



LA QUESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

*GESTION À LONG TERME , INVENTAIRE
& IMPACT DU NOUVEAU PROGRAMME NUCLÉAIRE*

Les 3 piliers de la gestion des déchets radioactifs



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

2022-2026



○ La Loi :

- 1991, loi relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs
- 2006, loi-programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs
- 2016, loi relative aux modalités de création et de réversibilité de Cigéo

○ Un plan national, qui concerne tous les acteurs de la filière

○ Une Agence nationale dédiée, indépendante des producteurs de déchets



L'ANDRA

L'Andra

Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

- 1** agence publique
- 5** sites d'implantation
- 3** métiers structurants :
Recherche & développement
conception
Exploitation & surveillance
- 706** salariés

LE CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE



9 collaborateurs

LE SIÈGE DE L'ANDRA À CHÂTENAY-MALABRY



427 collaborateurs

LE CENTRE DE L'ANDRA EN MEUSE/Haute-MARNE (GMHM)



176 collaborateurs



LES CENTRES INDUSTRIELS DE L'ANDRA DANS L'AUBE



Le Centre de stockage de l'Aube (CSA)



Le Centre de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)

94 collaborateurs

Principales missions



Stocker et surveiller
les centres de stockage



Concevoir
les centres de stockage



Réaliser et publier
l'Inventaire national



Assainir d'anciens sites
pollués par la radioactivité



Informier
et dialoguer



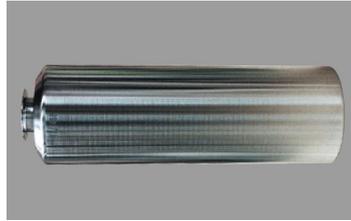
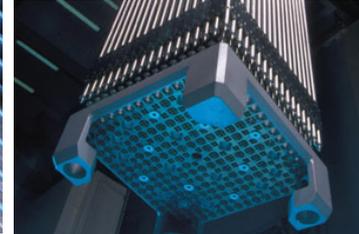
Diffuser son savoir-faire
à l'international



LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Matières et déchets radioactifs : définitions

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée



Une matière radioactive est une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée (les combustibles usés, l'Uapp sont par exemple considérés comme des matières)

Nb : le PNGMDR impose des exigences sur les matières : plan de valorisation pour les détenteurs de matière, et pour l'Andra, un travail sur des scénarios de gestion de certaines matières (Uapp, URT) en cas de requalification en déchets.

Les catégories de déchets radioactifs

Période radioactive* / Activité**	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g	 Gestion par décroissance radioactive	 Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		 Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	 Stockage à faible profondeur à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable		

Les déchets radioactifs sont classés selon leur **mode de prise en charge** qui tient compte de leur **niveau d'activité** et de leur **durée de vie**.

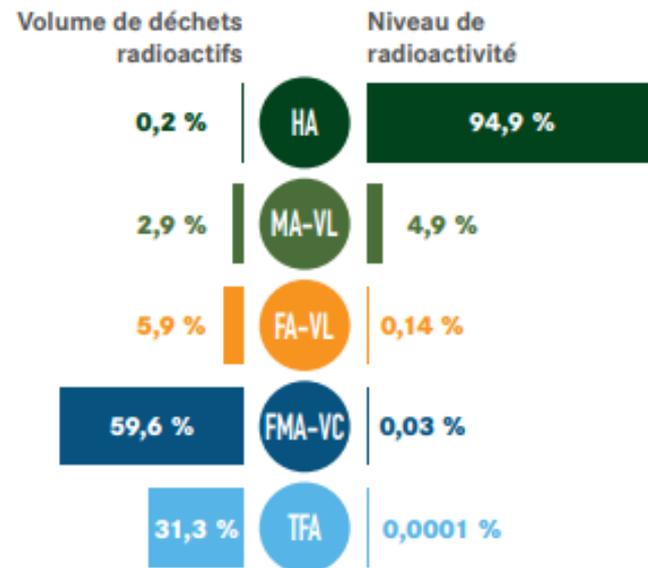
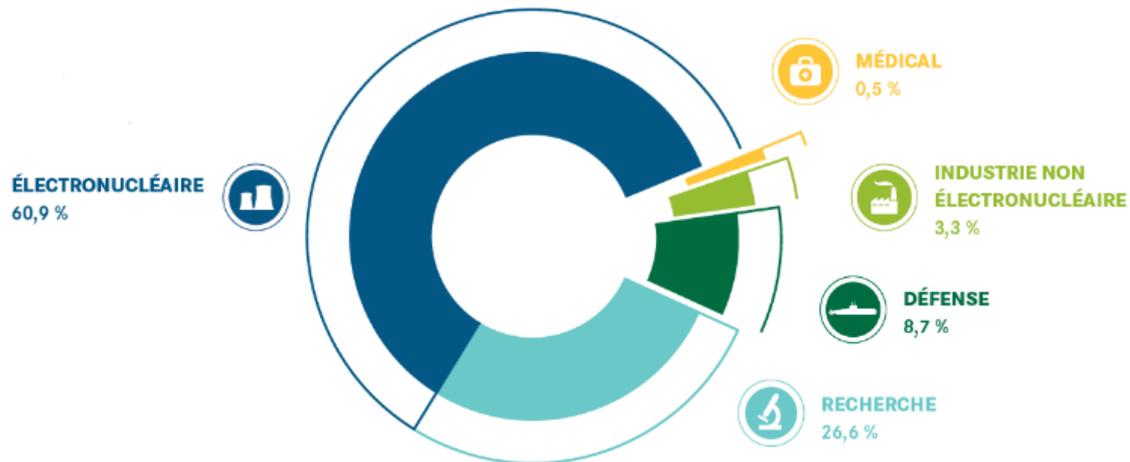
*Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets

** Niveau d'activité des déchets radioactifs

Origines et répartition des volumes et niveaux d'activités des déchets radioactifs

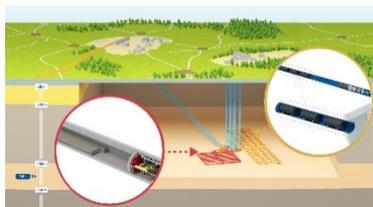
1 760 00 m³ de déchets produits à fin 2021

► RÉPARTITION PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE DU VOLUME DE DÉCHETS (EN ÉQUIVALENT CONDITIONNÉ) DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA À FIN 2021

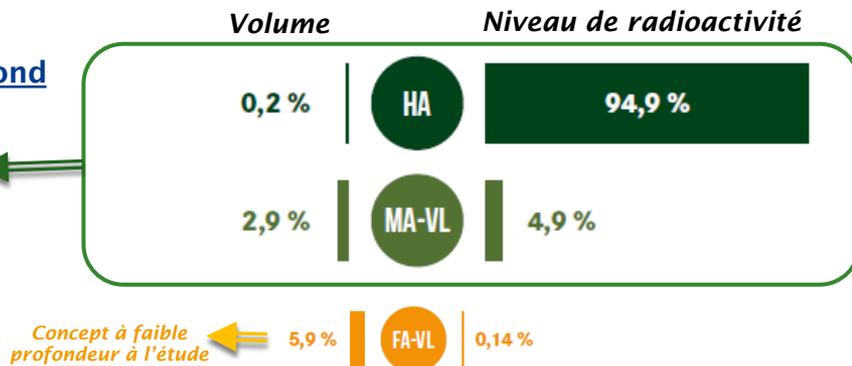


Des stockages adaptés à la dangerosité et à la durée de vie des déchets radioactifs

Stockage géologique profond



Projet Cigéo



Stockages de surface :



CSA



Cires

Déchets de très faible activité (TFA)



Stockage

Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)

Ouverture du centre en 2003
650 000 m³ de capacité autorisée
(demande d'augmentation de capacité en cours instruction)
Taux de remplissage à fin 2022 : 69,4 %

Déchets issus principalement des démantèlements d'installations nucléaires ou d'industries classiques utilisant des matériaux radioactifs : ferrailles, plastiques, gravats, terres...



Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)



Installation classée pour la protection de l'environnement
46 hectares dont 18 ha pour la zone de stockage

2022 :

24 740 volume livré (m³)
21 389 volume stocké (m³)
21 991 colis stockés
3 031 m³ de déchets compactés dans la presse à balle
864 m³ de déchets compactés dans la presse à balle

Au regard des **prévisions de volume de déchets issus notamment des futurs démantèlements**, le Cires ne sera pas en capacité d'en absorber la totalité.

- ➔ **Optimisations du stockage** → projet d'augmentation de la capacité autorisée sur une même surface au sol (projet Acaci)
- ➔ Etudes sur la création d'un **nouveau centre de stockage** à l'horizon 2040
- ➔ Réflexion technique et sociétale par l'Andra et les producteurs autour d'une **politique de gestion proportionnée** :

- **Innovation** / investissements d'avenir (réduction des volumes)
- Faisabilité d'un nouveau concept de **stockage à proximité des sites démantelés**
- **Valorisation de certains déchets TFA**

décret février 2022 : cadre réglementaire / ouvre la possibilité, pour les producteurs de déchets, de valoriser au cas par cas des déchets TFA métalliques, après fusion et décontamination



Les déchets de faible et moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC)



Déchets issus principalement lors d'opérations de **maintenance** (vêtements, outils, gants...) et du **fonctionnement** (traitements d'effluents liquides et gazeux) d'installations nucléaires

Stockage

Depuis 1992 : Centre de stockage de l'Aube

1 000 000 m³ de capacité autorisée
Taux de remplissage à fin 2022 : 37,1 %



De 1969 à 1994 : Centre de stockage de la Manche

Site en phase de fermeture
Volume de déchets stockés : 527 225 m³

Le Centre de stockage de l'Aube (CSA)

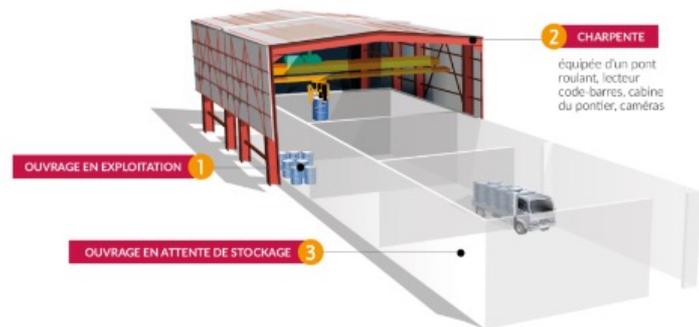


Installation Nucléaire de Base

95 hectares dont
30 ha pour la zone de stockage

2022 :

- 9 484 volume livré (m³)
- 8 230 volume stocké (m³)
- 7 170 colis stockés
- 11 095 fûts de 200 L compactés
dans 2 383 fûts de 450 L
- 305 caissons injectés



Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)



Résidus d'extraction de terres rares



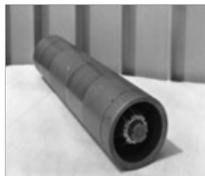
Les déchets radifères

- Résultant de l'extraction de terres rares à partir de minerais naturels
- Résultant de la production de zirconium
- Provenant de l'assainissement de sites pollués

Les déchets de graphite

- Issus du fonctionnement (chemises) ou du démantèlement (empilements...) des premières centrales françaises (UNGG)

Chemises graphite des combustibles UNGG



D'autres types de déchets

- RTCU Orano Malvési (produits depuis 2019)
- Certaines sources scellées (paratonnerres)
- Certains colis de boues bitumées



Tête de paratonnerre



Déchets d'assainissement entreposés au Cires (Morvilliers)



La plupart d'entre eux sont déjà produits et sont entreposés en surface, le plus souvent sur leurs sites de production ou même au sein des installations

Enjeux pour la gestion des déchets FAVL

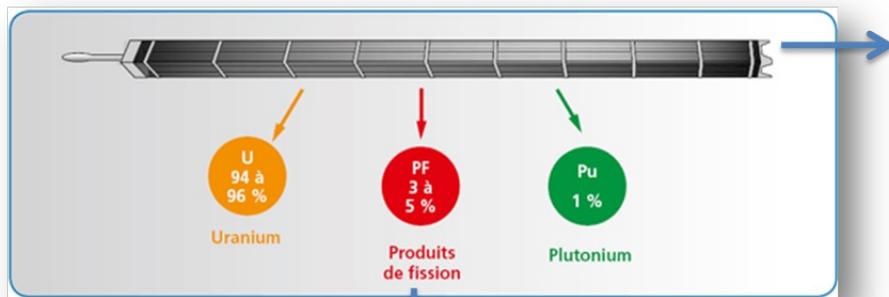


- **Finaliser la caractérisation des enjeux de sûreté liés au site de la communauté de communes de Vendevre-Soulaines** et déterminer ainsi l'inventaire des déchets éligibles à ce stockage ;
- **Fiabiliser les inventaires de déchets FAVL** et poursuivre les études techniques et la définition des spécifications techniques en vue de leur stockage ;
- **Définir des scénarios de gestion des déchets FAVL**, éclairer leurs enjeux en termes de santé, de sécurité, d'environnement, en termes éthiques et territoriaux et en tirer une stratégie globale de gestion, clarifiant notamment le rôle du site de Vendevre-Soulaines ;
- **Anticiper les besoins en entreposage des déchets FAVL** en cohérence avec la stratégie de gestion définie.

Les déchets de Haute Activité (HA) et de Moyenne Activité à Vie Longue (MA-VL)



1- Déchets issus du traitement des combustibles usés



Coques et embouts (MA-VL)



Produits de fission et actinides mineurs vitrifiés (HA)



2- Déchets produits par l'exploitation des réacteurs et des autres installations (MA-VL)



Le principe du stockage géologique



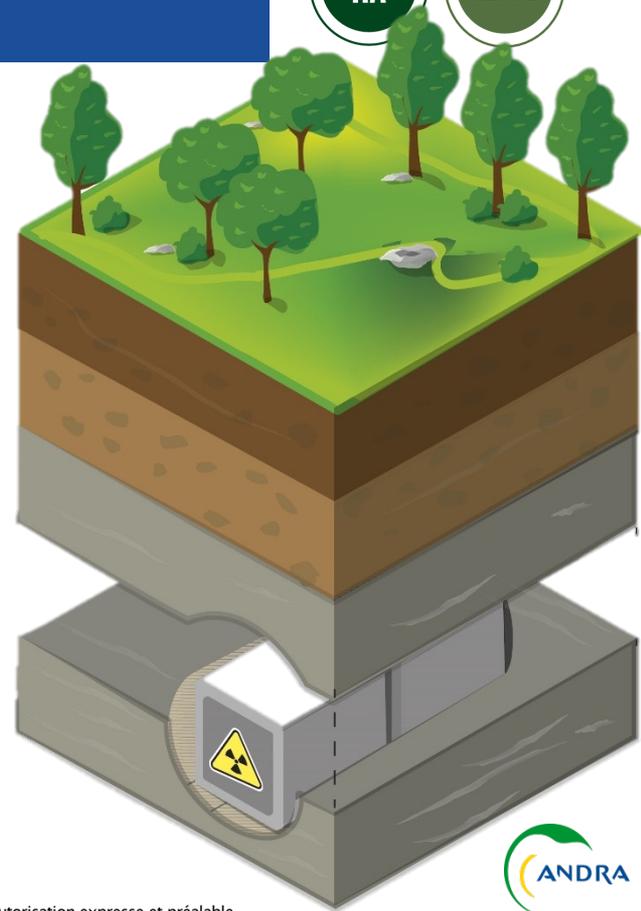
La dangerosité et la durée de vie des déchets HA et MA-VL ne permettent pas de les gérer durablement en surface

Objectif du stockage géologique : protéger l'homme et l'environnement sur le très long terme sans nécessiter d'intervention humaine

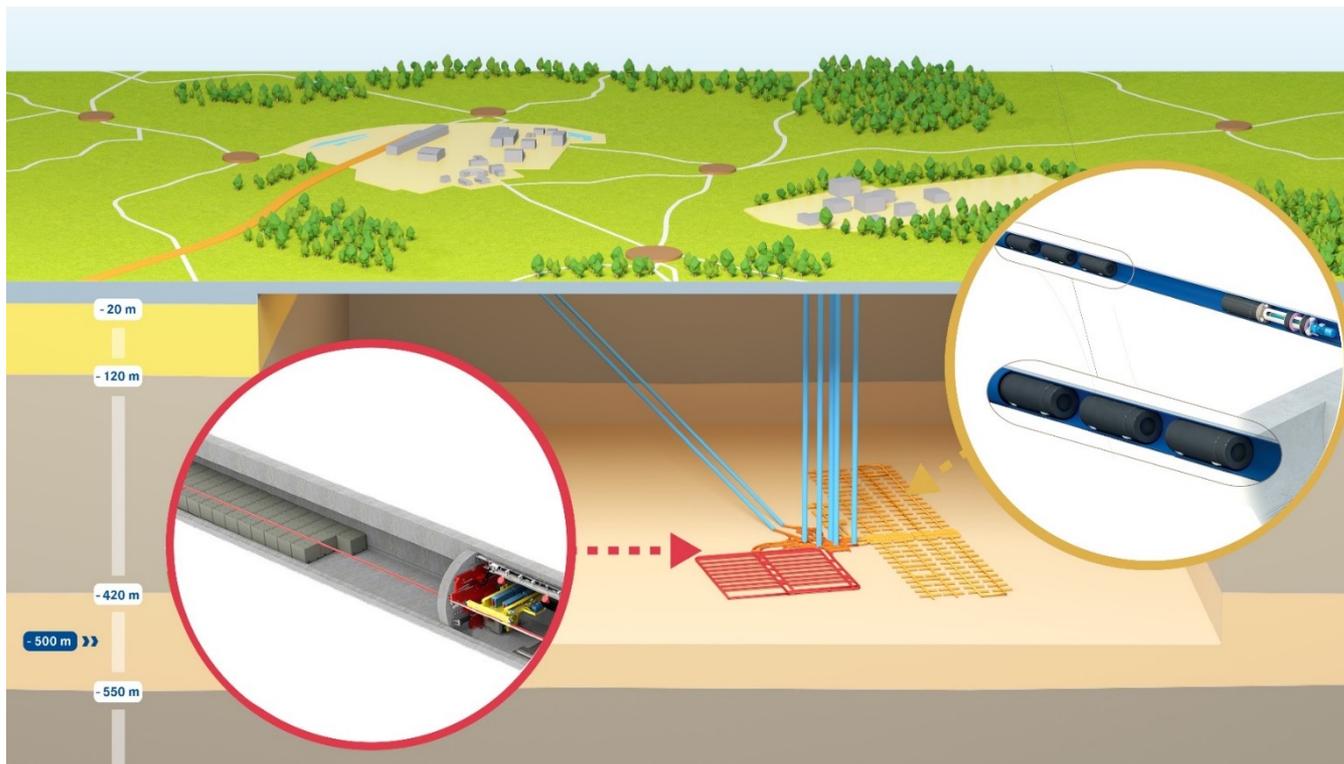
- Situé en grande profondeur, il ne subira ni les catastrophes naturelles, ni les ruptures de civilisations
- La couche d'argile est une barrière naturelle qui prendra le relais des ouvrages humains

Principes :

- **Isoler** les déchets de l'homme et l'environnement (profondeur du stockage)
- **Confiner** les substances radioactives et limiter leur circulation (propriétés de la couche géologique)



Le projet de centre de stockage Cigéo



Demande d'autorisation de création déposée en janvier 2023

Pour un inventaire de référence :
73 000 m³ de déchets MA-VL
(dont environ 60% déjà produits)
et 10 000 m³ de déchets HA
(dont environ 40% déjà produits)

Avec une étude d'adaptabilité,
notamment pour la gestion des combustibles usés en cas de changement de politique de retraitement

Les particularités du projet Cigéo



Un projet qui se développe progressivement, sur une période plus que séculaire

- Une phase industrielle pilote qui couvre la construction puis les 5/10 premières années d'exploitation avec une loi à l'issue pour permettre la poursuite du stockage
- Exploitation du quartier MAVL entre 2040 et 2100
- Exploitation du quartier HA entre 2080 et 2150
- Un développement progressif de l'installation, permettant d'inclure les progrès technologiques et évolutions de connaissance

Un projet réversible pendant une période d'au moins 100 ans

- Pour laisser la possibilité aux générations futures de modifier les choix de gestion
- Une réversibilité qui repose sur : le développement progressif, la flexibilité, l'adaptabilité et la récupérabilité des colis

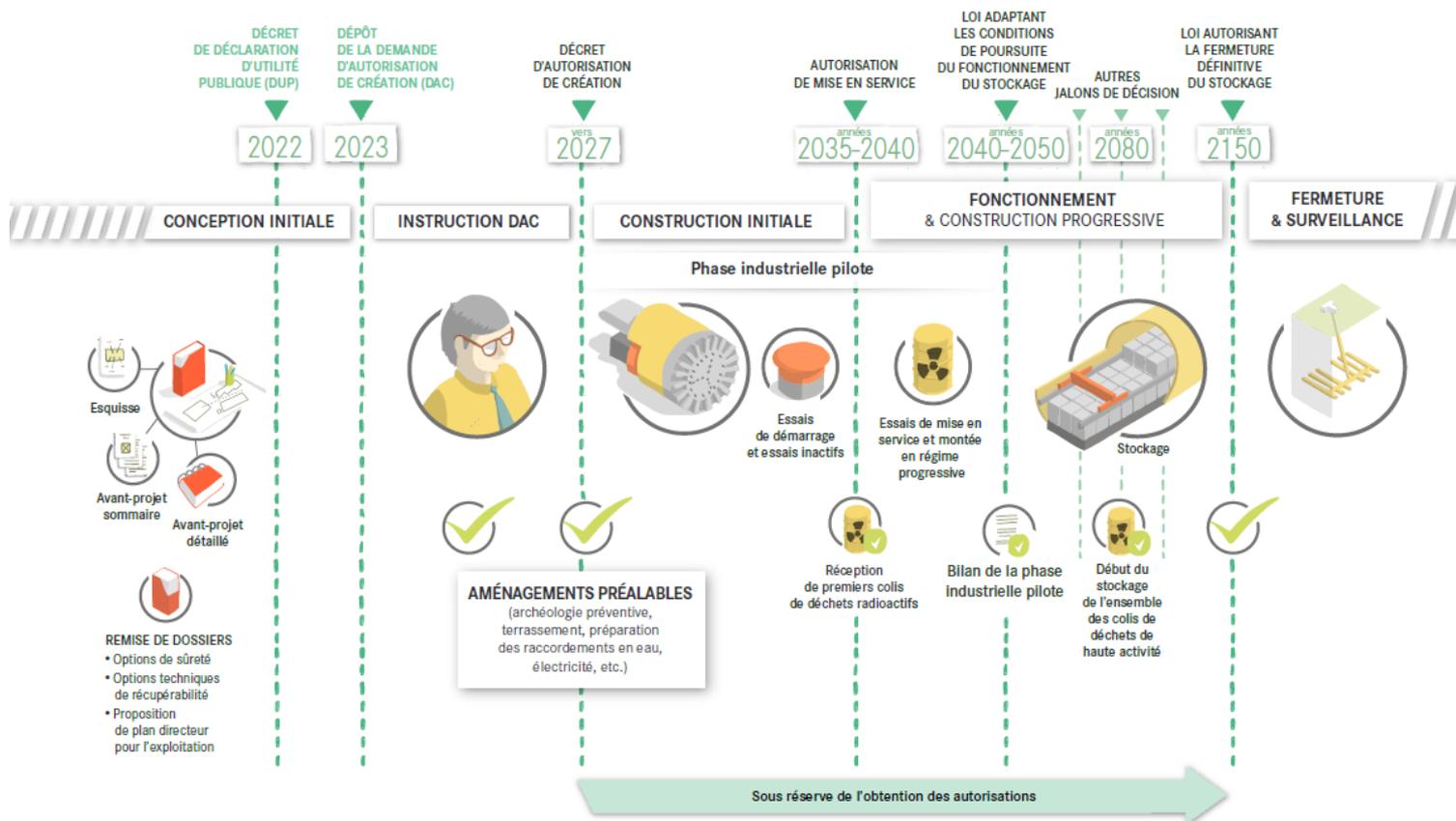
L'adaptabilité

- Étudier le stockage d'autres déchets pour couvrir des évolutions de politique énergétique: CU, déchets FAVL, ...
- Une démonstration de sûreté après-fermeture du stockage sur une période d'un million d'année, de manière totalement passive

Prochaines étapes du projet Cigéo

HA

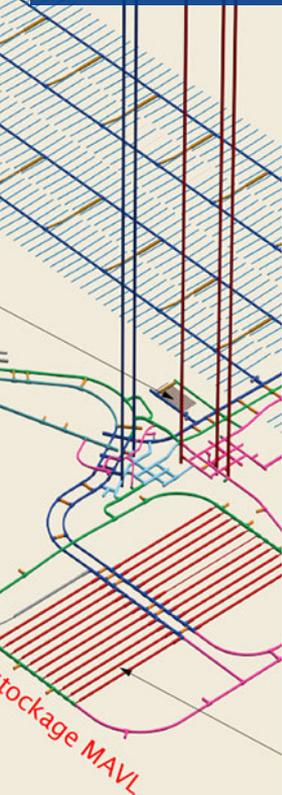
MA-VL



Enjeux pour la gestion des déchets HA et MA-VL



- Poursuivre la mise en œuvre de l'option de gestion de stockage en couche géologique profonde, avec le déploiement du projet Cigéo
- Permettre de réinterroger les choix effectués tout au long du déploiement de Cigéo
- Relancer une dynamique de recherche autour des options de gestion alternatives complémentaires au stockage en couche géologique profonde.
- Mettre ces enjeux en perspective avec le développement progressif de Cigéo selon trois échelles de temps : le dépôt de la DAC, la mise en œuvre de la PhiPil et le déploiement des tranches successives.

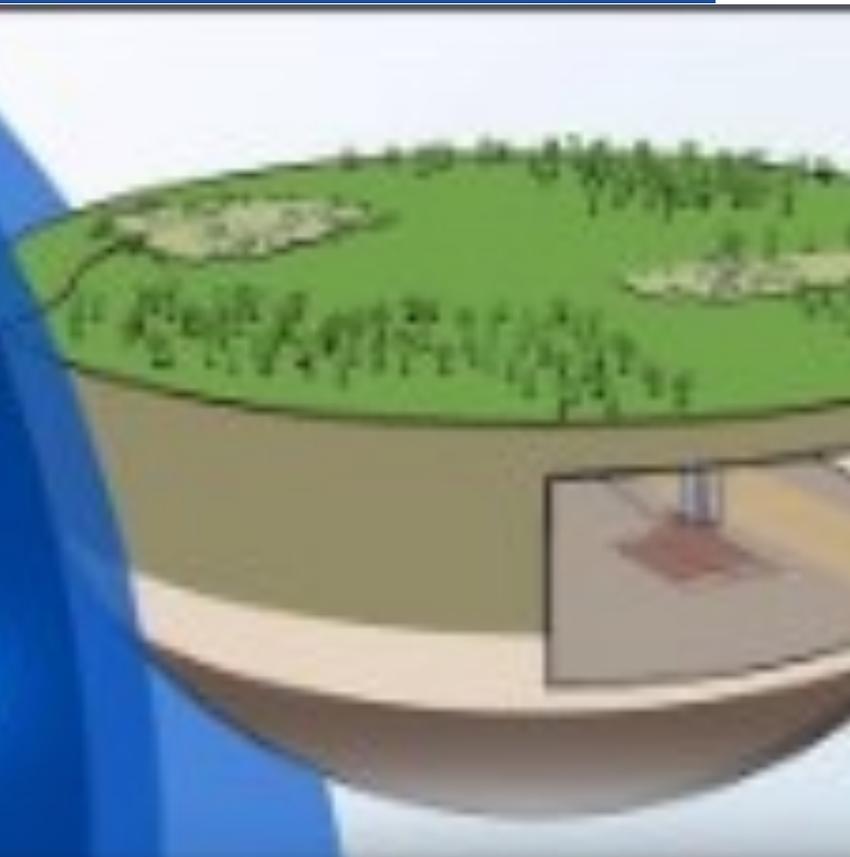


Fonctionnement du stockage dans Cigéo

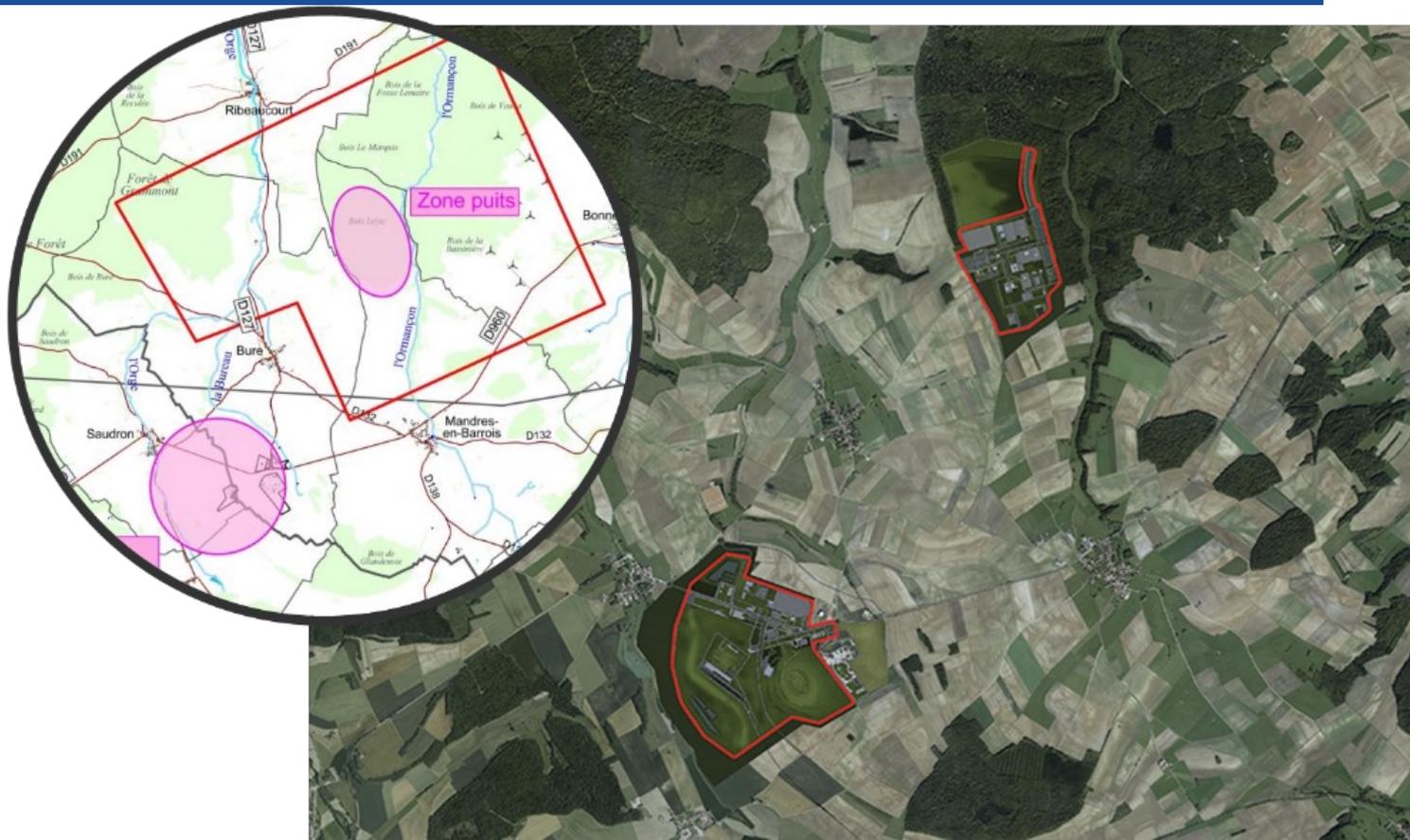
HA

MA-VL

LES ÉTAPES
DU STOCKAGE
DANS
Cigéo



Implantation des installations souterraines et de surface de Cigéo



Installations de surface : la zone descendrière

HA

MA-VL



-  Descenderie de Service
-  Bâtiments de contrôle, préparation et conditionnement des colis
-  Tête de descenderie colis
-  Hall de déchargement
-  Terminal ferroviaire nucléaire

Environ 300 ha

Installations de surface : la zone puits



 Verse : Stockage des matériaux issus du creusements (T1)

 Zone travaux

 Puits travaux
Personnel + Ventilation air neuf

 Puits exploitation
Personnel + Ventilation air neuf

 Puits travaux
Matériels / Matériaux

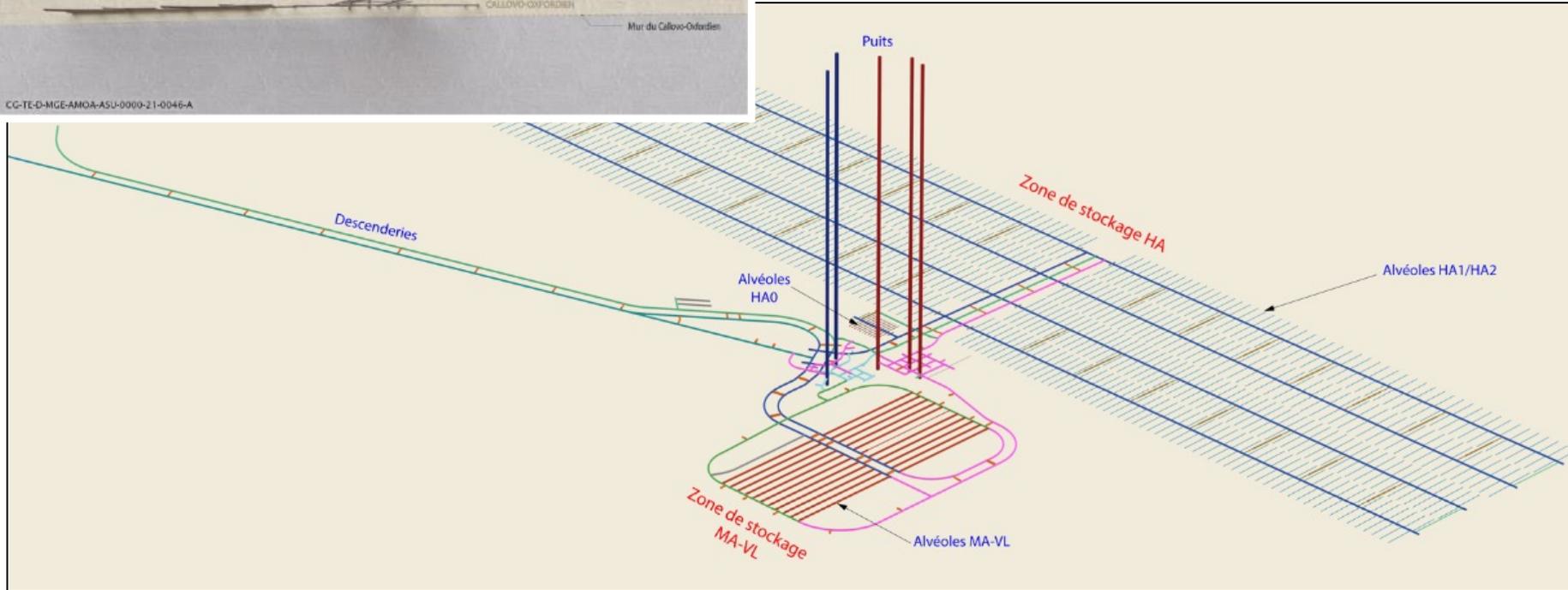
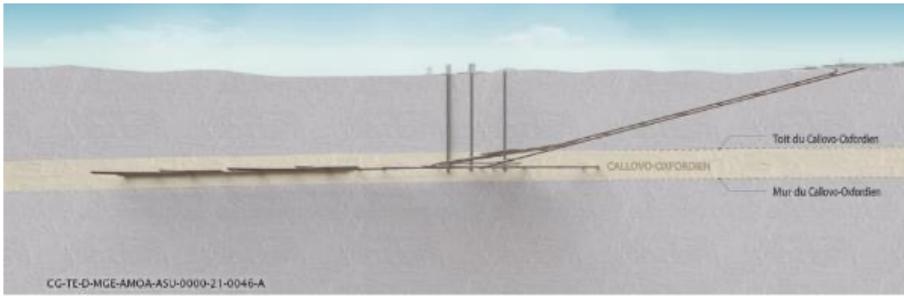
 Puits travaux
Ventilation air vicié

 Puits exploitation
Ventilation air vicié

 Zone administrative

Environ 200 ha

Architecture souterraine



Un déploiement souterrain progressif



Un déploiement par tranches, impliquant des décisions et des autorisations successives, permettant d'intégrer des évolutions et des progrès techniques

Tranche 1 - Phase industrielle pilote
(construction initiale de l'installation souterraine)

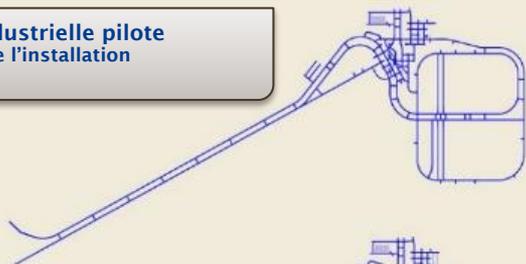


Schéma de principe à terminaison du stockage

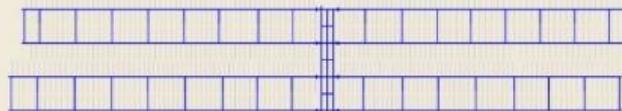
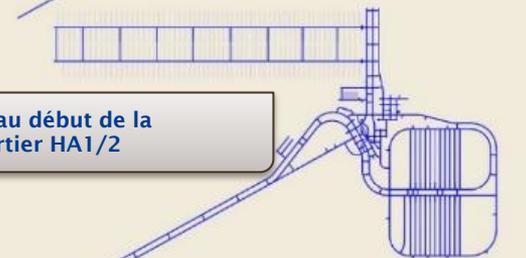


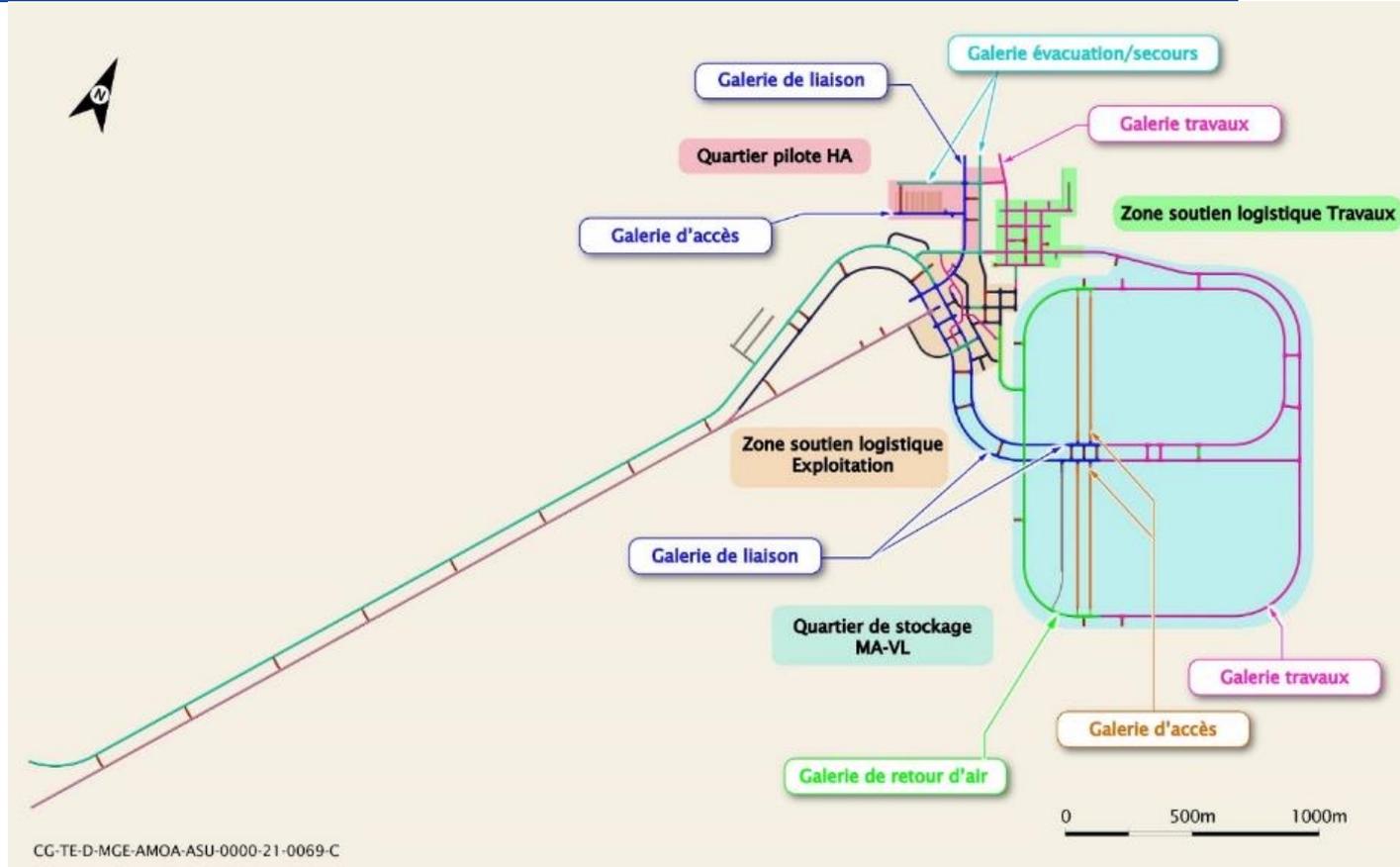
Schéma de principe à terminaison du quartier MA-VL



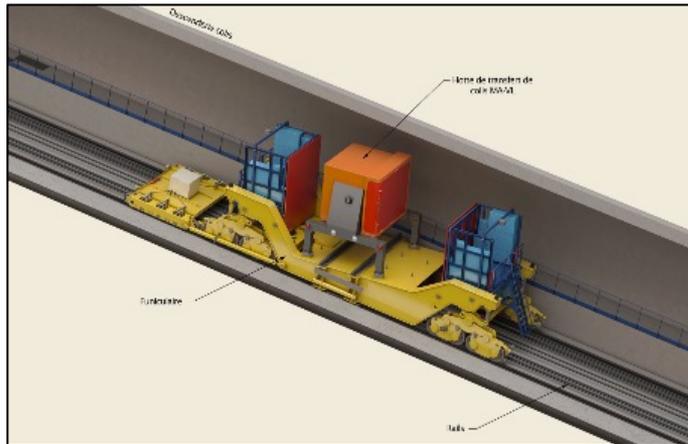
Schéma de principe au début de la construction du quartier HA1/2



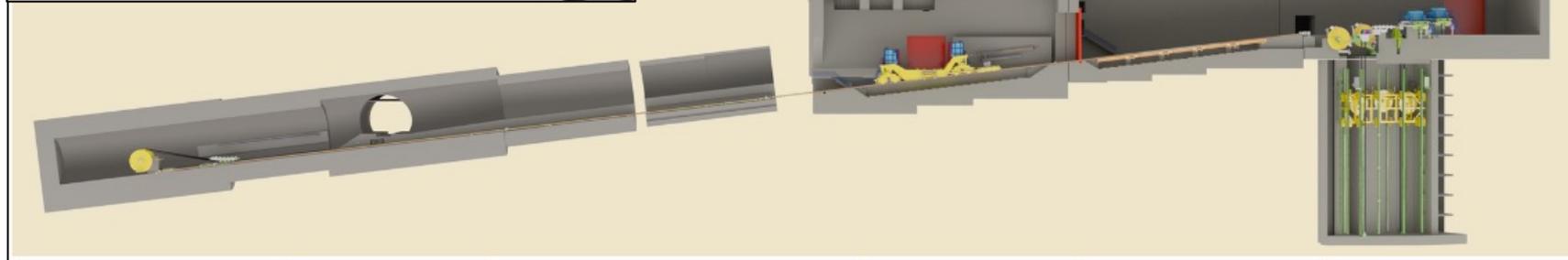
La première tranche



Liaison surface-fond



- 2 tunnels inclinés parallèles (descenderie colis et descenderie de service)
- environ 4 km de long
- pente de 12 %



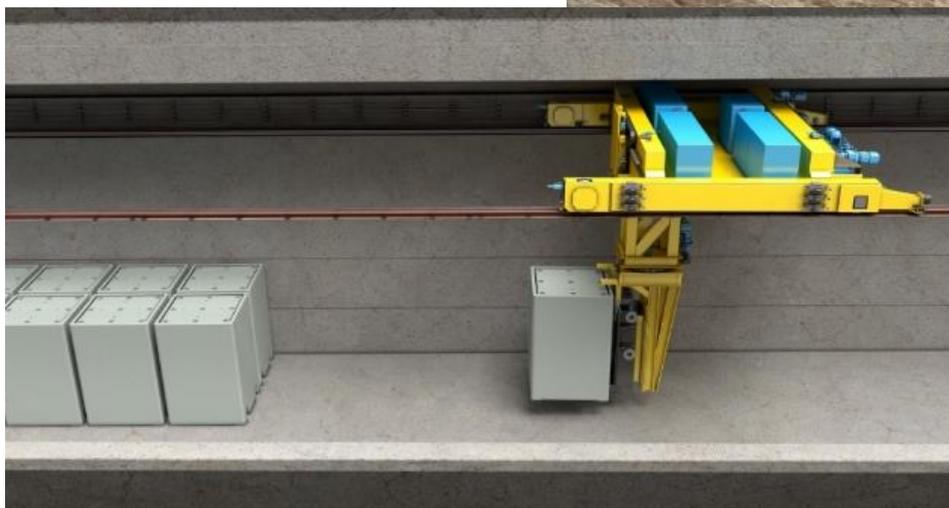
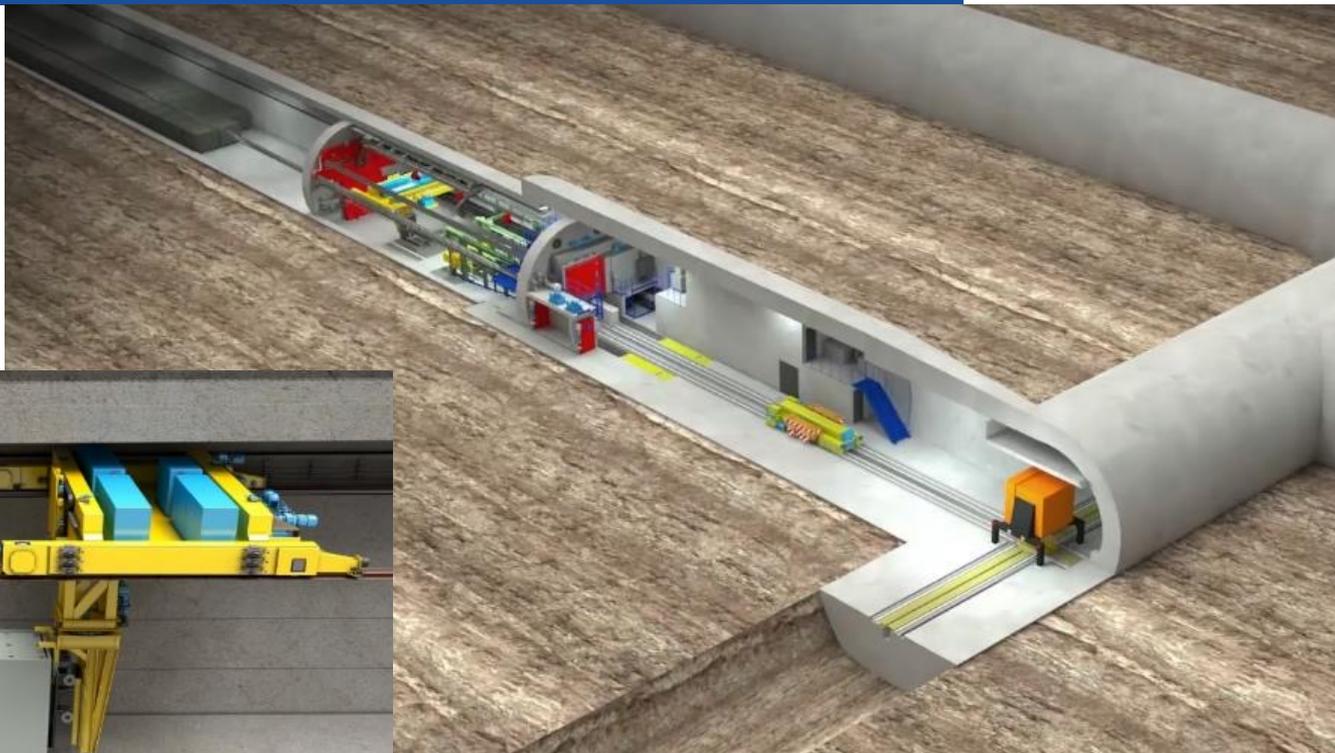
Zone de Renvoi	Gare Basse	Section Descenderie Colis Courante	Gare Haute	Zone de Maintenance	Local Machinerie
----------------	------------	------------------------------------	------------	---------------------	------------------

Stockage MA-VL

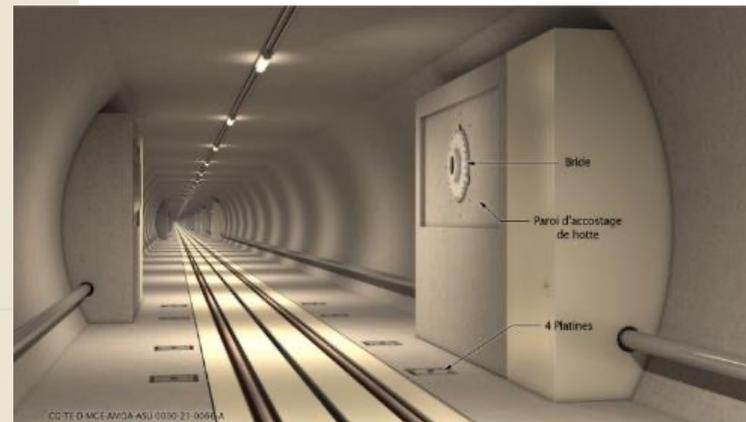
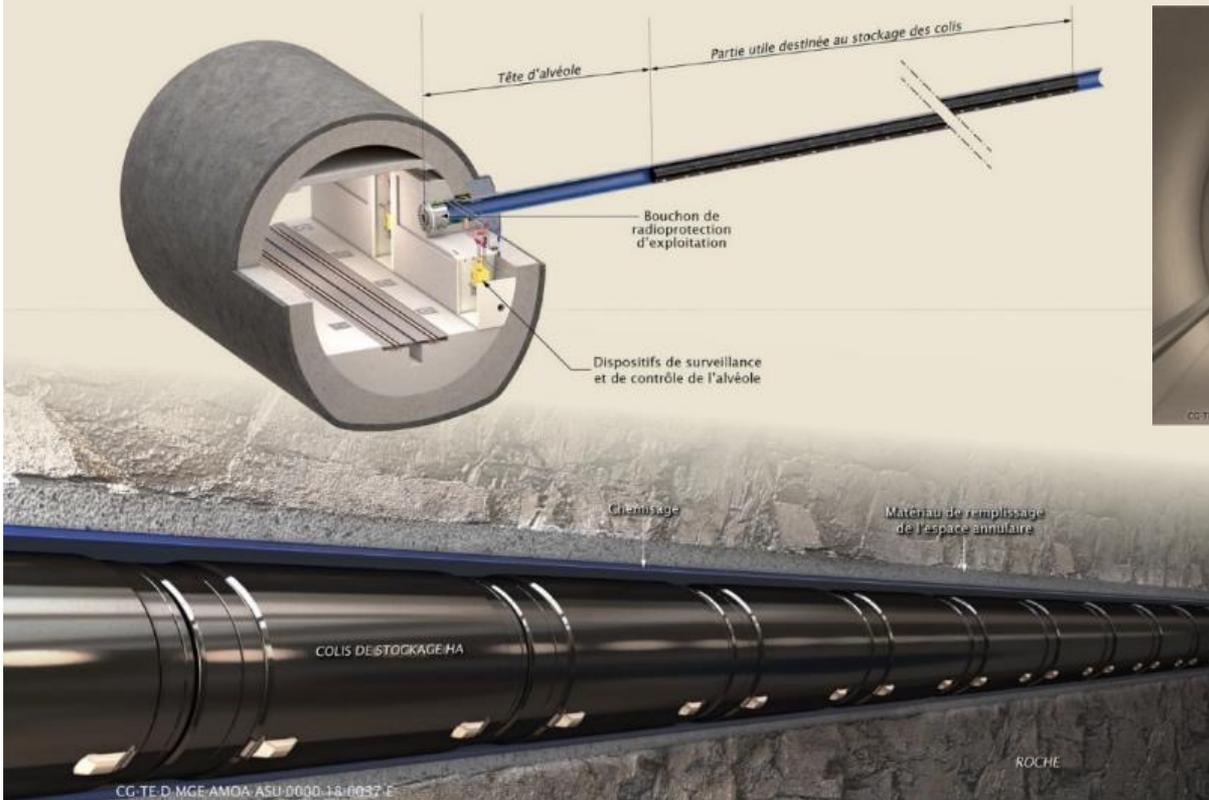


→ Zone conçue pour environ
167 000 colis primaires

→ Une vingtaine d'alvéoles
de plusieurs centaines de
mètres (jusqu'à 500 m)



Stockage HA



→ Zone conçue pour environ 56 000 colis primaires

→ Un millier d'alvéoles, de 80 m dans le quartier pilote HAO et de 150 m dans le quartier HA



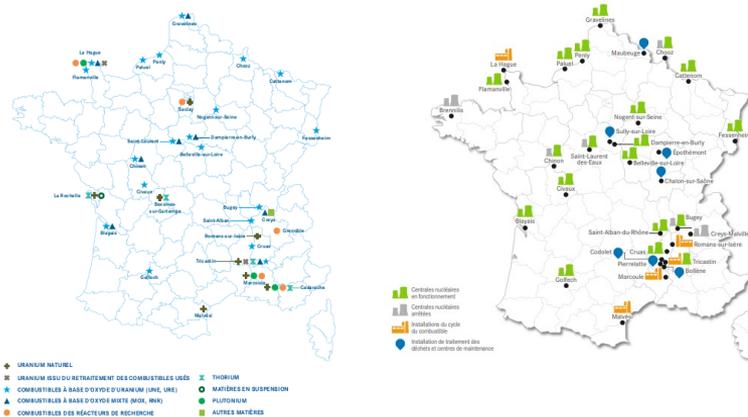
L'INVENTAIRE NATIONAL

L'inventaire national



L'Andra fournit chaque année une **vision complète des quantités de matières et déchets radioactifs.**

Tous les 5 ans, elle fournit également des **estimations prospectives des quantités de matières et déchets selon plusieurs scénarios concernant le devenir des installations nucléaires et la politique énergétique de la France à long terme. Cet exercice doit permettre d'éclairer l'impact des décisions de politique énergétique sur la gestion des déchets**



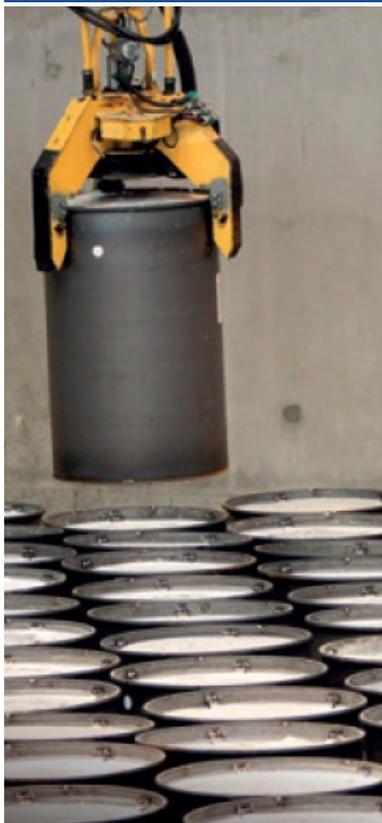
Les déchets déjà stockés ou destinés à être pris en charge

Source : Les Essentiels de l'Inventaire national 2023

► BILAN ET ÉVOLUTION DES VOLUMES (m³) DE DÉCHETS DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA

Catégorie	Stock à fin 2021	Évolution 2021/2020
HA	4 320	+130
MA-VL	39 500	-3 400
FA-VL	103 000	+9 200
FMA-VC	981 000	+10 000
TFA	633 000	+47 000
DSF	304	+9
Total	~ 1 760 000	+60 000

Les stocks publiés sont des valeurs arrondies. Les évolutions sont calculées sur la base des valeurs de stocks arrondies.



Les inventaires prospectifs de l'Inventaire national 2018

Prochaine mise à jour disponible en décembre 2023

	SR1	SR2 ¹	SR3	SNR	
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite (durée totale de fonctionnement entre 50 et 60 ans)	Poursuite (durée totale de fonctionnement de 50 ans)	Poursuite (durée totale de fonctionnement entre 50 et 60 ans)	Arrêt au bout de 40 ans (sauf EPR™ au bout de 60 ans)	
Type de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR	/	
Retraitement des combustibles usés	Tous : UNE, URE, MOX et RNR	Tous : UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE	
Requalification des combustibles usés et de l'uranium en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et uranium appauvri	Tous combustibles usés, uranium appauvri et URT	
HA	Combustibles usés à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	-	-	3 700 tML	25 000 tML
	Combustibles usés à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	-	-	5 400 tML	3 300 tML
	Déchets vitrifiés	12 000 m ³	10 000 m ³	9 400 m ³	4 200 m ³
MA-VL		72 000 m ³	72 000 m ³	70 000 m ³	61 000 m ³
	Déchets ^{2,3}	190 000 m ³	190 000 m ³	190 000 m ³	190 000 m ³
FA-VL	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	-	-	470 000 tML	400 000 tML
	Uranium issu du retraitement des combustibles usés sous toutes ses formes physico-chimiques	-	-	-	34 000 tML
FMA-VC		2 000 000 m ³	1 900 000 m ³	2 000 000 m ³	1 800 000 m ³
TFA ⁴		2 300 000 m ³	2 200 000 m ³	2 300 000 m ³	2 100 000 m ³

Inventaires prospectifs et politique énergétique : Applications dans l'Inventaire national 2023 – à paraître

L'édition 2023 de l'Inventaire national décliné différents scénarios reposant sur :

- la PPE en vigueur (*élaborée en 2019*)
- des évolutions contrastées de politique énergétiques issus de scénarios du PNGMDR
- Les évaluations pour les installations autorisées au 31/12/2021



Pour l'édition 2023, la vision prospective sera complétée par des éclairages concernant des orientations actuelles de la politique énergétique:

- Les déchets issus de l'exploitation et le démantèlement de 6 EPR2
- La poursuite d'exploitation des réacteurs (*pour tenir compte notamment de l'absence d'arrêt de 12 réacteurs par rapport à la PPE*)

Rapport

TRAVAUX RELATIFS AU NOUVEAU NUCLÉAIRE

PPE 2019-2028

Février 2022

LES ENJEUX LIÉS AUX PROJETS DE NOUVEAUX RÉACTEURS EPR2

Les déchets radioactifs issus de l'exploitation et du démantèlement de 6 EPR



Pour éclairer la décision publique, Le ministère de la transition écologique a sollicité l'Andra pour étudier les solutions de gestion des déchets dans l'éventualité de la construction de 6 EPR.

Si la création de ces nouvelles installations nucléaires était décidée, les impacts sur les besoins en stockage seraient alors précisés dans le cadre des processus démocratiques et réglementaires requis.

Rappel du cadre d'étude pour les déchets du programme Nouveau nucléaire

Données d'entrée de la part d'EDF : déploiement progressif de 6 EPR2

- par paires espacées de 4 ans (horizons 2035, 2039 et 2043)
- fonctionnement pendant 60 ans puis démantèlement

3 stratégies de recyclage du combustible utilisé :

- **Multirecyclage** : retraitement de la totalité des CU pour valorisation de toutes les matières
- **Monorecyclage** : retraitement des CU UNE et URE pour valorisation de l'URT et du Pu
- **Arrêt du recyclage** : qui intervient à l'arrêt des dernières tranches moxées 900 et 1300 MWe du parc actuel et sans retraitement des CU des 6 EPR2

2 parcs considérés dans les évaluations des inventaires de déchets produits :

- **Le parc actuel « vision 2021, PPE prise en compte »** : les inventaires de déchets sont réévalués par rapport à ceux de l'édition 2018 de l'Inventaire National
- **Le parc actuel « vision 2021 PPE prise en compte » + 6 EPR2**

Rappel du cadre d'étude pour les déchets du programme Nouveau nucléaire

Etude préliminaire de l'Andra destinée à examiner si des éléments rédhibitoires sont identifiés vis-à-vis du stockage des déchets résultant de l'exploitation et du démantèlement de 6 EPR2 :

- caractérisation et volumes prévisionnels des déchets en exploitation et en démantèlement
- compatibilité avec les installations de gestion de déchets existantes ou en projet
- chroniques de production des déchets
- éventuelles adaptations de l'architecture ou du développement du stockage (dont opérations de maintenance et de jouvence)
- ...

-> En cas de décision de construction des EPR2, des études approfondies seront réalisées pour constituer les dossiers réglementaires nécessaires.

Les déchets radioactifs issus de l'exploitation et du démantèlement de 6 EPR



- Des **caractéristiques radiologiques et physico-chimiques considérées à l'identique** de celles déchets actuellement produits
- **Décalage de quelques mois** du besoin de renouvellement des capacités de stockage



Avec poursuite du retraitement :

- Des **caractéristiques radiologiques et physico-chimiques considérées à l'identique** de celles déchets actuellement produits
- selon les stratégies de retraitement augmentation de l'inventaire :
 - **entre 10 et 20%** pour les déchets HA
 - **au maximum de 5%** pour les déchets MAVL
- Impact sur la durée de vie de l'installation et l'emprise de la zone de stockage

Avec arrêt du retraitement :

- Combustibles usés : **activité totale et une puissance thermique restant dans les mêmes ordres de grandeur** que celles prises en compte dans les études d'adaptabilité

Premiers échanges sur les déchets des SMR/AMR

Autre axe de la PPE 2019-2028 :

- Engager la réalisation d'études d'avant-projet permettant notamment de mieux évaluer le potentiel des technologies SMR/AMR.
- Lancement par l'Etat de l'appel à projets France 2030 « réacteurs nucléaires innovants »

- **A ce jour, perspectives de déploiement des projets de réacteurs insuffisamment précises pour réaliser un exercice prospectif des natures et volumes de déchets à produire.**

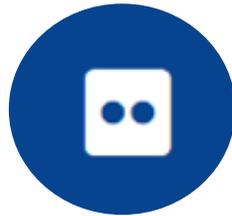
→ Ces éléments seront intégrés dans les éditions suivantes de l'Inventaire national, selon le niveau de développement des réacteurs.

- **Une démarche pro-active de l'Andra pour inciter les porteurs de projets à identifier la nature, la catégorie et la volumétrie des déchets radioactifs qui seraient produits, et ce, dès les phases initiales des projets**

→ À l'instar des études à réaliser dans le cadre du programme NNF, études dédiées nécessaires pour identifier les filières de gestion des déchets radioactifs dès le stade des dossiers de demande d'autorisation de création

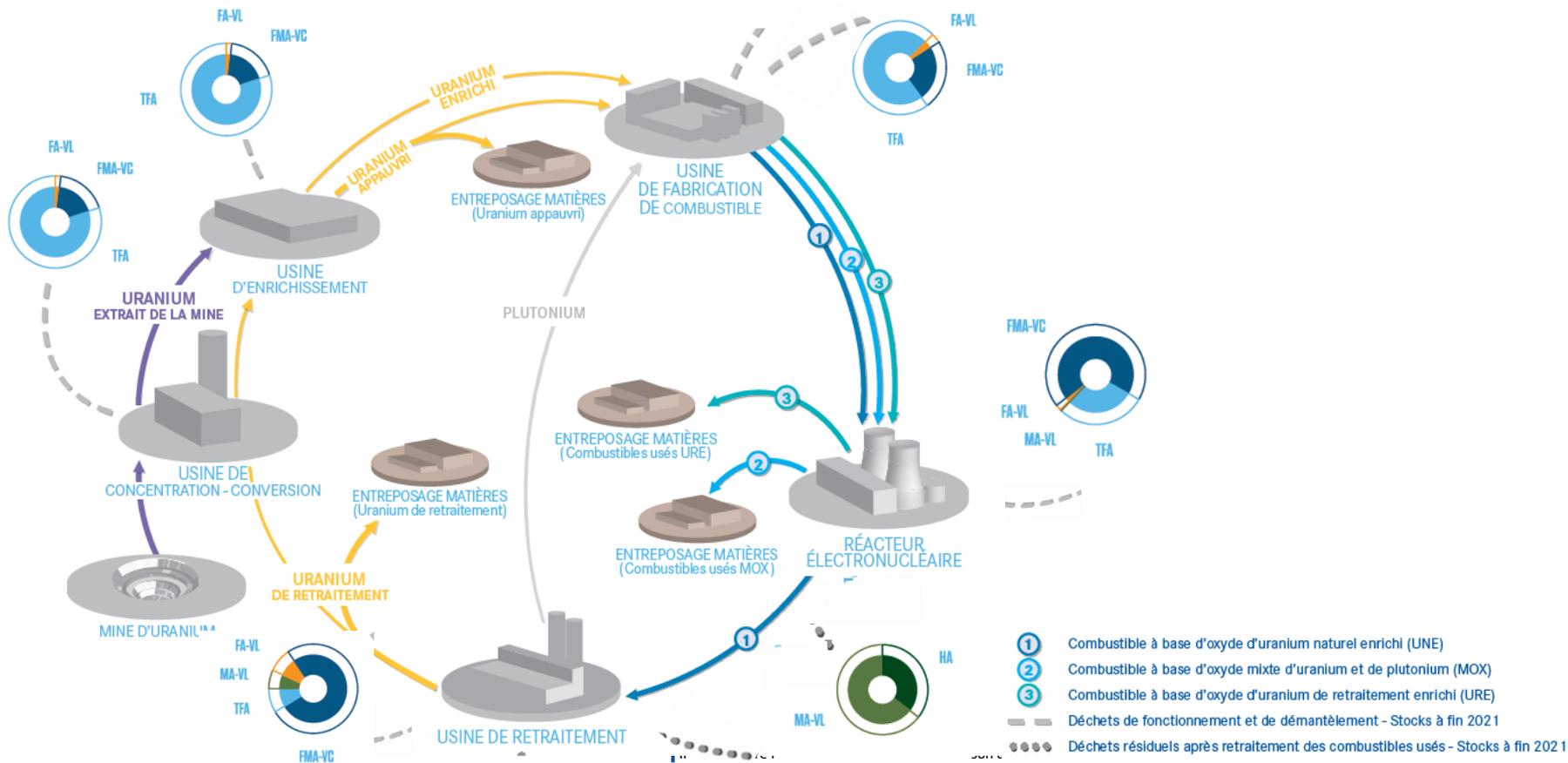
Merci pour votre attention

Pour en savoir plus : www.andra.fr



Annexes

Les déchets radioactifs du parc électronucléaire



Le PNGMDR



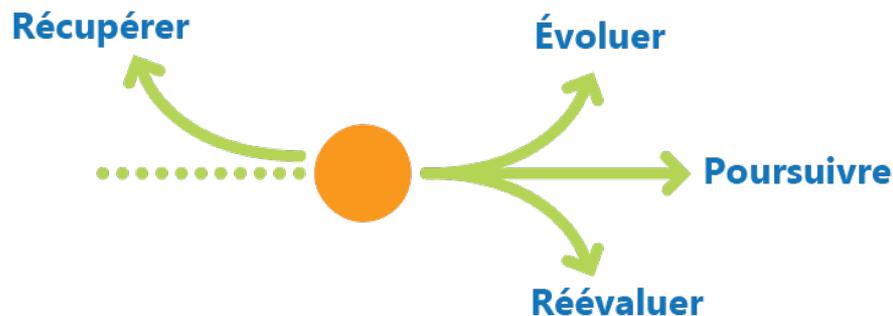
Les orientations en matière de gestion des matières et déchets radioactifs sont fixées en lien avec les parties prenantes par le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

Le PNGMDR actuel (2022-2026) prévoit ainsi par exemple

- De poursuivre la mise en œuvre de l'option de gestion de stockage en couche géologique profonde, avec le déploiement du projet Cigéo
- De construire des schémas de gestion des déchets TFA et FAVL en intégrant à cette démarche une logique d'analyse multi-critères multi-acteurs
- D'élaborer des plans de gestion des matières et déchets radioactif afin de créer un mécanisme d'engagement des propriétaires de ces matières sur les conditions de leur valorisation
- De définir les principales options techniques et de sûreté d'un centre de stockage à faible profondeur pour les déchets FAVL
- D'élaborer des stratégies d'entreposage des CU permettant de couvrir les différentes évolutions de la politique énergétiques
- De définir les modalités de recyclage et de valorisation des matériaux métalliques TFA

La réversibilité : un enjeu de gouvernance

- **Début 2016** : diffusion par l'Andra d'une contribution sur la réversibilité du stockage
- **25 juillet 2016** : publication au Journal Officiel de la loi sur la réversibilité
- **Principe : ne pas enfermer les générations futures dans les choix que nous ferions à la conception** : « La réversibilité du stockage est la capacité à offrir à la génération suivante des choix sur la gestion à long terme des déchets radioactifs, y compris le choix de revenir sur les décisions prises par la génération antérieure. »



Les outils de la réversibilité

La mise en pratique du principe de réversibilité s'appuie sur des outils de gouvernance et sur des outils techniques de conduite du projet :

- | Amélioration continue des connaissances
- | Développement incrémental et progressivité de la construction
- | Flexibilité de l'exploitation
- | Adaptabilité des installations (stockage des combustibles et déchets en réserves)
- | Récupérabilité
- | Transparence et transmission des informations et des connaissances
- | Participation de la société, évaluation et supervision par le Parlement
- | Contrôle par l'Autorité de sûreté nucléaire