

ETUDES ET RECHERCHES SUR L'ENTREPOSAGE

GT PNGMDR - 9 juillet 2018



Historique des études sur l'entreposage

Les recherches sur l'entreposage de longue durée menées par le CEA dans le cadre de la loi de 1991

Les études d'entreposage de longue durée

Objectif :

- évaluer la faisabilité d'une durée de fonctionnement des entreposages au-delà de la centaine d'années (jusqu'à 300 ans),
- simplifier leur surveillance et leur maintenance,
 - afin de réduire la charge sur le long terme de la gestion de ces déchets.

Contenu des études :

- Etude de concepts d'installations d'entreposage, en surface ou subsurface, indépendamment du choix d'un site,
- Approfondissement de 6 concepts d'entrepôts (HA, MA-VL et CU).

Conclusion du CEA :

- Aujourd'hui, au plan technique, on saurait construire des installations, en surface ou en subsurface, conçues dès le départ pour des durées longues (jusqu'à 300 ans). Néanmoins, même si ces concepts d'installations présentent une robustesse particulière aux aléas externes, techniques ou sociétaux, la surveillance et le contrôle de telles installations doivent être maintenus pendant toute la durée de leur vie pour garantir la reprise des colis.

L'évaluation des études d'ELD

Evaluation de la CNE :

- La possibilité de prolonger, au-delà d'un maximum de 100 ans, la période d'exploitation d'un entreposage n'est pas démontrée,
- Entreposer des déchets sur plusieurs siècles imposerait donc un renouvellement périodique des installations, faisant peser une lourde charge sur les générations futures.

Avis de l'ASN :

- *« L'entreposage de longue durée ne peut pas constituer une solution définitive pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue »* car il *« suppose le maintien d'un contrôle de la part de la société et leur reprise par les générations futures, ce qui semble difficile à garantir sur des périodes de plusieurs centaines d'années »*.



Historique des études sur l'entreposage

La nouvelle orientation donnée par la loi de 2006

La loi de 2006

- retient comme l'option de référence pour la gestion à long terme des déchets HA et MA-VL le stockage réversible en formation géologique profonde afin de minimiser la charge aux générations futures :
- considère que l'entreposage de longue durée, parce qu'il impose des contraintes de surveillance et de maintenance aux générations futures, n'apporte pas les garanties d'une solution robuste de confinement des déchets ultimes sans besoin d'une intervention humaine,
- en conséquence, réoriente les études sur l'entreposage vers des études appliquées visant :
 - à accompagner l'extension d'installations existantes,
 - à définir de nouveaux concepts installations, en complémentarité avec le stockage.



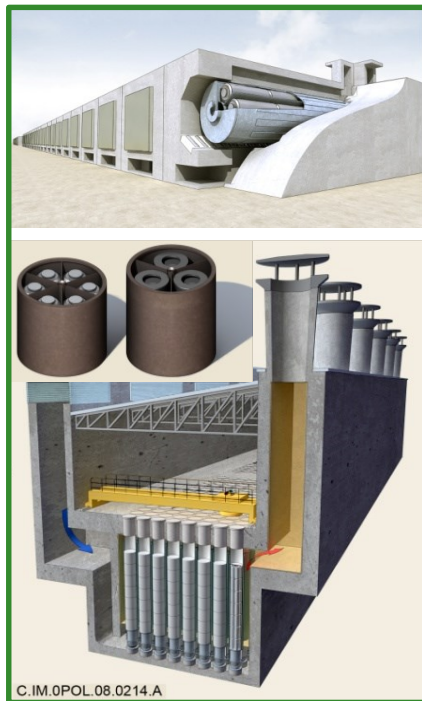
Les études 2007-2012 sur des options techniques de conception d'entreposage pour les colis HA et MA-VL

Les études exploratoires de 2007 à 2009

La première phase (2007-2008)

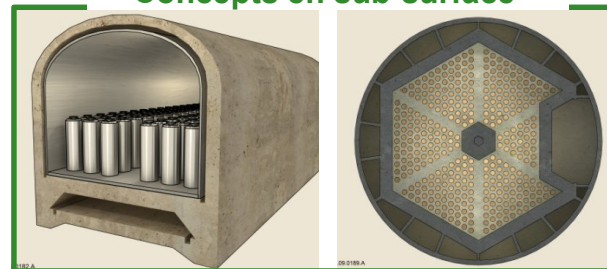
- Recherche d'options techniques répondant aux objectifs de complémentarité avec le stockage, notamment pour conforter la durabilité et la robustesse d'installations d'entreposage adaptées pour fonctionner environ un siècle.
- Travail exploratoire pour :
 - évaluer les possibilités techniques en matière de complémentarité entreposage-stockage,
 - proposer des évolutions dans la conception des entrepôts,
 - apporter des éléments de comparaison au regard des performances recherchées, notamment la complémentarité entre l'entreposage et le stockage.
- Sélection d'options de conception contrastées pour approfondissement dans la phase suivante :
 - cinq concepts HA, 3 en surface, 2 à faible profondeur,
 - trois concepts MA-VL, 2 en surface, 1 à faible profondeur.

Les options de conception innovantes



Déchets HA

Concepts en sub-surface



Déchets MAVL



La deuxième phase (2008-2009)

- Etudes d'esquisse des huit concepts retenus,
- Analyse multicritère afin de dégager des orientations pour la suite des études et recherches :
 - ⇒ Sélection, essentiellement basée sur la complémentarité entreposage-stockage, de quatre concepts en surface (3 pour les déchets HA, 1 pour les déchets MA-VL),
 - ⇒ Proposition d'études autour de ces quatre concepts :
 - Renforcement de la durabilité des entrepôts industriels jusqu'à une centaine d'années ;
 - Conception d'entrepôts plus polyvalents (diversité des colis primaires, possibilité d'entreposer des colis primaires et de stockage) ;
 - Modularité des futurs entrepôts.





Les études 2007-2012 sur des options techniques de conception d'entreposage pour les colis HA et MA-VL

Les études approfondies de 2010 à 2012

Les études 2010 - 2012

- Approfondissement des études des quatre concepts novateurs d'entreposage retenus à l'issue de la phase exploratoire dans l'objectif de :
 - augmenter la puissance thermique admissible des colis de déchets HA,
 - optimiser les processus de manutention,
 - améliorer l'articulation avec le transport.
- Poursuite des recherches sur le comportement des matériaux en entreposage pendant des durées séculaires.

Remise en 2012 du rapport faisant le bilan des études et recherches menées depuis 2007 sur l'entreposage, en complémentarité avec le stockage.





L'analyse multicritère des options techniques de conception d'entreposage

Les principes de l'analyse

Les exigences

Analyse de la complémentarité entre l'entreposage et le stockage réversible :

- Durée de vie et robustesse des installations augmentées (une durée d'exploitation jusqu'à une centaine d'années a été considérée) ;
- Capacité à accueillir simultanément ou successivement une plus grande diversité de colis de déchets, y compris sous la forme de colis de stockage :
 - puissance thermique,
 - dimensions,
 - masse,
 - débit de dose au contact,
 - géométrie des organes de préhension...
- Renforcement de la surveillance des installations et des colis de déchets entreposés tout en conservant un niveau de sûreté au moins équivalent à celui des installations existantes.

Les critères détaillés

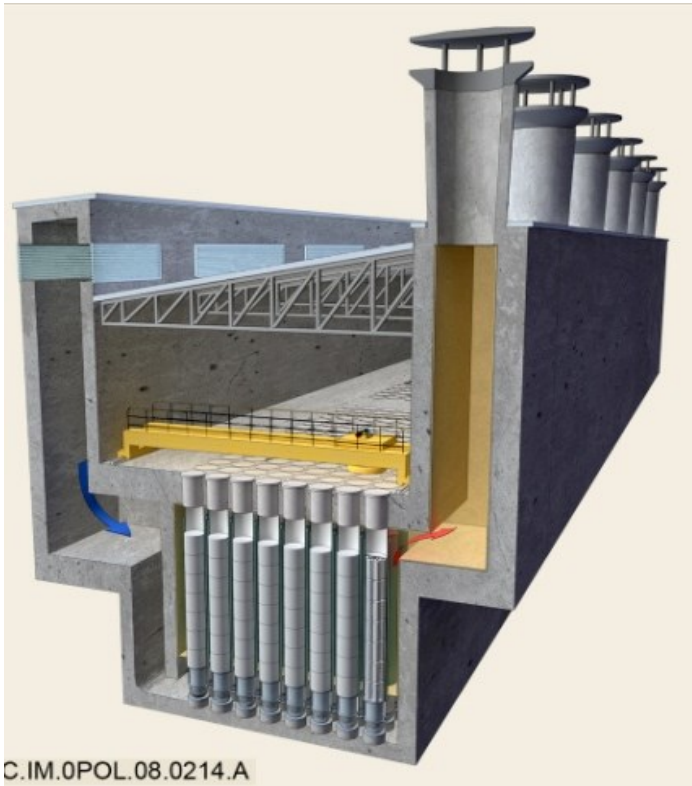
- Robustesse des systèmes, structures et composants assurant les fonctions de sûreté suivantes :
 - radioprotection,
 - prévention des risques internes,
 - défense contre les agressions externes.
- Accessibilité aux colis pour :
 - les examiner en place,
 - les prélever dans le cadre de la surveillance ;
- Polyvalence vis-à-vis des caractéristiques :
 - dimensionnelles,
 - thermiques,
 - radioactives.
- Aptitude à la durabilité :
 - régulation des conditions atmosphériques,
 - facilité de surveillance
 - facilité de maintenance de l'installation ;
- Modularité :
 - adaptabilité des options aux besoins en capacité,
 - possibilité d'une création par tranches successives.



L'analyse multicritère des options techniques de conception d'entreposage

Les concepts soumis à l'analyse multicritère

Les concepts de surface pour déchets HA



C.IM.0POL.08.0214.A

DISEF/DIR/18-0095

Concept C1 :

- entreposage en surface,
- regroupement des colis dans des casiers pouvant contenir ou 6 colis primaires ou trois colis de stockage, empilés dans des puits,
- refroidissement assuré par ventilation naturelle.

Concept C2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires ou de stockage posés verticalement sur une sole disposée sur les dalles d'un bâtiment multi étage,
- ventilation mécanique.

Concept C3 :

- entreposage en surface,
- colis regroupés dans des canisters d'entreposage fermés assurant le confinement et la protection des colis, posés horizontalement dans des casemates en béton,
- refroidissement assuré par une ventilation naturelle.

Les concepts de surface pour déchets HA

Concept C1 :

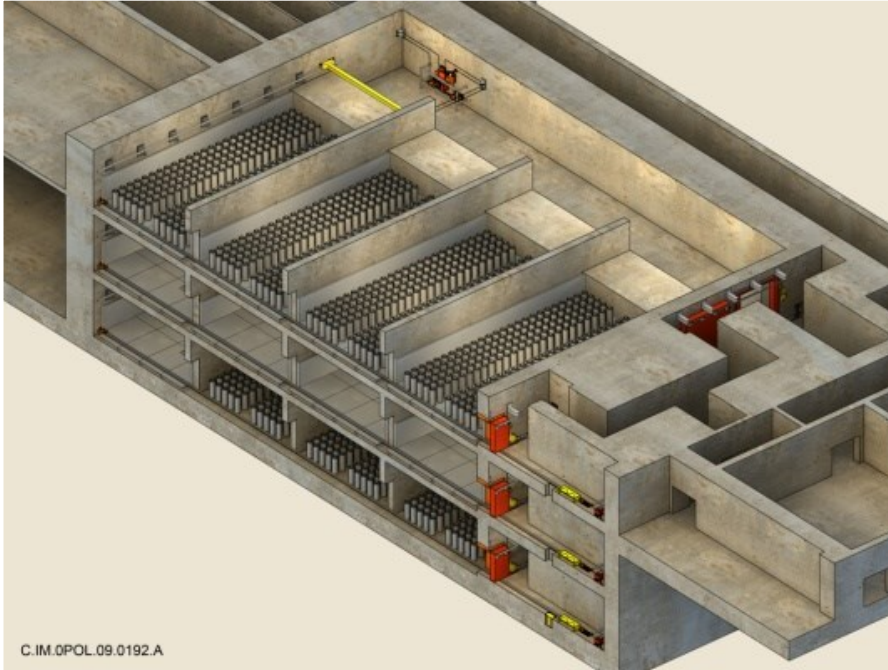
- entreposage en surface,
- regroupement des colis dans des casiers pouvant contenir ou 6 colis primaires ou trois colis de stockage, empilés dans des puits,
- refroidissement assuré par ventilation naturelle.

Concept C2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires ou de stockage posés verticalement sur une sole disposée sur les dalles d'un bâtiment multi étage,
- ventilation mécanique.

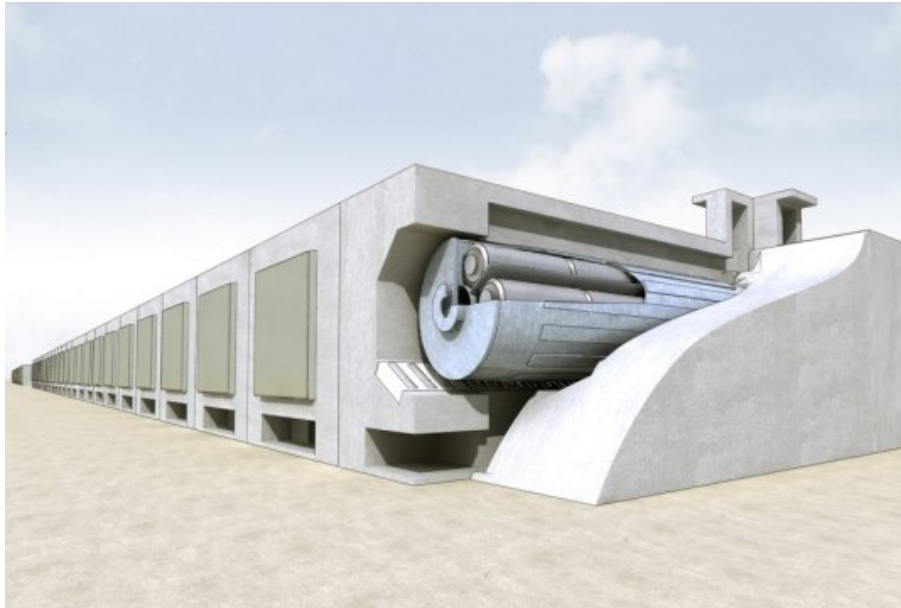
Concept C3 :

- entreposage en surface,
- colis regroupés dans des canisters d'entreposage fermés assurant le confinement et la protection des colis, posés horizontalement dans des casemates en béton,
- refroidissement assuré par une ventilation naturelle.



C.IM.OPOL.09.0192.A

Les concepts de surface pour déchets HA



Concept C1 :

- entreposage en surface,
- regroupement des colis dans des casiers pouvant contenir ou 6 colis primaires ou trois colis de stockage, empilés dans des puits,
- refroidissement assuré par ventilation naturelle.

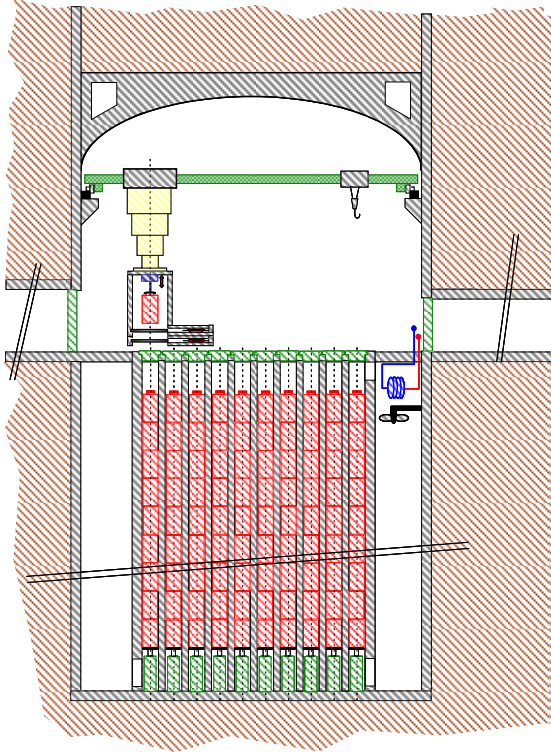
Concept C2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires ou de stockage posés verticalement sur une sole disposée sur les dalles d'un bâtiment multi étage,
- ventilation mécanique.

Concept C3 :

- entreposage en surface,
- colis regroupés dans des canisters d'entreposage fermés assurant le confinement et la protection des colis, posés horizontalement dans des casemates en béton,
- refroidissement assuré par une ventilation naturelle.

Les concepts à faible profondeur pour déchets HA



Concept H5 :

- entreposage à faible profondeur en silo cylindrique, réalisé par paroi moulées et excavation depuis la surface,
- colis primaires ou de stockage empilés verticalement dans les puits ouverts,
- refroidissement assuré par une ventilation mécanique,
- colis descendus au niveau d'entreposage par chariot et hotte dans une descenderie, puis repris par un pont polaire muni d'une hotte qui les amène au droit des puits dans lesquels ils sont descendus.

Concept H15 :

- entreposage à faible profondeur en galerie réalisée en souterrain par machine à attaque ponctuelle,
- colis primaires ou de stockage posés verticalement sur des soles placées sur les planchers des galeries,
- refroidissement assuré par une ventilation mécanique,
- colis descendus au niveau d'entreposage par un puits de petit diamètre ajusté à celui des colis puis translattés dans les galeries par chariot suspendu au toit des galeries.

Les concepts à faible profondeur pour déchets HA

Concept H5 :

- entreposage à faible profondeur en silo cylindrique, réalisé par paroi moulées et excavation depuis la surface,
- colis primaires ou de stockage empilés verticalement dans les puits ouverts,
- refroidissement assuré par une ventilation mécanique,
- colis descendus au niveau d'entreposage par chariot et hotte dans une descenderie, puis repris par un pont polaire muni d'une hotte qui les amène au droit des puits dans lesquels ils sont descendus.



Concept H15 :

- entreposage à faible profondeur en galerie réalisée en souterrain par machine à attaque ponctuelle,
- colis primaires ou de stockage posés verticalement sur des soles placées sur les planchers des galeries,
- refroidissement assuré par une ventilation mécanique,
- colis descendus au niveau d'entreposage par un puits de petit diamètre ajusté à celui des colis puis translattés dans les galeries par chariot suspendu au toit des galeries.

Les concepts pour déchets MA-VL



Concept P4 :

- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage placés dans des rayonnages courts, disposés sur plusieurs étages dans des casemates en béton,
- manutention assurée par chariot automoteur relayé par un transstockeur.

Concept S2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage pré-empilés verticalement et placés en longue file sur longrines amovibles,
- manutention est assurée par navette mère automotrice, dotée d'une navette fille de faible hauteur guidée par rails entre les longrines.

Concept M1 :

- entreposage à faible profondeur en galeries-cavernes souterraines,
- colis primaires regroupés en casiers ou de colis de stockage, empilés sur plusieurs niveaux,
- amenée des colis au niveau d'entreposage par descenderie à l'aide d'un chariot.

Les concepts pour déchets MA-VL

Concept P4 :

- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage placés dans des rayonnages courts, disposés sur plusieurs étages dans des casemates en béton,
- manutention assurée par chariot automoteur relayé par un transstockeur.

Concept S2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage pré-empilés verticalement et placés en longue file sur longrines amovibles,
- manutention est assurée par navette mère automotrice, dotée d'une navette fille de faible hauteur guidée par rails entre les longrines.

Concept M1 :

- entreposage à faible profondeur en galeries-cavernes souterraines,
- colis primaires regroupés en casiers ou de colis de stockage, empilés sur plusieurs niveaux,
- amenée des colis au niveau d'entreposage par descenderie à l'aide d'un chariot.



Les concepts pour déchets MA-VL

Concept P4 :

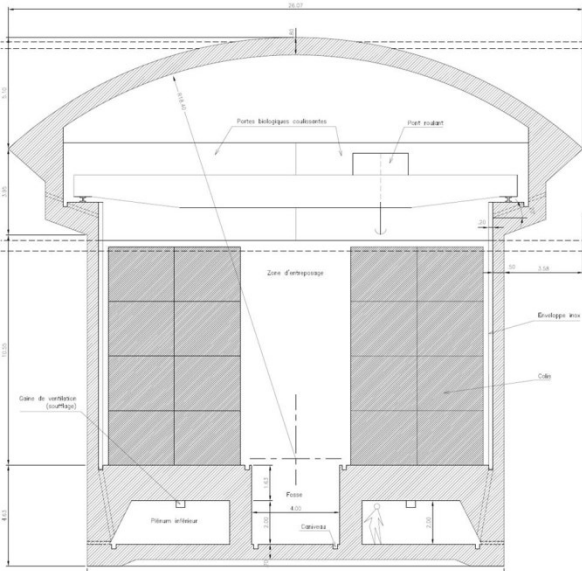
- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage placés dans des rayonnages courts, disposés sur plusieurs étages dans des casemates en béton,
- manutention assurée par chariot automoteur relayé par un transstockeur.

Concept S2 :

- entreposage en surface,
- colis primaires regroupés en casiers ou colis de stockage pré-empilés verticalement et placés en longue file sur longrines amovibles,
- manutention est assurée par navette mère automotrice, dotée d'une navette fille de faible hauteur guidée par rails entre les longrines.

Concept M1 :

- entreposage à faible profondeur en galeries-cavernes souterraines,
- colis primaires regroupés en casiers ou de colis de stockage, empilés sur plusieurs niveaux,
- amenée des colis au niveau d'entreposage par descendrière à l'aide d'un chariot.



DISEF/DIR/18-0095



L'analyse multicritère des options techniques de conception d'entreposage

Les résultats de l'analyse

L'analyse des concepts pour colis HA

	Robustesse des fonctions de sûreté	Accessibilité des colis	Polyvalence	Aptitude à la durabilité	Modularité
C1 - Architecture en puits verticaux avec regroupement des colis	+++	++	++++	+++	+++
C2 - Bâtiment multi étage	++	+++	++	+++	++
C3 - Casemates modulaires en béton sur radier (®NUHOMS)	+++	+	+++	+++	++++
H5 - Entrepôt en puits verticaux construit à ciel ouvert, colis unitaires	+++	+	++	+++	++
H15 - Entrepôt en galeries souterraines	+++	+++	++	++	++

- Les concepts étudiés permettent d'accroître la polyvalence et la modularité ainsi que l'aptitude à la surveillance ;
- Les options à faible profondeur n'apportent pas, en regard des critères de polyvalence, modularité et aptitude à la durabilité privilégiés dans l'analyse, d'avantages par rapport aux options de surface ou semi-enterrées.

L'analyse des concepts pour colis MA-VL

	Robustesse des fonctions de sûreté	Accessibilité des colis	Polyvalence	Aptitude à la durabilité	Modularité
P4 - Entrepôt avec transstockeur en surface	+++	+++	+++	+++	++
S2 - Entrepôt avec longrines et navettes en surface	+++	+	+++	+++	++
M1 - Entrepôt à faible profondeur	+++	+++	+++	+++	++

- Les concepts étudiés permettent d'accroître la polyvalence ;
- L'option à faible profondeur étudiée ne présente pas de caractéristique déterminante qui ne puisse être satisfaite par un concept en surface ou semi-enterré, moyennant quelques adaptations, en évitant la complexité introduite par la faible profondeur.