifs de protection	Contrôle de la réactivité							---
		Refroidissement des éléments combustibles							---
Confinement des matières radioactives									
Limitation de l'exposition aux rayonnements									

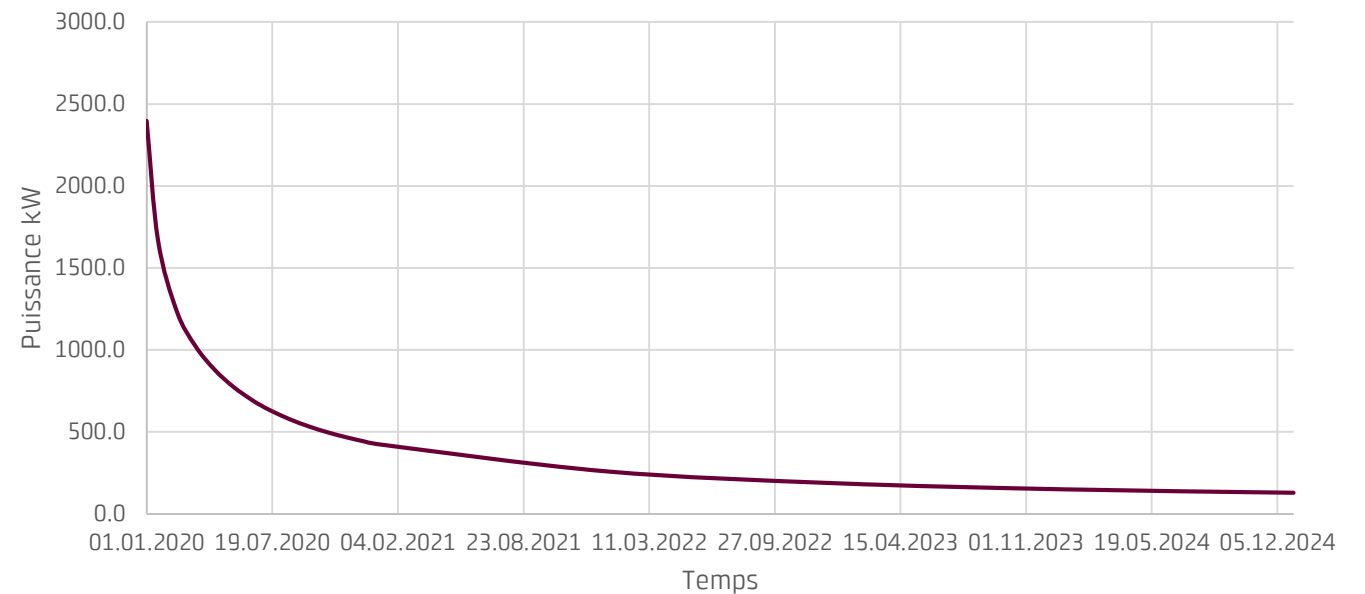
La puissance thermique, la pression et les éléments combustibles sont les acteurs principaux du risque potentiel

Le risque potentiel de l'installation diminue fortement

9 mois après la mise à l'arrêt:
**Radioactivité par iode-131 dix milliards
de fois plus faible**



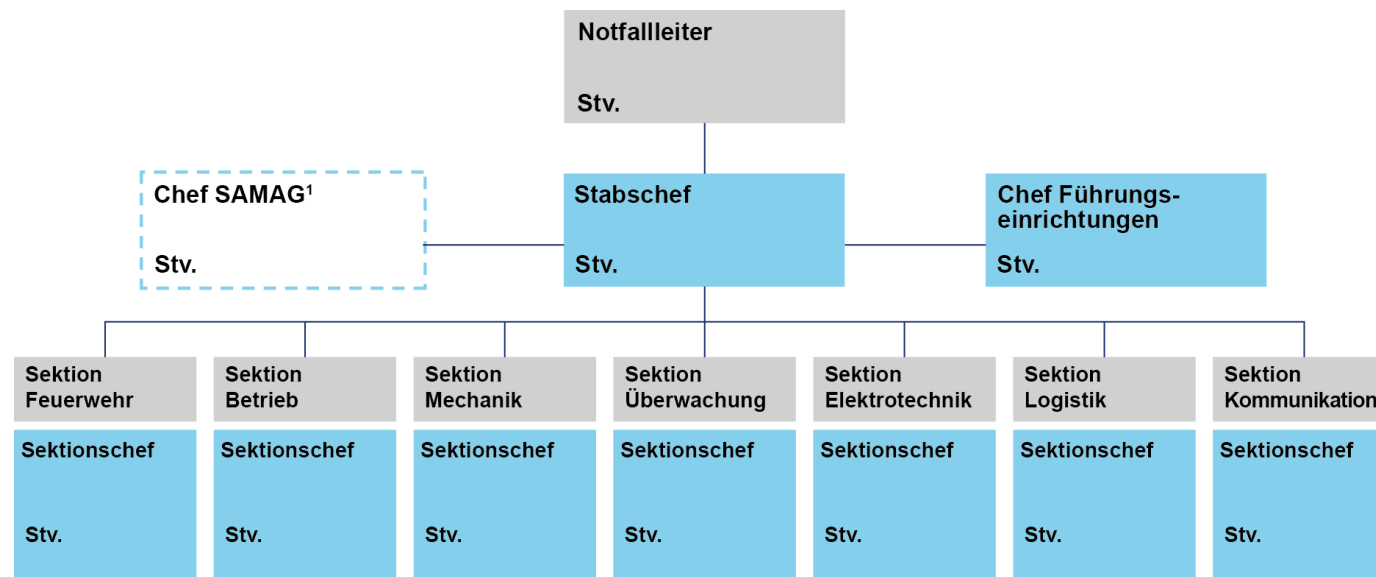
Puissance calorifique résiduelle avec date de mise à l'arrêt au
20.12.2019



Selon Inventaire des éléments combustibles dans la
CNM le 01.01.2020
Evacuations après l'ADFP non prises en compte

L'organisation pour cas d'urgence est adaptée en continu suivant l'évolution des besoins

Organisation pour cas d'urgence CNM



1) Der Notfallleiter kann je nach Anforderung des Vorkommnis spezielle Funktionen und/oder Experten hinzuziehen.

- Modèle de conduite uniformisé dans les centrales nucléaires suisses
- Formation initiale et continue périodique et exercices pour cas d'urgence

SAMAG = Severe Accident Management Advisory Group

Source: Projet de désaffectation CNM, rapport de prise en compte des accidents et mesures de protection en cas d'urgence (rapport complémentaire 1)

Adaptation en continu de l'organisation pour cas d'urgence en fonction des besoins

Phase de désaffectation 1

Adaptation des sections d'urgence exploitation, mécanique, électrotechnique et logistique

Phase de désaffectation 2

Dissolution de la section SAMAG et adaptation des autres sections pour cas d'urgence

Phase de désaffectation 3

Dissolution de l'organisation pour cas d'urgence

Changements prévus pour la protection en cas d'urgence dans le cadre de la désaffectation CNM

Bases juridiques

- Les prescriptions pour la prévention des défaillances afin d'assurer la protection des personnes sont définies dans l'article 94 ORaP.
- L'OPU règle la protection d'urgence en cas d'événement survenant dans une installation nucléaire suisse au cours duquel le rejet d'une quantité non négligeable de radioactivité ne peut être exclu. Deux zones de protection en cas d'urgence sont définies autour de chaque centrale nucléaire.
- L'ordonnance sur la distribution de comprimés d'iode à la population régit l'approvisionnement de la population en comprimés d'iode lors d'un incident pouvant entraîner la mise en danger de la population à la suite de l'émission d'iode radioactif.

Procédure prévue

- Au moment de la mise hors service définitive (9 mois au minimum après l'arrêt du fonctionnement de puissance), BKW va demander à être exemptée des obligations découlant de l'ordonnance sur la distribution de comprimés d'iode à la population.
- Une fois qu'il n'y aura plus de combustibles nucléaires, BKW va demander une adaptation de la répartition en zones suivant l'article 4 OPU.

Merci de votre attention!

Informations complémentaires sur la désaffectation:
www.bkw.ch/desaffectation

N'hésitez pas à poser en ligne toute question sur la désaffectation:
www.bkw.ch/dialogue

Patrick Miazza
patrick.miazza@bkw.ch
www.bkw.ch

