

# Le démantèlement des installations nucléaires une obligation / des enjeux

Marc Léger

OHM Fessenheim – 7 novembre 2022

Université de Strasbourg

# De quelles installations parle-t-on ?

- Une « **installation nucléaire** » : quid ?
  - 2 catégories : civiles = INB (installation nucléaire de base) ; défense = INBS et SIENID
  - INB
    - Réacteur de puissance (production d'électricité)
    - Installations de recherche (laboratoire, réacteur de recherche)
    - Usine du cycle du combustible (conversion, enrichissement, fabrication, retraitement)
    - Centre de stockage de déchets radioactifs
  - 4 grands exploitants concernés : CEA, EDF, FRAMATOME, ORANO (ANDRA non concernée en tant qu'exploitant, les centres de stockage [définitif] ne faisant pas l'objet d'un démantèlement)
- Une installation nucléaire a un **cycle de vie**
  - Différentes **séquences** : conception / création / construction / mise en service / fonctionnement / modification(s) / mise à l'arrêt définitif / démantèlement / déclasserment
  - Qui se répartissent juridiquement en deux phases :
    - la phase de **fonctionnement**, encadrée par le **décret d'autorisation de création et d'exploitation (DAC)**
    - la phase de **démantèlement**, succédant à l'arrêt définitif de l'installation, encadrée par le **décret de démantèlement (DEM)**
  - Le démantèlement fait partie de la vie d'une installation nucléaire, aussi bien civile que de défense

# Le démantèlement : quid ?

- Pas de définition légale sauf pour les installations de stockage de déchets
  - Selon l'ASN = « l'ensemble des **activités, techniques et administratives, réalisées après l'arrêt définitif** d'une installation nucléaire, afin d'atteindre un **état final prédéfini** où la **totalité des substances dangereuses et radioactives a été évacuée de l'installation** »
    - Activités : techniques + administratives
    - Après la « mise à l'arrêt définitif »
    - Atteindre un « état final prédéfini »
    - Implique l'évacuation de toutes les substances : dangereuses + radioactives
  - Installations de stockage (définitif) de déchets = « **l'ensemble des opérations préparatoires à la fermeture de l'installation** réalisées après l'arrêt définitif » (art. L. 593-31 C. Env.)

# Le démantèlement : quid ?

- En pratique : exemple du **démantèlement d'une centrale nucléaire**
  - Trois étapes pour les opérations proprement dites
    1. **mise à l'arrêt définitif** : déchargement du combustible (99,9% de la radioactivité est éliminée) et entreposage dans une piscine de désactivation, vidange des circuits, mise à l'arrêt définitif et démontage des installations non nucléaires
    2. **démantèlement hors bâtiment réacteur** : assainissement/démontage des équipements et des bâtiments nucléaires, conditionnement et évacuation des déchets (radioactifs et conventionnels)
    3. **démantèlement du bloc réacteur et destruction du bâtiment réacteur** (gestion monobloc, découpe en grosses pièces ou découpe en petits morceaux)
  - Etape finale : **déclassement** (= sortie de la liste des INB)

# Le démantèlement : une obligation juridique

Pour les INB uniquement

- Une obligation légale à la charge de l'exploitant
  - « Lorsque le fonctionnement d'une INB ou d'une partie d'une INB est arrêté définitivement, son exploitant procède à son démantèlement (...) » (article L. 593-25 C. Env. issu de la loi TECV de 2015)
- Principe dit du « démantèlement immédiat »
  - L'exploitant doit procéder au démantèlement de son installation :
    - dès « qu'elle est arrêté définitivement »
    - « dans un délai aussi court que possible » mais aussi
    - « dans des conditions économiques acceptables » et
    - « dans le respect des principes énoncés (...) » par le code de la santé publique et le code de l'environnement (notamment optimisation et limitation)
  - Suppose qu'il soit mené jusqu'à son terme sans interruption
- Stratégie préconisée par l'ASN en 2009 puis adoptée par EDF en 2012 et légalisée en 2015 pour l'ensemble des exploitants
  - Également préconisée par l'AIEA et adoptée par la Belgique et l'Espagne

# Le démantèlement : une obligation juridique

- **Le démantèlement immédiat n'est pas la seule stratégie**

- Le **démantèlement différé** : les parties de l'installation contenant des substances radioactives sont placées ou maintenues dans un état sûr pendant plusieurs décennies avant le démarrage des opérations de démantèlement
  - Ex. au Royaume-Uni : délai de 75 ans (pour les centrales de type Magnox ou 100 ans pour le site de Sellafield en raison de l'absence de filière de traitement de déchets – le démantèlement est assuré par un organisme public indépendant (*Nuclear Decommissioning Authority* - NDA)
- Le **confinement sûr (ou *in situ*)** : consiste à placer les parties de l'installation contenant des substances radioactives dans une structure de confinement renforcée durant une période permettant d'atteindre un niveau d'activité radiologique suffisamment faible en vue de la libération du site, voire « mise au tombeau » (*entombment*) consistant à couler du béton sur le bâtiment (installations militaires aux Etats-Unis ou réacteur accidenté de Tchernobyl)
  - N'est plus considéré comme acceptable par l'AIEA depuis 2014 sauf exception circonstancielle

- **Avantages et inconvénients du démantèlement immédiat**

- Evite d'en reporter la charge sur les générations futures
- Permet de réaliser les opérations de démantèlement avec les équipes d'exploitation qui sont censées bien connaître l'installation (réduit les risques de perte de mémoire de l'historique de l'installation)
- Evite les dépenses de surveillance, de maintien en état et éventuellement de jouvence du démantèlement différé
- Mais génère une quantité plus importante de déchets faiblement et moyennement radioactifs (du fait de l'absence de prise en compte de la décroissance de la radioactivité)

# Le démantèlement : une contrainte politico-juridique

- **Loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte**
  - Article L. 100-4.I.5° du code de l'énergie : fixe les nouveaux objectifs de la politique énergétique française, parmi lesquels :
    - « **réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025** » (porté à **2035** par la du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat)
  - Article L. 311-5-5 (ibid.) : **limitation de la capacité totale de production d'électricité d'origine nucléaire à 63,2 GW**
    - impossibilité de délivrer une autorisation d'exploiter une installation de production d'électricité si celle-ci a pour effet de porter la capacité totale autorisée de production d'électricité d'origine nucléaire au-delà de la limite ci-dessus
- **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) (2019-2023 / 2024-2028) adoptée le 21 avril 2020**
  - **Arrêt de 14 réacteurs nucléaires de 900 MW (sur 36) d'ici 2035**, dont ceux de la centrale de Fessenheim
  - **Principe général : arrêt des réacteurs, hors Fessenheim, à l'échéance de leur 5<sup>ème</sup> visite décennale** (après 50 ans de fonctionnement), soit des arrêts entre 2029 et 2035
    - mais fermeture de 2 réacteurs par anticipation des 5<sup>èmes</sup> visites décennales en 2027 et en 2028 au titre de la politique énergétique
    - liste proposée par EDF à la demande du Gouvernement : Blayais, Bugey, Chinon, Cruas, Dampierre, Gravelines et Tricastin, mais aucun site nucléaire complètement arrêté
  - remise en cause suite à l'invasion de l'Ukraine ?

# Le démantèlement : des enjeux multiples

- Politique ou économique
- De finalité
- De stratégie
- Juridique
- Temporel
- Technologique et d'innovation
- De Sûreté
- De responsabilité
- Industriel et de gestion de projet
- Humain et de santé au travail
- Economique et Financier
- De gestion des déchets radioactifs
- D'information et de participation du public
- De reconversion et territorial



# Un enjeu politique ou économique

- **L'arrêt définitif et, par conséquent, le démantèlement d'une installation nucléaire peuvent devenir un enjeu politique**
  - **En France** : Superphénix (RNR implanté à Creys-Malville) et Fessenheim (2 REP de 900 MWe)
  - **En Allemagne** : décision de sortie du nucléaire en 2011 → arrêt brutal de 8 centrales sur 17 (29 réacteurs actuellement à l'arrêt et en démantèlement)
  - **En Italie** : référendums de sortie du nucléaire en 1987 puis 2011 → arrêt de ses 6 réacteurs (démantèlement différé... puis accéléré)
  - **En Belgique** : loi de 2003 sur sortie progressive du nucléaire en 2025 mais doute récent sur l'approvisionnement en électricité (6 réacteurs actuellement)
  - **En Suisse** : loi sur abandon progressif du nucléaire en 2017 → arrêt de ses 4 réacteurs
  - **Dans l'UE** : arrêt des réacteurs anciens de technologie russe posé comme condition d'accès (Bulgarie, Lituanie, Slovaquie) accompagné de programmes d'assistance au déclassement nucléaire
- **Mais cet arrêt peut être aussi un simple enjeu économique**
  - **Aux Etats-Unis** : arrêt d'une centrale dans le Maine en 2013 par un exploitant privé en raison d'un manque de compétitivité avec le gaz de schiste

# Un enjeu de finalité

- Quel état final vise-t-on en démantelant une installation nucléaire ?
  - Suppression de toute trace de la présence d'une installation nucléaire : le « retour à l'herbe » ?  
Ex : centrale de Brennilis (Monts d'Arrée - Bretagne)
  - Assainissement des locaux en vue d'une réutilisation ultérieure
    - Pour de nouvelles installations nucléaires  
Ex : sites Orano de Pierrelatte et CEA de Marcoule
    - Pour d'autres installations industrielles  
Ex : dénucléarisation des sites CEA de Grenoble (achevée) et Fontenay-aux-Roses (en cours) en vue de l'accueil d'autres activités de recherche (non nucléaire)

# Un enjeu de stratégie

- **L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) instruit les stratégies de démantèlement et de gestion des déchets et matières des exploitants** afin d'avoir une vision globale des différents chantiers et de leurs interactions
  - **EDF : ~12 INB,**
    - 6 réacteurs UNGG : nouveau scénario de traitement « en air »
    - 3 REP : possibilité d'utiliser le REX des exploitants US (6 réacteurs démantelés et 42 en démantèlement)
  - **Orano : 1<sup>ère</sup> usine de retraitement (UP2 400) à La Hague + usines de conversion et d'enrichissement (Tricastin)**
    - Importance des chantiers de RCD (reprise et conditionnement des déchets anciens)
    - Réutilisation de certaines structures
  - **CEA : 40 installations civiles et militaires** (avis conjoint des autorités de sûreté)
    - A défini des priorités, reposant sur l'analyse des potentiels de danger
    - Pour les installations de priorité moindre : démantèlement en 2 temps

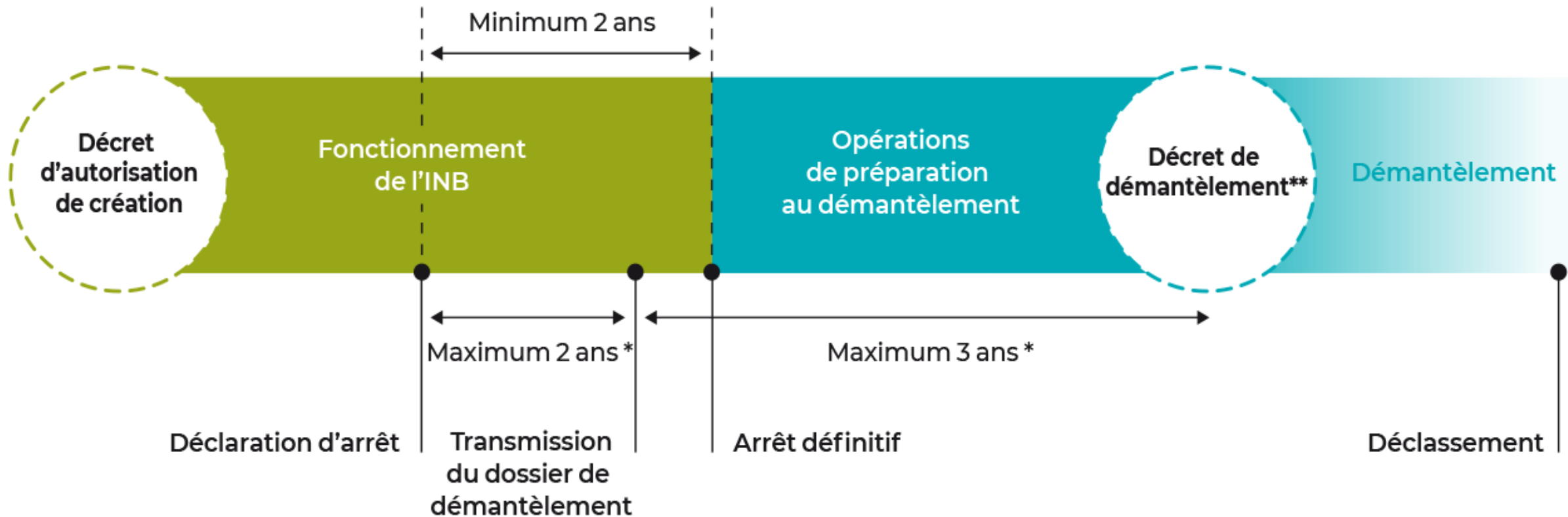
# Un enjeu juridique

- **Prise en compte du démantèlement dès la conception de l'installation avec l'obligation :**
  - D'intégrer dans le dossier de demande de création d'une INB « un **plan de démantèlement** présentant les principes d'ordre méthodologique et les étapes envisagées pour le démantèlement de l'installation, la remise en état et la surveillance ultérieure du site »
  - De justifier « le **délai de démantèlement** envisagé entre l'arrêt définitif du fonctionnement et le démantèlement »
- **Ultérieurement**
  - Le **plan de démantèlement** doit être **actualisé lors de chaque réexamen de sûreté (au moins tous les 10 ans)**
  - Une **version détaillée et mise à jour** doit :
    - Être présentée avec le dossier accompagnant la demande d'autorisation de démantèlement
    - Préciser la « stratégie d'assainissement » envisagée pour les structures des bâtiments et des sols ainsi que les prévisions d'utilisation ultérieure du site

# Un enjeu juridique

- Procédure de démantèlement équivalente à celle de la création de l'installation nucléaire
  - **Déclaration d'intention de « mise à l'arrêt définitif »** par l'exploitant au moins **2 ans avant la date prévue** (ou délai plus court si nécessaire – ex. Fessenheim)
  - Présentation dans ce délai d'un dossier de démantèlement (description de l'installation à l'issue des opérations) (art. L. 593-27 et R. 593-67 C. Env.)
  - Instruction administrative et technique par l'ASN et son appui technique l'IRSN (3 ans)
  - Consultation du public et de la Commission locale d'information (CLI)
  - **Autorisation donnée par décret du Premier ministre après avis de l'ASN**
  - Cette autorisation est complétée par des **prescriptions de l'ASN**

# Un enjeu juridique



\* Délai prorogeable de 2 ans dans certains cas.

\*\* Le décret de démantèlement prend effet à la date à laquelle l'ASN approuve la révision des règles générales d'exploitation et au plus tard un an après la publication du décret.

# Un enjeu temporel

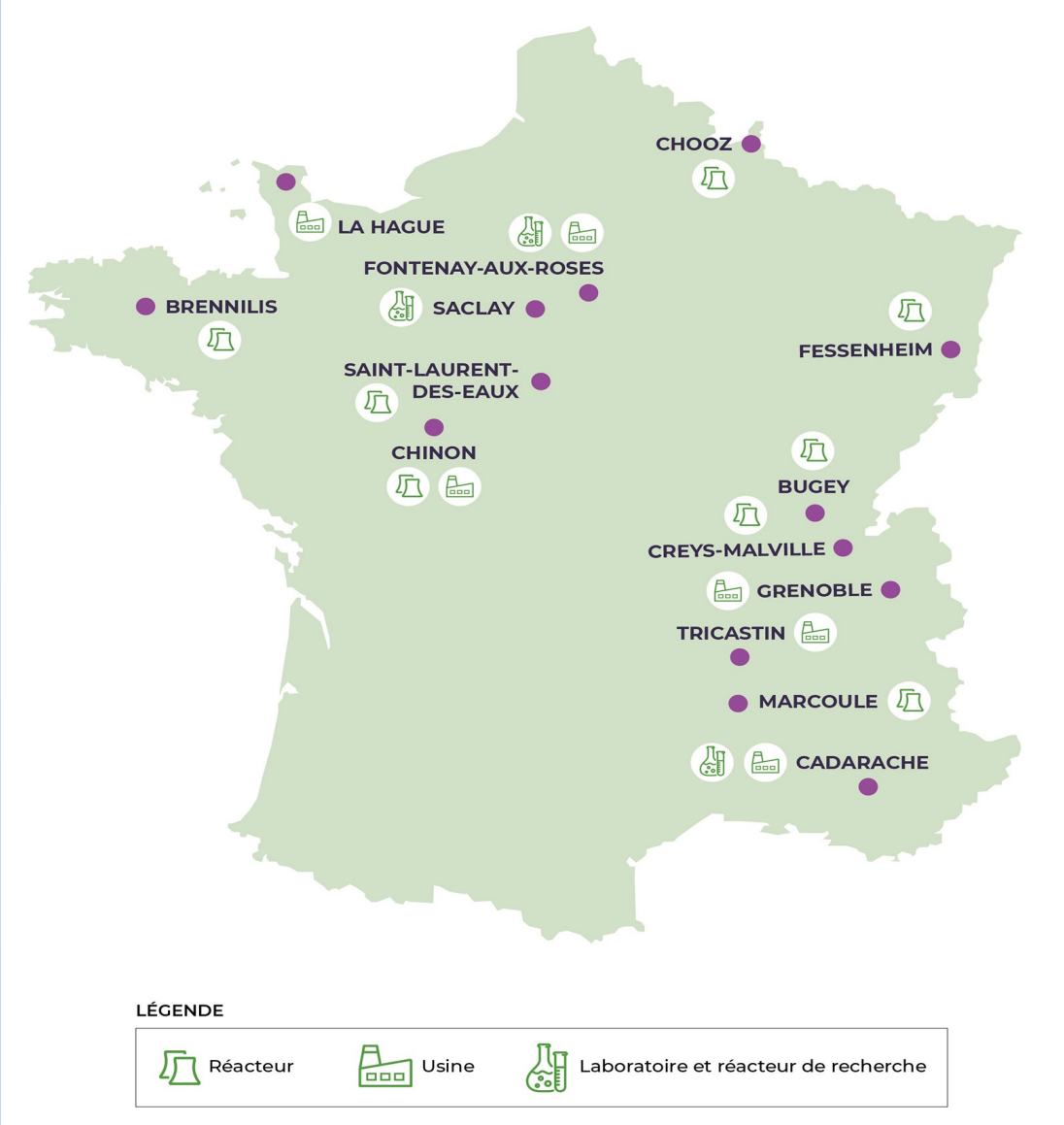
- Le démantèlement **intervient de nombreuses années** après la conception et la construction d'une installation nucléaire (au moins 30 ans)
  - Ce qui implique une bonne gestion de la mémoire de l'installation (connaître l'état initial et correctement évaluer l'état radiologique au moment de la mise à l'arrêt définitif)
- Il **s'échelonne sur de nombreuses années**
  - Dure plus longtemps que la phase de fonctionnement !
  - Estimation EDF : 15 ans pour un REP – estimation externe : plutôt 20 ans
    - Cas particuliers :
      - centrale de Brennilis (Bretagne) : arrêtée depuis 1985 – prévision d'achèvement en 2035
      - réacteurs UNGG : arrêtés entre 1973 et 1994 – difficultés techniques de démantèlement (sous eau → sous air) – achèvement fin de siècle ?
- Il **peut nécessiter la construction de nouvelles installations nucléaires (et donc prolonger la durée prévisible)**
  - Ex. : ICEDA, INB implantée sur le site de la centrale de Bugey et qui a pour objet d'entreposer temporairement les déchets radioactifs issus du démantèlement de plusieurs centrales – a connu de nombreux contentieux

# Un enjeu technologique et d'innovation

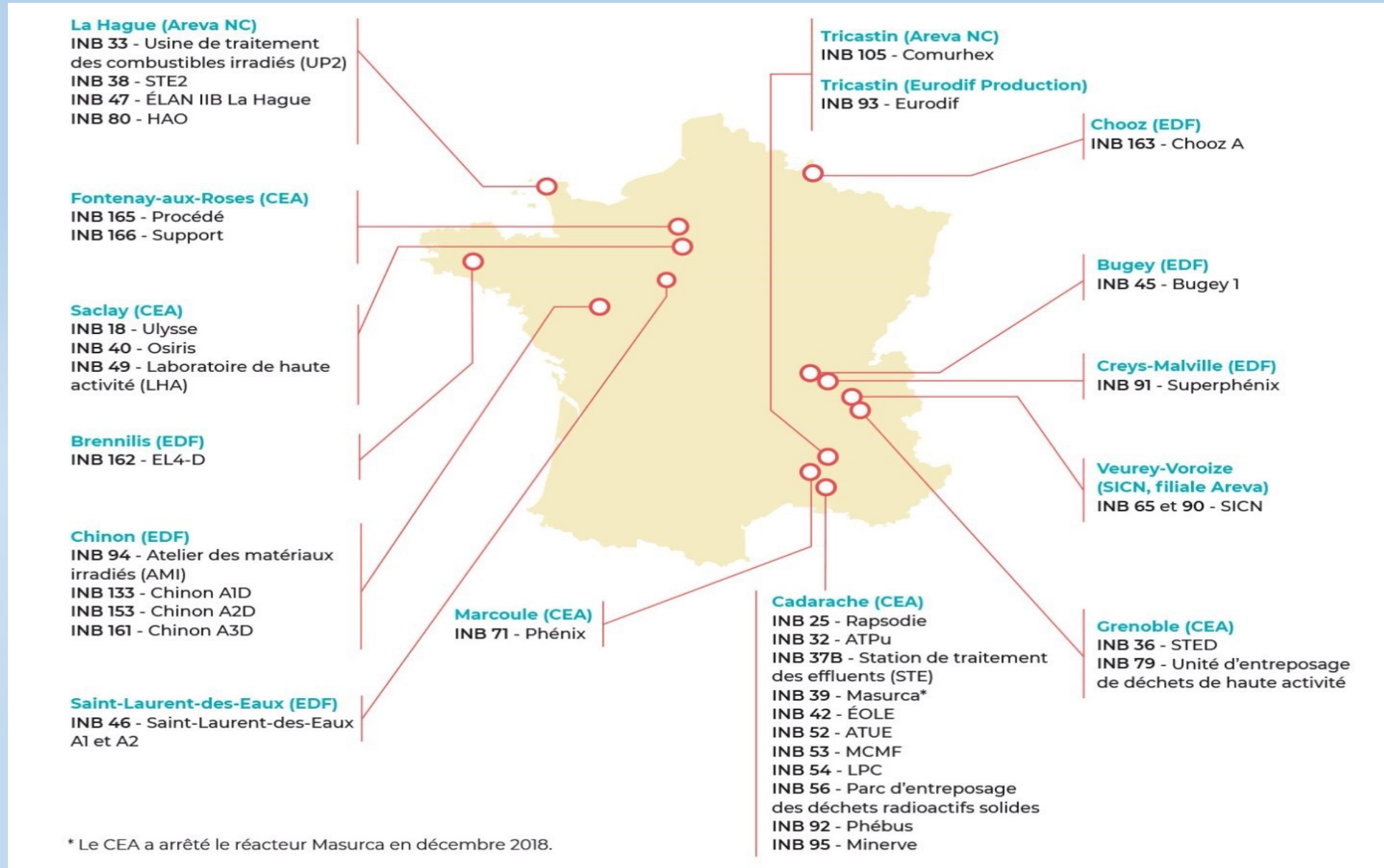
- Le démantèlement concerne de nombreux types d'installations, ce qui limite la standardisation des opérations
  - Centrales : réacteur à eau lourde (Brennilis), réacteurs à uranium naturel graphite gaz – UNGG (Bugey 1, Chinon 1, 2 et 3, Saint-Laurent 1 et 2), réacteurs à eau pressurisée – REP (Chooz A), réacteur à neutrons rapides – RNR (Creys-Malville) – seul le démantèlement de Chooz A est achevé
  - Installations de recherche (réacteurs, laboratoires, usines pilotes) et du cycle du combustible (enrichissement - Tricastin, retraitement - La Hague) – pas d'effet de série et une forte contamination ou irradiation
- Le développement de la robotique et du numérique permet d'envisager des améliorations techniques et donc de réduire l'exposition des travailleurs
  - Interventions à distance, découpe des matériaux, décontamination, optimisation du traitement et du conditionnement des déchets



# Les installations définitivement arrêtées ou en cours de démantèlement (2021)



# Les installations nucléaires en cours de démantèlement (2019)



# Un enjeu de sûreté

- Une installation nucléaire mise à l'arrêt définitif ou en phase de démantèlement est toujours une « installation nucléaire » et ce, jusqu'à son déclassement
  - Son exploitant est responsable de sa sûreté de la même manière que pendant la phase de fonctionnement
  - Le démantèlement est aussi une « activité nucléaire », soumise à un référentiel de sûreté
  - L'ASN continue d'en assurer le contrôle (inspections)
- Le démantèlement comporte moins de risques du point de vue de la radioactivité (disparition ou réduction du « terme source ») mais implique :
  - Une grande production de déchets, radioactifs (20% dont majorité de TFA) et conventionnels (80%)
  - La reprise et le conditionnement de déchets anciens
  - D'où la nécessité d'une préparation en amont des exutoires adaptés (Cf. PNGMDR)

# Un enjeu de responsabilité

- Le démantèlement d'une installation nucléaire relève exclusivement de la responsabilité de son exploitant d'origine
  - Un transfert de responsabilité à un exploitant/démanteleur est envisageable, aux conditions habituelles de l'obtention d'une autorisation d'exploitation, mais il n'y en a pas encore d'exemple
  - Au Royaume-Uni, le démantèlement est assuré par la *Nuclear Decommissioning Authority* (NDA), qui supervise aussi la gestion des déchets nucléaires. Elle est responsable de 19 sites et détient les actifs et responsabilités correspondants
- Si le démantèlement a une fin (le déclassement), la responsabilité de l'exploitant sur les déchets produits a une durée illimitée (art. L. 542-1 C. Env.)
  - Sauf défaillance, auquel cas, c'est l'Etat qui assume la responsabilité des déchets et peut en confier la gestion à l'ANDRA
  - Situation différente au Royaume-Uni

# Un enjeu industriel et de gestion de projet

- L'exploitant d'une installation nucléaire n'est pas un industriel de la déconstruction
  - Nécessité de faire appel à des prestataires et sous-traitants ayant les compétences requises (cf. création d'ORANO DS - démantèlement et services)
  - Pb de maîtrise des activités sous-traitées et limites portées par la réglementation nucléaire au recours à des « intervenants extérieurs »
- De nombreux imprévus affectent le déroulement des opérations de démantèlement
  - Impact sur les marchés de réalisation :
    - Difficulté à les concevoir sous la forme d'une obligation de résultat (plutôt en « dépenses contrôlées »)
    - Articulation avec le droit de la commande publique : avenants fréquents, voire nécessité d'un nouvel appel d'offres (si bouleversement de l'économie générale du marché) avec risque de changement de titulaire et donc de perte des compétences acquises par ce dernier

# Un enjeu humain et de santé au travail

- Le personnel de l'exploitant n'a pas *a priori* les compétences pour réaliser les opérations de démantèlement
  - Recours à des prestataires et à la sous-traitance : hétérogénéité du collectif de travail
  - Nécessité de reconvertir le personnel d'exploitation (actions de formation)
  - Difficultés psychologiques : conserver le personnel sur une activité qui consiste à déconstruire ce qu'on a fait fonctionner pendant des années
  - Conserver le personnel sur une longue période (pb de maintien des compétences)
- Le démantèlement génère :
  - un **plus grand risque d'exposition aux rayonnements ionisants**
    - L'objectif est de retirer la radioactivité résiduelle alors qu'en fonctionnement normal, on cherche à s'en protéger
    - Les intervenants sont susceptibles de recevoir des doses sensiblement plus fortes du fait qu'ils sont au contact de la radioactivité mais celles-ci demeurent très en-deçà des limites réglementaires
  - des **risques de sécurité classique plus importants** (chantier de déconstruction, co-activités)

# Un enjeu économique et financier

- Le démantèlement coûte cher, il dure longtemps, comporte des aléas et ne génère aucun revenu
  - S'apparente à une activité de défaisance
  - EDF estime entre 350 et 400 M€ le coût de déconstruction d'un REP mais estimation parlementaire : entre 900 et 1300 M€ (soit x 4)
- Il faut donc s'assurer par avance que les opérations correspondantes seront financées (en totalité) le moment venu
  - Anticiper la mobilisation des sommes nécessaires 30 ou 40 ans (voire davantage) avant la date prévue
  - Garantir leur caractère suffisant à tout moment (pb des taux d'actualisation et d'inflation)
- Le démantèlement a pris avec le temps une ampleur considérable
  - 38 INB sont actuellement à l'arrêt définitif dont 25 en cours de démantèlement
  - 80% des réacteurs sur le territoire français ont été mis en service entre 1977 et 1987
  - Avec la réduction de la part du nucléaire et si la durée de vie des centrales demeure limitée à 40 ans, risque d'augmentation  
Ex : en Allemagne : 17 centrales seront simultanément en démantèlement

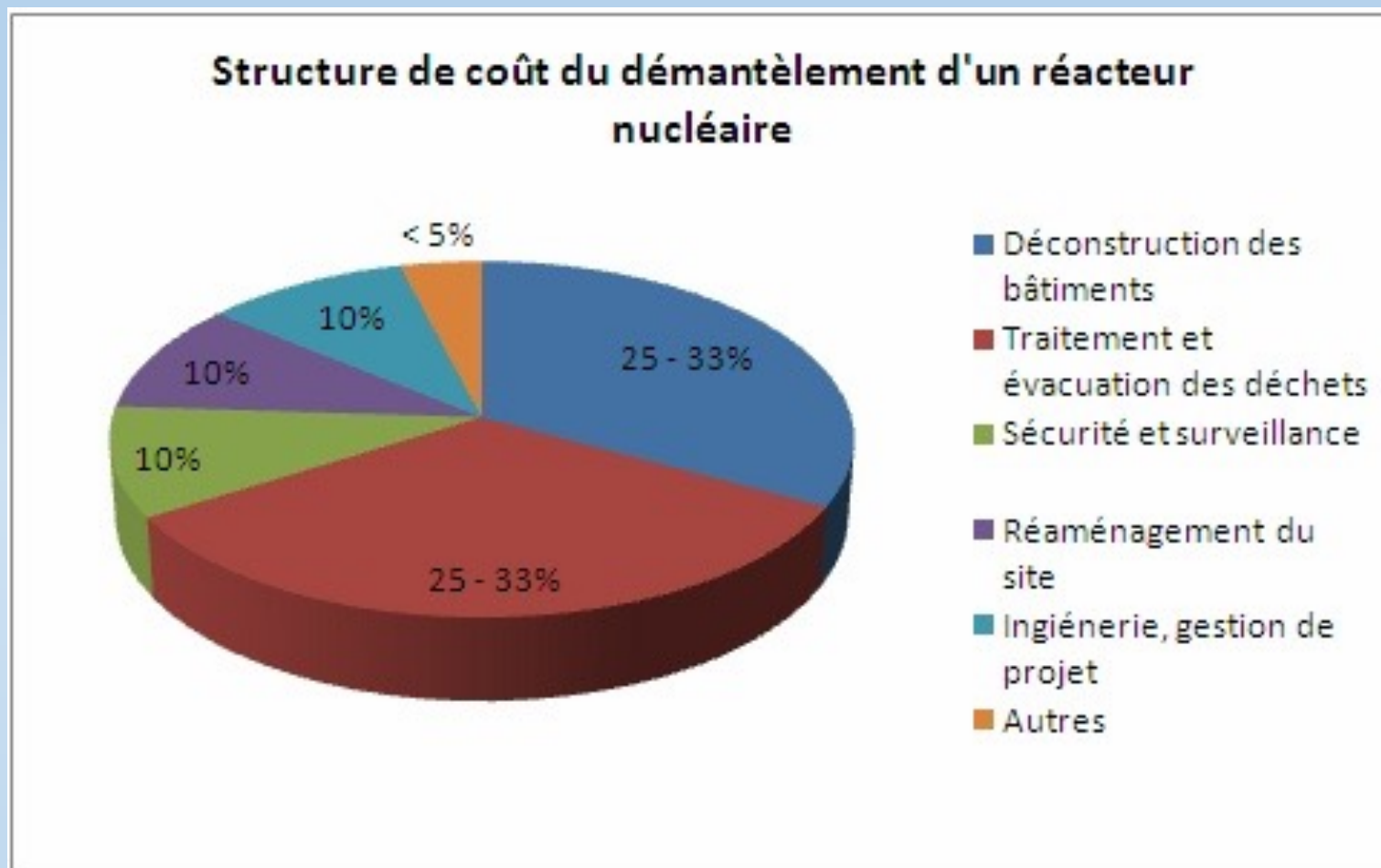


# Un enjeu économique et financier

- Obligations imposées à l'exploitant par la loi « déchets » du 28 juin 2006
  - Responsabilité totale et infinie quant au financement du démantèlement
  - Responsabilité exclusive de l'estimation des coûts futurs et de l'échéancier des besoins
  - Obligation de transmettre cette estimation à l'autorité administrative tous les 3 ans sous forme d'un **plan triennal** (+ **note annuelle d'actualisation**)
  - Constitution de provisions et d'**actifs dédiés** (insaisissables), limités à certaines catégories d'actifs (dont la liste est fixée par décret) pour couvrir ces provisions – **obligation unique au monde**
  - Mise en place d'une instance du conseil d'administration ou de surveillance chargée d'assurer la surveillance de la gestion de ces actifs
  - Contrôle par une autorité administrative dédiée (DGEC)
  - Obligation permanente de garantie des sommes nécessaires
- Coûts du démantèlement
  - Estimation des coûts de démantèlement par les exploitants : tiennent compte de nombreux paramètres, dont le REX des 1<sup>ères</sup> opérations, des hypothèses de gain liées aux effets de série et de mutualisation (pour EDF) mais difficultés à appréhender les risques et les incertitudes liés au déroulement des opérations
  - Critiques de la Cour des comptes et de l'Assemblée nationale sur ces estimations
  - Provisions en Allemagne : 2,4 fois supérieures à celles d'EDF (?)



# Un enjeu économique et financier



Source : AEN, « Politiques, stratégies et coûts de démantèlement : un tour d'horizon international », décembre 2003

# Un enjeu de gestion des déchets radioactifs

- Absence en France de « seuils de libération » pour les déchets métalliques TFA
  - Seuils de libération : valeurs, exprimées en termes de concentration d'activité, auxquelles ou en dessous desquelles des matières provenant d'activités nucléaires peuvent être dispensées de se conformer aux exigences de la directive radioprotection n° 2013/59
  - Conséquence : tous les matériaux issus du démantèlement d'INB sont des déchets radioactifs
  - Pourtant, la directive autorise cette libération en fixant des valeurs à respecter (Art. 30)
- Mais possibilité récente de dérogation
  - Décret du 14 février 2022 relatif à la mise en œuvre d'opérations de valorisation de substances faiblement radioactives (modifie le CSP) : possibilité, de façon dérogatoire, de réaliser des opérations de valorisation de substances faiblement radioactives (après fusion et décontamination) sous réserve d'un arrêté du ministre chargé de la radioprotection
  - Décret du 14 février 2022 relatif aux substances radioactives éligibles aux opérations de valorisation : « substances métalliques qui avant leur usage dans une activité nucléaire ne justifiaient pas un contrôle de la radioprotection »
- Projet de Technocentre de Fessenheim
  - Mise en service en 2031 après un débat public en 2023-2024
  - Fabrication de lingots à partir de métaux TFA issus du démantèlement (diffuseurs usine Tricastin et GV)

# Un enjeu d'information et de participation du public

- La déclaration de MAD est mise à la disposition du public par voie électronique par l'exploitant (art. L. 593-26 C. Env.)
- Le projet de démantèlement d'une INB est soumis à enquête publique (art. L. 593-28 C. Env.)
  - Selon les modalités prévues pour les enquêtes publiques relatives aux projets, plans et programmes ayant une incidence sur l'environnement
- Avant la loi TSN, simple information du public, une fois le décret de MAD/DEM publié
  - Ex : décret MAD/DEM de Brennilis annulé par le Conseil d'Etat (CE 6/06/2007), au motif que la réglementation française n'avait pas transposé la directive du 3/03/1997 modifiant celle du 27/06/1985 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement

# Un enjeu de reconversion et territorial

- Sauf « retour à l'herbe », le démantèlement est un enjeu de reconversion industrielle
  - Que faire des bâtiments et du site ? Ex : dénucléarisation des sites CEA de Grenoble et Fontenay-aux-Roses ; réutilisation des sites Orano de Pierrelatte et CEA de Marcoule
- Il peut en outre être un enjeu territorial en cas de mono-activité et d'arrêt brutal
  - Ex : Fessenheim, la centrale étant de loin la principale activité économique du territoire
    - Un délégué interministériel à la fermeture de la centrale et à la reconversion du site a été nommé dès 2012
    - Signature en février 2019 d'un « projet d'avenir du territoire de Fessenheim »
    - De nombreux projets ont vu le jour dont certains sont restés sans lendemain : création d'une zone économique le long du Rhin, société d'économie mixte franco-allemand, mais le technocentre de recyclage de matériaux métalliques va voir le jour... en 2031

# Conclusion

- Le démantèlement des installations nucléaires
  - Une activité industrielle à part entière au sein de la filière nucléaire et de long terme, compte tenu du vieillissement des installations nucléaires (et des politiques de sortie du nucléaire) ➡ l'avenir du nucléaire ?
  - Dont le développement, national et international, est croissant, le démantèlement « immédiat » étant pratiqué par la majorité des pays nucléaires
  - Qui fait appel à de nombreuses entreprises spécialisées et à des compétences particulières (démanteler ≠ exploiter)
  - Dont le financement est assuré en France par un dispositif d'actifs dédiés

Merci de votre attention