



La gestion des déchets radioactifs en France

Ingénieurs Arts et Métiers ParisTech
Conférence du Groupe Professionnel Nucléaire (GP12)
16 novembre 2009


Patrick CHARTON (Ch175)
Adjoint du directeur maîtrise des risques
Responsable du développement durable



Sommaire

SOMMAIRE

1. L'Andra
2. Les déchets radioactifs
3. Les missions particulières de l'Andra
4. Le Centre de stockage de la Manche (Digulville - 50)
5. Le Centre de stockage des déchets TFA de Morvilliers (10)
6. Le Centre de stockage des déchets FMA-VC de Soulaines-Dhuys (10)
7. Le projet de centre de stockage FAVL
8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL
9. Le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne

 1. L'Andra

1. L'Andra

Présentation générale

3 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

 1. L'Andra

L'Andra
Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
Établissement public industriel et commercial (EPIC)



- **Indépendante des producteurs de déchets**
- **Placée sous la tutelle des ministères en charge de la recherche, de l'industrie et du développement durable**

4 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

1. L'Andra

Implantations

Centre de stockage de la Manche

Siège

Centre de stockage FMA

Centre de stockage TFA

Centre de Meuse/Haute-Marne

5 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

1. L'Andra

Effectif fin 2008 : 416 personnes

Catégorie	Pourcentage
Ingénieurs et cadres	67%
Employés administratifs	22%
Techniciens	9%
Ouvriers	1%
Agents de maîtrise	1%

6 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

 1. L'Andra






Sa mission

- Trouver
- Mettre en œuvre
- Garantir

} solutions sûres de gestion pour tous les déchets radioactifs français

⇒ protéger les générations présentes et futures de l'impact de ces déchets

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

 1. L'Andra

Une mission déclinée en 6 activités :

1. **Exploiter et surveiller** les centres de stockage
2. **Etudier et concevoir** des centres de stockage pour les déchets en attente de filière adaptée
3. **Collecter** les déchets « non électronucléaires »
4. **Assainir** d'anciens sites pollués par la radioactivité
5. **Répertorier** les matières et déchets radioactifs présents en France
6. **Inform**er tous les publics sur les déchets radioactifs et leur gestion

8 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009



1. L'Andra

Le financement de l'Andra provient :

- Contrats avec les producteurs pour le stockage de leurs déchets
- Taxe dite « de recherche » auprès des installations nucléaires de base
- Subvention de l'État pour ses missions d'intérêt général :
 - Inventaire national
 - collecte d'objets radioactifs
 - assainissement de sites pollués dont le responsable est défaillant

9

DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



1. L'Andra

Les dates clés

- 1969 : Centre de stockage de la Manche (INFRATOME pour CEA)
- 1979 : Création de l'Andra au sein du CEA [*naissance d'un métier*]
- 1991 : Loi du 30/12/1991 dite « Bataille » [*Andra est indépendante*]
- 1992 : Centre de stockage des déchets FMA-VC dans l'Aube
- 1999 : Laboratoire souterrain de recherche de Meuse/Haute-Marne
- 2003 : Centre de stockage des déchets TFA dans l'Aube
- 2006 : Loi du 28/06/2006 [*missions élargies de l'Agence*]
- 2008 : Décret du 16/04 → principes et filières de gestion des déchets

10

DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



2. Les déchets radioactifs

Présentation générale



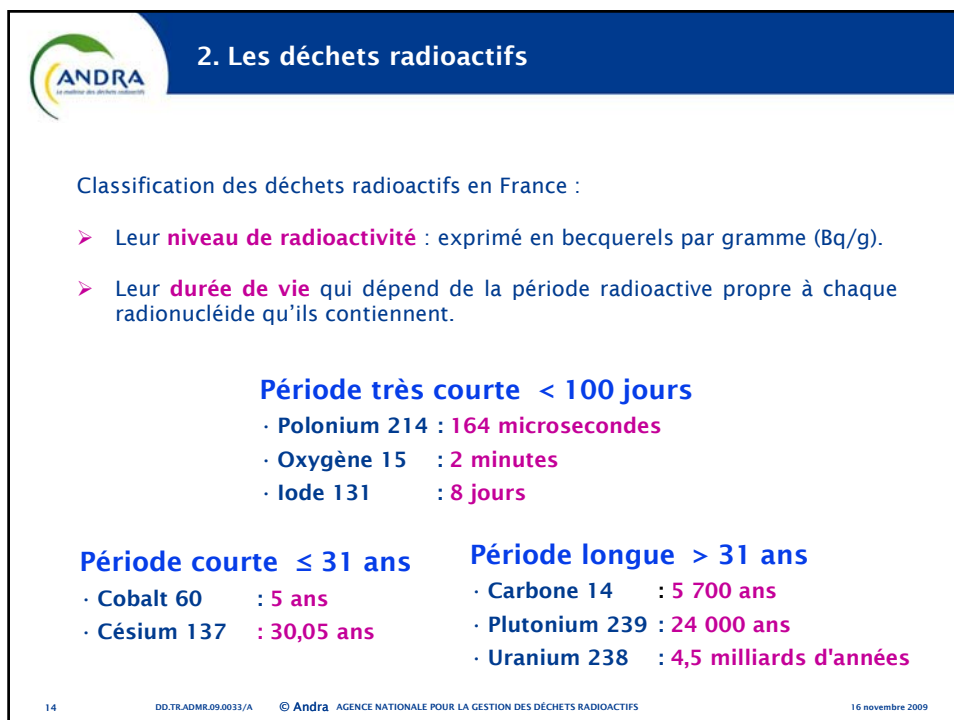
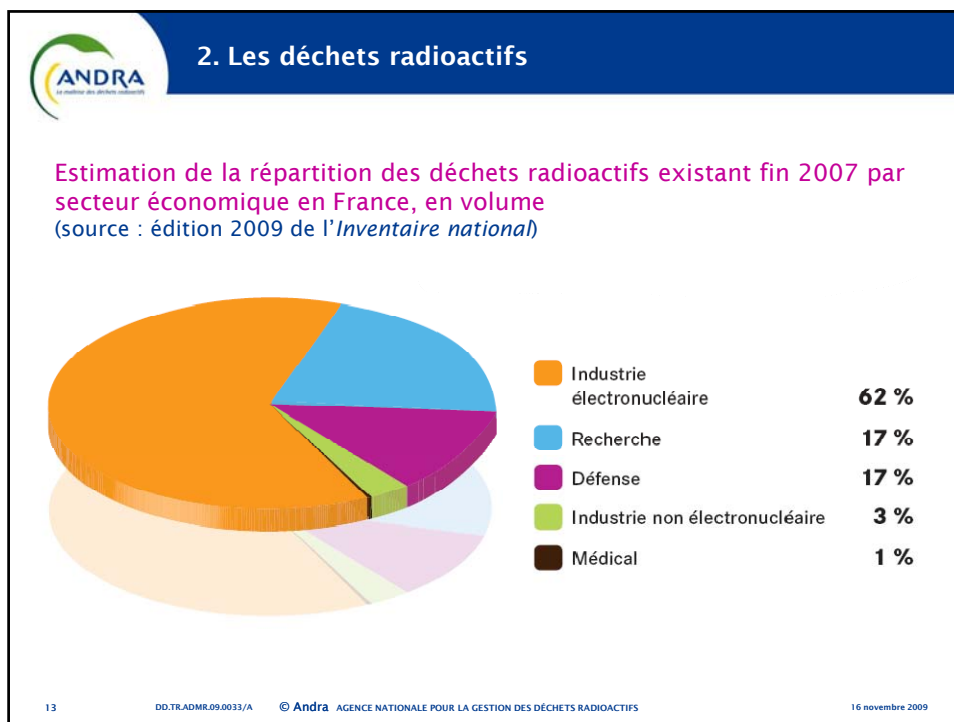
➤ Plus de 1 000 producteurs de déchets


Industrie électronucléaire (EDF, AREVA...), centres de recherche (dont CEA civil et militaire), Défense nationale, industries, universités, hôpitaux, collectivités, particuliers...

qui génèrent annuellement l'équivalent de
près de 2 kilos par an et par habitant

Attention, ne pas confondre :

- Déchets : plus d'utilisation → Andra, stockage définitif
- Matières valorisables → marché des utilisateurs




 **2. Les déchets radioactifs**

La classification des déchets par filière de gestion

C A T É G O R I E S	Période	Très courte durée de vie Demi-vie < 100 jours	Courte durée de vie Demi-vie ≤ 31 ans ⁽¹⁾	Longue durée de vie Demi-vie > 31 ans ⁽¹⁾
	Activité			
Très faible activité			Stockage de surface (Centre de stockage des déchets de très faible activité de l'Aube) Filières de recyclage	
Faible activité		Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis élimination dans les filières conventionnelles.	Stockage de surface (Centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité de l'Aube ⁽²⁾)	Stockage à faible profondeur ⁽³⁾ à l'étude dans le cadre de l'article 4 de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs
Moyenne activité				Stockage profond ⁽⁴⁾ à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs
Haute activité			Stockage profond ⁽⁴⁾ à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs	

De l'ordre de 10 périodes pour revenir dans le bruit de fond naturel, soit au moins 3 siècles pour les FA-VC et jusqu'à 1 million d'années pour certains VL

15 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

 **2. Les déchets radioactifs**

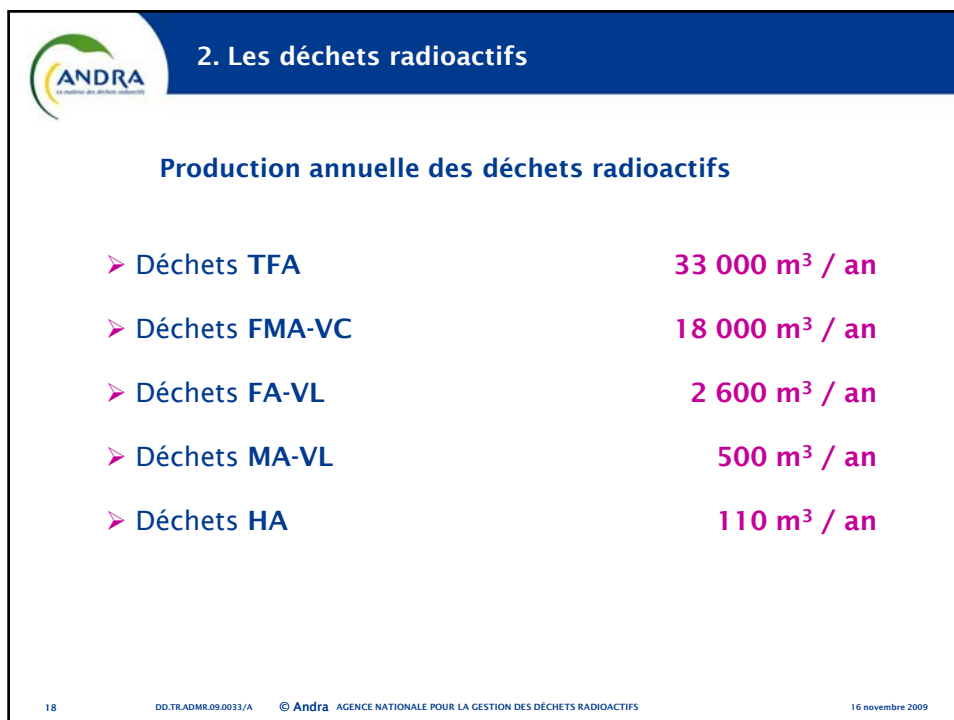
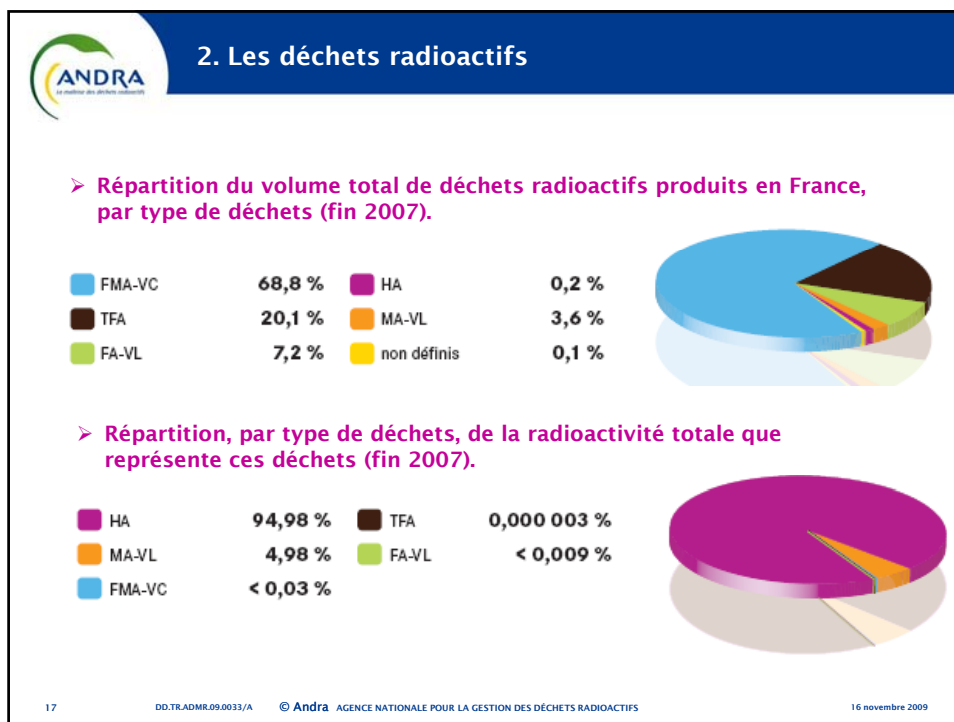
Les stocks de déchets à fin 2007, 2020 et 2030 par filière de gestion

	Volumes existants à fin 2007 stockés ou entreposés	Volumes existants à fin 2020 stockés ou entreposés	Volumes existants à fin 2030 stockés ou entreposés
HA	2 293 dont 74 de combustibles usés	3 679 dont 74 de combustibles usés	5 060 dont 74 de combustibles usés
MA-VL	41 757	46 979	51 009
FA-VL	82 536	114 592	151 876
FMA-VC	792 695	1 009 675	1 174 193
TFA	231 688	629 217	869 311
TOTAL	1 150 969	1 804 142	2 251 449

Attention, ne pas confondre :

- **Entreposage** → mis en lieu sûr pour une durée limitée → Producteurs + Andra
- **Stockage** → mis en lieu sûr pour la durée de nocivité → Andra

16 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009





3. Les missions particulières de l'Andra

3. Les missions particulières de l'Andra

19

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



3. Les missions particulières de l'Andra

Gérer l'histoire

- les déchets immergés



- les résidus de traitement de minerais d'uranium



Mina d'uranium de Bolzano

- les déchets en « stockage historique »



- les sites pollués par de la radioactivité



- les déchets (historiques, actuels et futurs) qui relèvent des stockages de l'Andra existants ou en projet



20

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009

ANDRA
l'agence nationale des déchets radioactifs

3. Les missions particulières de l'Andra



Gérer la mémoire à très long terme des sites

- Mémoire détaillée
- Mémoire de synthèse
- Servitudes



Impression des connaissances principales sur papier permanent


© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

ANDRA
l'agence nationale des déchets radioactifs

3. Les missions particulières de l'Andra

L'Andra publie tous les 3 ans l'Inventaire national (mi-2009) :

- document d'information pour les publics
- donnée d'entrée du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) depuis la loi du 28 juin 2006 (décret du 16 avril 2008)



22 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009



3. Les missions particulières de l'Andra

L'Andra collecte les déchets « non électronucléaires » et les objets radioactifs détenus par les particuliers



23

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



3. Les missions particulières de l'Andra

L'Andra assainit d'anciens sites pollués par la radioactivité

Hors industrie nucléaire,
surtout lié à l'industrie du
radium

Actuellement en France,
plus d'une vingtaine de
ces sites sont en cours ou
en attente
d'assainissement.



24

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



4. Le centre de stockage de la Manche

4. Le centre de stockage de la Manche près de Digulville (50)

25

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



4. Le centre de stockage de la Manche

Le premier centre de stockage en surface



De 1969 à 1994 il reçoit un peu plus de 0,5 Mm³ de déchets

26

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

4. Le centre de stockage de la Manche



Majoritairement des déchets FMA

De 1969 à 1984 la réglementation se met en place

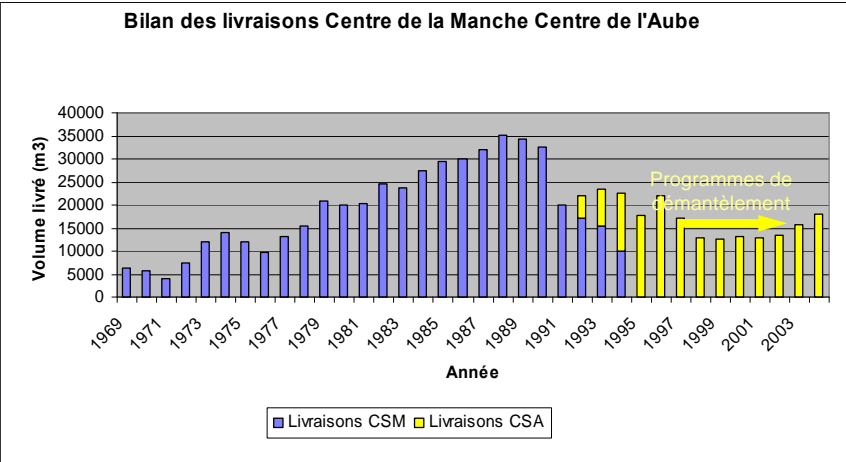


27 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

4. Le centre de stockage de la Manche

Bilan des livraisons Centre de la Manche Centre de l'Aube



Année	Livraisons CSM (m3)	Livraisons CSA (m3)
1969	5000	0
1971	5000	0
1973	10000	0
1975	15000	0
1977	10000	0
1979	15000	0
1981	20000	0
1983	25000	0
1985	25000	0
1987	30000	0
1989	35000	0
1991	35000	0
1993	20000	5000
1995	15000	10000
1997	15000	10000
1999	15000	10000
2001	15000	10000
2003	15000	10000

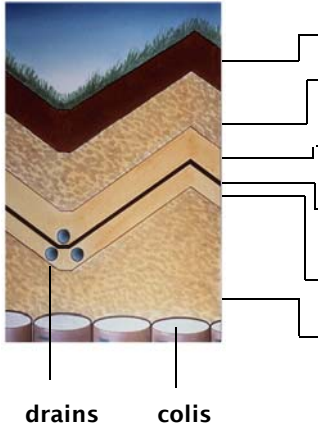
28 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

4. Le centre de stockage de la Manche

1991-1997 : choix, conception et travaux de la couverture multicouches imperméable

Un élément majeur pour garantir le confinement



couche de terre végétale

barrière de matériau brut (schistes, grès)

première couche drainante en sable, avec drains dans les creux des toits

membrane imperméable à base de bitume

seconde couche drainante en sable, avec drains dans les points bas

couche de forme en matériau brut (schistes, grès)

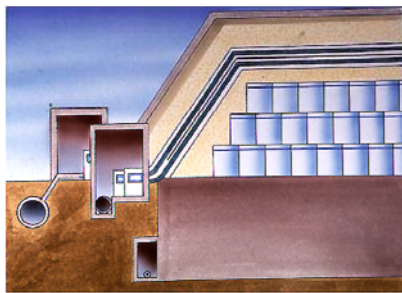
drains colis

Épaisseur de la couverture : 2 à 10 mètres

29 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

4. Le centre de stockage de la Manche



Des couches successives : schistes et grès, sable, membrane de bitume, sable

Un dispositif de récupération des eaux éventuellement infiltrées

Une surveillance du stockage et de la couverture à long terme :

- **contrôle visuel, topographique, hydraulique**
- **contrôle de la radioactivité et de la chimie des eaux collectées**

30 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009



4. Le centre de stockage de la Manche



Mesures régulières
(quotidiennes, mensuelles,
trimestrielles)
sur des échantillons prélevés dans l'air,
l'eau, les boues, le lait...

Mesures contrôlées
par l'Institut de radioprotection et de
sûreté nucléaire (IRSN) et publiées tous
les semestres

**Pendant toute la durée
de la phase de surveillance du site : 3 siècles !**

31

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



4. Le centre de stockage de la Manche

Des prélèvements périodiques sur la couverture



1997
prélèvement sur la
membrane pour des
tests d'étirement et
d'étanchéité



2005
deuxième campagne

2009 (en cours)
troisième campagne

32

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA

5. Le centre de stockage des déchets TFA de l'Aube, près de Morvilliers (10)

33

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA

Le premier centre de stockage de déchets très faiblement radioactifs



1^{er} octobre 2003 : mise en exploitation
 Durée d'exploitation prévue : 30 ans

Capacité : 650 000 m³
 Surface : 45 ha

34

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA



- » bétons, plâtres, ferrailles... issus de l'industrie nucléaire, chimique et métallurgique et des centres de recherche
- » résidus des exploitations minières et des usines de retraitement des minerais (uranium, terres rares)



35

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA

Déchets TFA



Ils sont conditionnés dans des **fûts métalliques** ou des **big-bags**, essentiellement afin de faciliter leur manutention



Déchets TFA en GRVS («big-bag»)



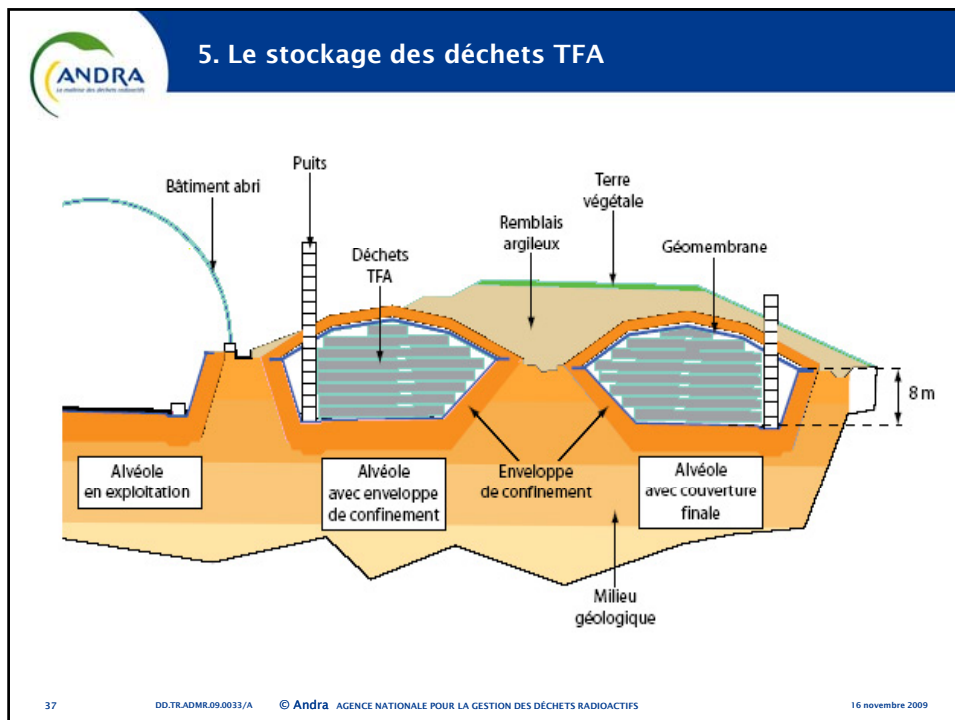
Stockage de déchets TFA

36

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009





5. Le stockage des déchets TFA

Confinement des déchets assuré par deux barrières complémentaires

» Une géo membrane en polyéthylène haute densité et très imperméable

» Une enveloppe de matériaux naturels argileux liée à la géologie du site



39

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA

L'unité de compactage

Deux presses destinées à réduire le volume de certains déchets industriels banals



L'unité de solidification

Les déchets industriels spéciaux sont stabilisés chimiquement et mélangés à un liant hydraulique



40

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



5. Le stockage des déchets TFA

Des contrôles réguliers sur les effluents (gazeux, solides, liquides) et les zones de travail

- » Contrôle de l'eau
- » Contrôle de l'air et de l'impact radiologique du centre
- » Surveillance de la chaîne alimentaire
- » Sécurité du personnel



41

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube, près de Soulaines-Dhuys (10)

42

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Le plus grand centre de stockage de déchets radioactifs au monde



13 janvier 1992 : mise en exploitation
Durée d'exploitation prévue : 60 ans

Capacité : 1 million de m³

43

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Déchets FMA-VC



➤ Ces déchets sont essentiellement liés à la maintenance (vêtements, outils, gants...) et au fonctionnement (traitements d'effluents liquides et gazeux) d'installations nucléaires

➤ Ils sont conditionnés dans un **conteneur en métal ou en béton** puis enrobés dans du béton



Coques béton de boues et concentrats cimentés



Déchets solides déposés en caissons

44

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Empêcher la dissémination de matières radioactives dans l'environnement grâce à trois barrières de confinement :

- » le colis
- » les ouvrages de stockage
- » la géologie du site

Trois barrières de confinement




Bétonnage de colis à emballages périssables



Gravillonnage de colis à emballage durable

45 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Le colis de déchets



- » Des règles techniques de traitement et de conditionnement établies par l'Andra
- » Un conditionnement adapté à chaque catégorie de déchets
- » Un suivi informatique de tous les colis

Bloquer les matières radioactives pour éviter leur dispersion

15 % de déchets (gants, chiffons, outils...),
85 % d'enrobage (acier et mortier)

Un enrobage pour stabiliser et rendre les déchets inertes : mortier, résine ou bitume

Un emballage adapté selon le volume et la radioactivité des éléments : fût ou caisson, métallique ou en béton

46 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Les différents types de colis



Des fûts métalliques pour les déchets les moins nocifs (gants, masques, chiffons...)

Des caissons métalliques pour les déchets les plus volumineux (équipements contaminés hors d'usage et parties de démantèlement d'installations)



Des coques en béton

pour les déchets moyennement radioactifs (filtres, résines...)

Des caissons en béton

contenant des fûts métalliques compactés ou des filtres de centrales nucléaires



47

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube



- » Tri des déchets en fonction de leur nature solide, liquide et putrescible
- » Incinération des liquides et putrescibles (Socodéi, CEA...)
- » Solidification de certains liquides
- » Compactage de certains fûts pour réduire leur volume

Un colis de déchets ne contient que des produits solides bloqués et chimiquement inertes

48

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Retracer l'itinéraire et le contenu de chaque colis depuis sa fabrication chez le producteur jusqu'à son emplacement dans l'ouvrage de stockage



Un code barre

Carte d'identité de chaque colis indiquant l'origine, la date de fabrication, la nature des déchets et des éléments radioactifs qu'il contient, ainsi que sa place dans le stockage.

Une base de données

pour assurer la conservation et la diffusion de la mémoire sur le stockage. On peut savoir à tout moment où est un colis et où en est son niveau de radioactivité.

49

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Les ouvrages de stockage

Empêcher l'eau d'atteindre les colis de déchets



Des cases en béton remplies de gravier ou de béton, recouvertes d'une dalle de béton et d'une couche imperméable



Un réseau de galeries souterraines permettant de vérifier l'étanchéité du stockage

50

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



6. Le centre de stockage FMA-VC de l'Aube

Le suivi de l'environnement 17 000 mesures par an



Mesures régulières (quotidiennes, mensuelles, trimestrielles) sur des échantillons prélevés dans l'air, l'eau, les boues, le lait...

Mesures contrôlées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire et publiées tous les trimestres

Point zéro écologique du site de l'Aube réalisé entre 1986 et 1990
Suivi écologique régulier (faune, flore, bruit...)

51

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



7. Le projet de centre de stockage FAVL

7. Le projet de centre de stockage FAVL

52

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



7. Le projet de centre de stockage FAVL



Tête de paratonnerre radioactif



Détecteur d'incendie radioactif

Déchets FA-VL

- déchets « **radifères** » provenant du traitement de différents minerais contenant du radium dans l'industrie
- déchets « **de graphite** » produits lors du démantèlement des réacteurs nucléaires de première génération
- **objets radioactifs** (ex : fontaines au radium) ou **sources scellées** (paratonnerres, détecteurs de fumée...)

53

DD.TRADMR.09.0033/A

© ANDRA AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



7. Le projet de centre de stockage FAVL

Les déchets radifères



Résidus industriels en fûts de Cezus



Résidus industriels en fûts (RRA) ou en vrac (RSB) de Rhodia



Terres d'assainissement de sites pollués (ici le site industriel Bayard)



Déchets issus du traitement de minerais d'uranium du CEA Site d'Itteville (91)

Au total, environ 48.000 m³ de colis de déchets radifères seront stockés*.

* volume de colis prévu fin 2030, selon les données de l'Inventaire national à fin 2007. Les études sur le conditionnement se poursuivront en 2009 et 2010.

54

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS


16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

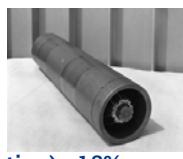

7. Le projet de centre de stockage FAVL

Les déchets de graphite

- **Empilements** (démantèlement) : 81% Bugey 1, Chinon A1, A2 et A3, Saint Laurent A1 et A2, G1, G2 et G3



~ Au total, environ 70.000 m3 de colis de déchets de graphite seront stockés*.

- **Chemises et âmes** (exploitation) : 18% Saint Laurent, Marcoule, La Hague
- **Déchets divers** issus d'autres réacteurs expérimentaux du CEA : 1%

* volume de colis prévu en 2030, selon les données de l'Inventaire national à fin 2007. Les études sur le conditionnement se poursuivront en 2009 et 2010

55 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009


ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

7. Le projet de centre de stockage FAVL


Les autres déchets FA-VL étudiés

- Sources scellées usées (sources de détecteurs d'incendie, sources de paratonnerres radioactifs...) et objets contenant du radium, du thorium ou de l'uranium (objets à usage médical, boussoles, plaques lumineuses...)
 - Faibles volumes
 - Etude de faisabilité fin 2008
- Déchets historiques de faible activité issus du traitement d'effluents liquides et incorporés dans du bitume (en cours de reprise par le CEA sur le site de Marcoule)
 - 40 000 fûts (~ 50 000 m³ après reconditionnement pour le stockage)
 - Etude de la possibilité de co-stockage à faible profondeur pour 2010


Ces études permettront d'arrêter l'inventaire de dimensionnement du stockage en 2010



Tête de paratonnerre



Aiguilles au radium



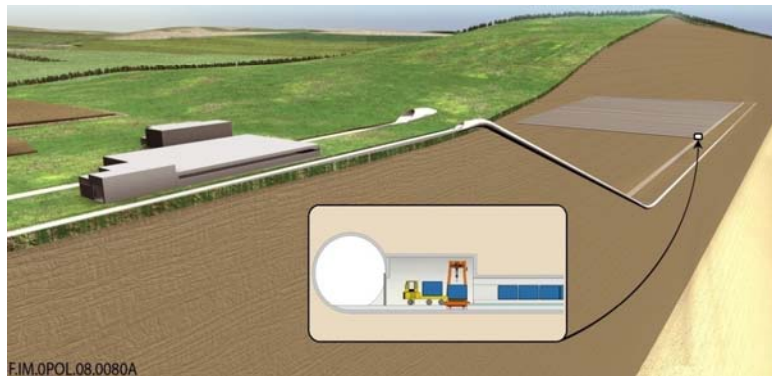
Fontaine au radium

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



7. Le projet de centre de stockage FAVL

L'Andra étudie la possibilité de stocker les déchets FA-VL sur un même site, selon une solution appelée « **stockage sous couverture intacte** ».



Il s'agit de creuser des **galeries souterraines** dont l'accès s'effectue par des tunnels. Les colis sont ensuite transférés depuis la surface et **mis en stockage dans les alvéoles** grâce à des **engins pilotés à distance**. Les galeries sont remblayées et scellées une fois les déchets stockés

57

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



7. Le projet de centre de stockage FAVL

Une variante pourrait consister à stocker les déchets radifères selon la solution appelée « **stockage avec couverture remaniée** »



Il s'agit de **creuser à ciel ouvert** jusqu'à la profondeur souhaitée pour l'emplacement du stockage. Les **colis** sont ensuite **déposés dans les alvéoles**. La zone est remblayée avec les terres excavées une fois tous les colis stockés.

58

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

59

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL



Conteneur standard de déchets compactés



Déchets MA-VL

- Ils sont constitués essentiellement par **les débris des structures métalliques** (coques, embouts, gaines) entourant les barres de **combustibles** utilisés pour faire fonctionner les réacteurs nucléaires actuels.
- Ils sont compactés sous forme de galettes qui sont ensuite introduites dans des **colis en béton ou en métal**. Pour faciliter leur transport et leur manutention, ces colis seront regroupés par lot de 4 dans des **conteneurs en béton**

60

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Déchets HA



- Lorsqu'ils deviennent moins performants, les **combustibles** utilisés dans les réacteurs sont recyclés. Lors du **recyclage**, on obtient, en plus des matières réutilisables, des **résidus, hautement radioactifs et non réutilisables** qui constituent ces déchets HA.
- Ils sont calcinés sous forme de poudre puis **incorporés à une pâte de verre** dont la capacité de confinement est particulièrement élevée. Le mélange est coulé dans un **colis en inox**. Afin d'être stocké, chaque colis HA sera placé dans une **conteneur en acier**.

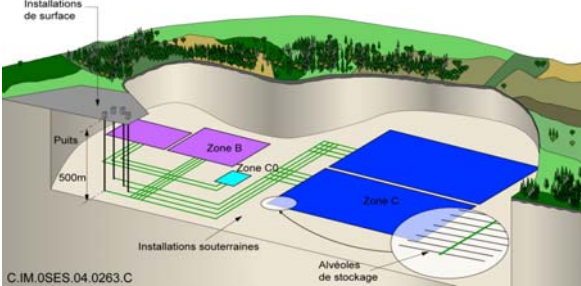


61 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Recherches sur le stockage géologique (1991-2005)



- ✓ Etudier la possibilité de construire, exploiter, gérer de manière réversible un stockage, en assurant la protection des personnes et de l'environnement.
- ✓ 2 milieux étudiés jusqu'en 2005 : argile et granite
- ✓ 2 autres voies étudiées par le CEA : entreposage longue durée et transmutation

- *Connaissance des déchets et des matériaux*
- *Connaissance du milieu géologique*
- *Définition des architectures de stockage*
- *Développement d'outils de modélisation et de simulation*

C.IM.0SES.04.0263.C

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Argile : études sur le site de Meuse / Haute-Marne (D2005)

- 27 forages profonds depuis 1994 (site et secteur)
- 15 km forés dont 4,2 km carottés - 2,3 km de carottes d'argilites
- Plus de 30 000 échantillons (dont 7 300 fluides) prélevés, 5 300 échantillons de roche analysés

Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne

- 40 mètres de galerie expérimentale instrumentée en activité depuis novembre 2004 au niveau 445 mètres
- 350 capteurs dans le laboratoire souterrain
- Plus de 100 mètres de galeries au niveau 490 mètres

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Dossier 2005 : un site reconnu avec des propriétés favorables

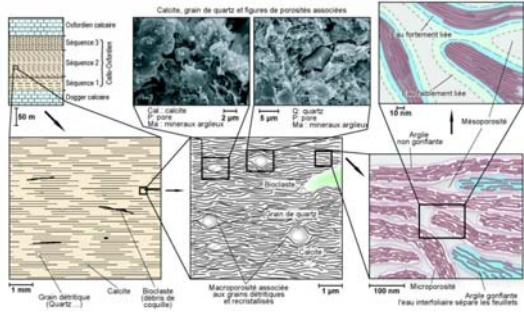
Etages	Profondeur (m)	Log	Description lithologique	Âges (Millions d'années)
Calcaires de Senne	0		Calcaires de Senne	141
Kimmeridgien	100		Calcaires argileux	
Calcaires de Senne	150		Calcaires montagnés	
Calcaires de Senne	200		Calcaires collinaires	
Calcaires de Senne	250		Calcaires	
Calcaires de Senne	300		Calcaires	
Calcaires de Senne	350		Calcaires	
Calcaires de Senne	400		Calcaires	
Calcaires de Senne	450		Calcaires	
Calcaires de Senne	500		Calcaires	
Calcaires de Senne	550		Calcaires	
Calcaires de Senne	600		Calcaires	
Calcaires de Senne	650		Calcaires	
Calcaires de Senne	700		Calcaires	
Calcaires de Senne	750		Calcaires	
Calcaires de Senne	800		Calcaires	
Calcaires de Senne	850		Calcaires	
Calcaires de Senne	900		Calcaires	
Calcaires de Senne	950		Calcaires	
Calcaires de Senne	1000		Calcaires	

- Contexte géologique bien connu et simple
- Secteur située à l'écart de failles
- Stabilité d'un point de vue sismique
- Couche épaisse (130m sur le laboratoire) et homogène
- Roche argileuse très peu perméable
- Zone de 250 km² de propriétés analogues à celles du laboratoire souterrain

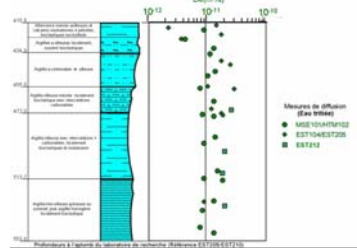
64 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Dossier 2005 : des propriétés favorables de l'argile



- **Très faible perméabilité** (vitesse de Darcy de quelques centimètres en 100 000 ans).
- Propriétés de **rétenion** de la roche (structure en mille-feuille)

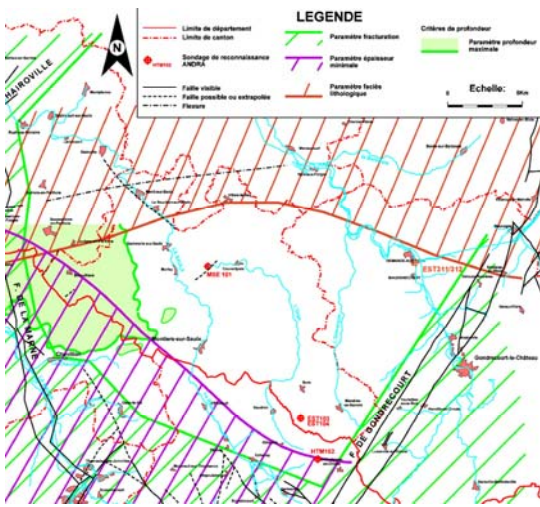


- **Précipitation** de nombreux éléments (actinides) par la chimie de l'eau de la roche
- **Diffusion très lente** (plusieurs centaines de milliers d'années pour diffuser sur 50 m de la couche pour les éléments les plus mobiles)

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Dossier 2005 : zone de transposition des résultats



- **Domaine géographique géologiquement équivalent** au site du laboratoire souterrain
- **Mise en évidence d'une zone d'environ 250 km²**

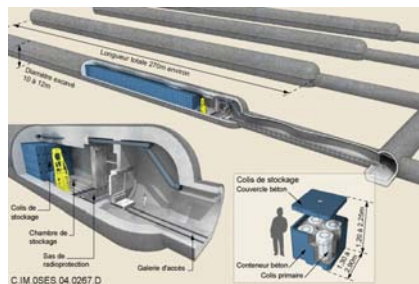
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



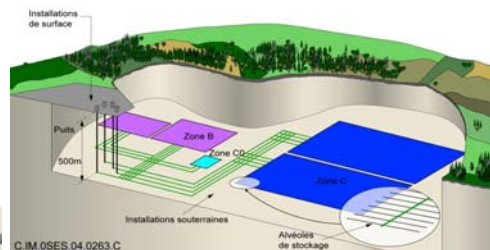
8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Dossier 2005 : architectures générales de stockage

- Implantation sur **un seul niveau** au milieu de la couche
- **Séparation** des colis dans des zones distinctes
- **Modularité** des zones de stockage



C.IM.0SES.04.0267.D



C.IM.0SES.04.0263.C

- **Alvéoles** et architecture d'ensemble en cul de sac
- Choix de **matériaux durables et compatibles** avec la roche
- **Température inférieure à 90°C**

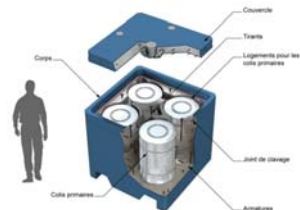
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Dossier 2005 : alvéoles et colis de stockage

- **Colis de stockage** complètent les colis primaires
- **Alvéoles** de stockage adaptées aux caractéristiques de la roche



C.IM.0SES.04.0508.B

Colis et alvéoles de stockage déchets MAVL

C.IM.0SES.04.0460.B



Colis et alvéoles de stockage déchets HA

C.IM.0SES.04.0270.B

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Réversibilité

- Des **motivations** diverses : **liberté** pour les générations à venir de faire d'autres choix de gestion, **progressivité** dans la mise en œuvre de choix, attitude de **modestie** au regard des connaissances scientifiques et techniques disponibles et des **aléas** possibles

→ Réversibilité nécessite la présence de l'homme

→ Gestion du processus de **stockage par étapes**, préservant des possibilités de choix à chaque étape et pouvant être piloté de manière **flexible**

- Des dispositions favorables à la réversibilité dans les options techniques proposées

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



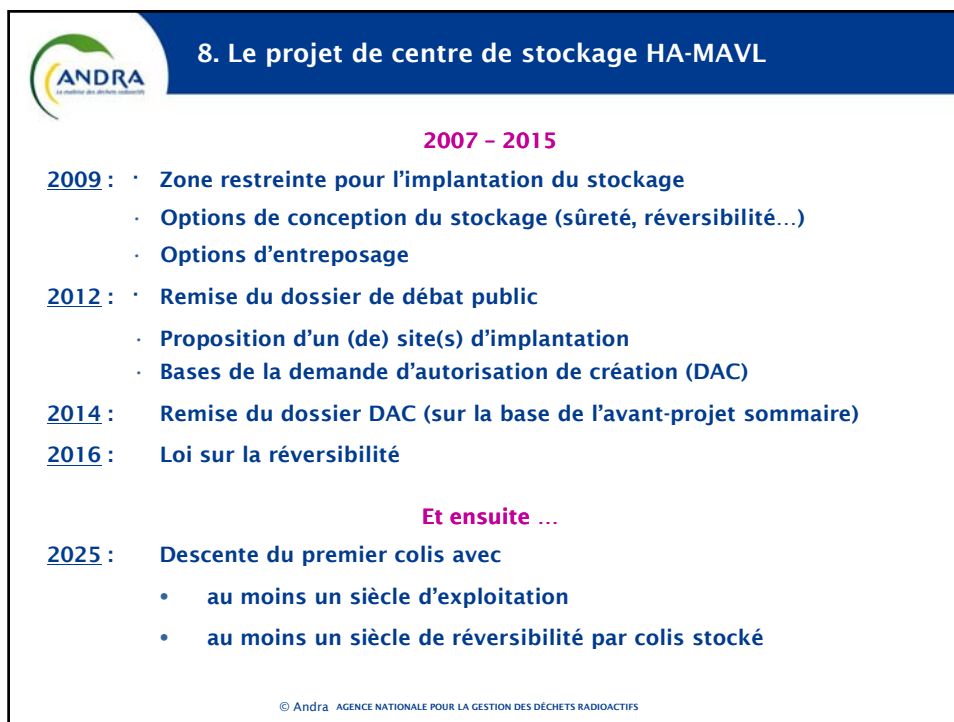
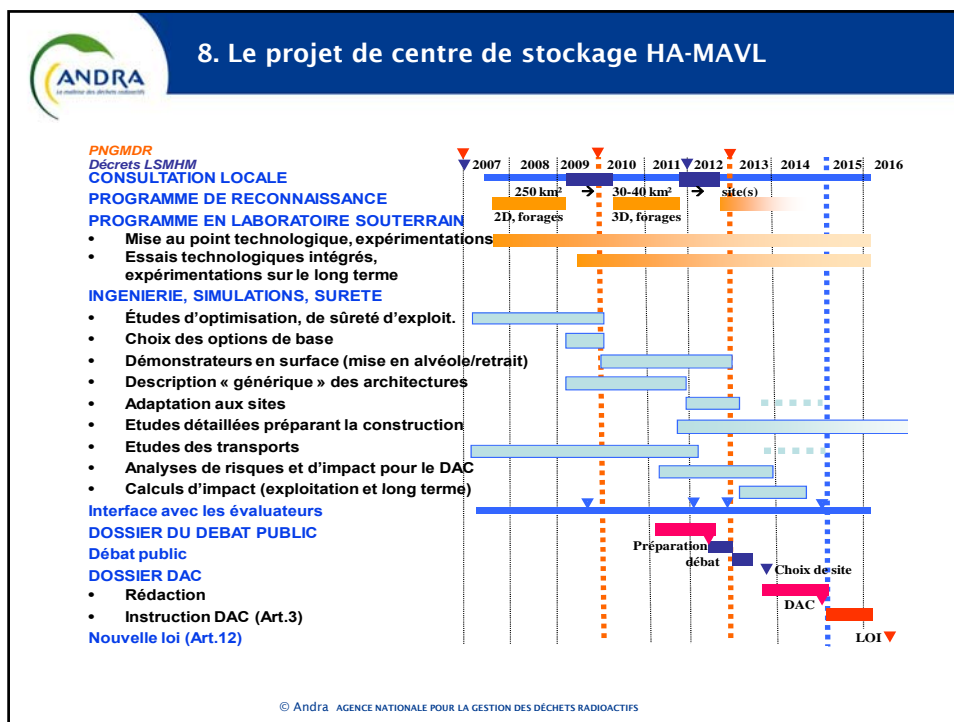
8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Installations de surface (dossier 2005)



C.IM.OSES.05.0152.C

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS





8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Le processus de choix de site : 2007-2009

- ✓ Processus progressif : connaissances (scientifiques, techniques, environnementaux, transports...) et échanges au niveau local
- ✓ Reconnaissance de surface de la zone de transposition (250 km²) sur la période 2007-2008.
 - Sismique 2D pour compléter la représentation géologique de la zone de transposition et de son environnement
 - Forages pour une connaissance géotechnique et hydrogéologique homogène de cette zone.
- L'Andra fera des propositions en 2009 pour le choix d'une zone (de l'ordre de 30 km²) sur laquelle une seconde campagne d'investigations sera réalisée.



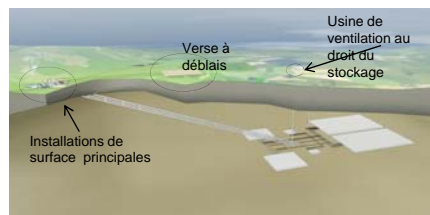
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Le processus de choix de site : 2007-2009

- Identifier des zones potentielles d'implantation des installations en surface :
 - ✓ des contraintes industrielles limitent le champ des possibilités
 - ✓ les parties prenantes locales participent à l'identification des critères
- Point de vue industriel :
 - ✓ il est plus efficace de regrouper l'ensemble des installations (économie de moyens, optimisation des transports).
- Des flexibilités existent :
 - ✓ dissocier une partie des installations de surface des installations souterraines (dans une limite de quelques km) pour ouvrir d'autres opportunités d'implantation.



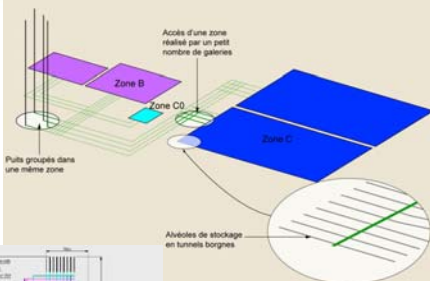
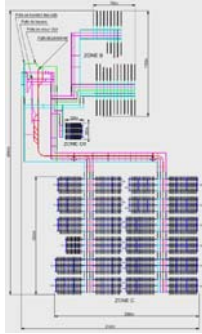
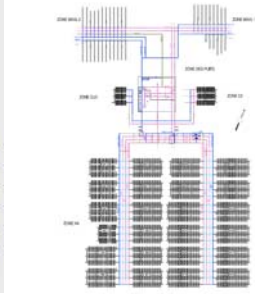
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Etude de pistes d'optimisation des concepts

- **Position des liaisons surface-fond, dégroupement éventuel**
 - ✓ Répond à une recommandation des évaluateurs
 - ✓ Avantages en matière d'exploitation (ventilation...) du stockage
 - ✓ Impact sur le schéma hydraulique du stockage
- **Descenderies de liaison surface-fond**
 - ✓ Accessibilité du stockage, souplesse d'exploitation
 - ✓ Sécurité du transfert des colis
 - ✓ Possibilité de découpler la localisation des installations souterraines et de surface
 - ✓ Limites techniques, coût, délais de réalisation

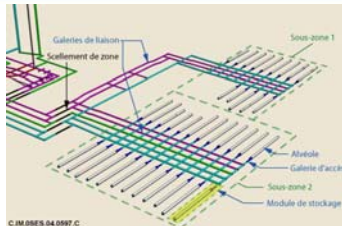
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

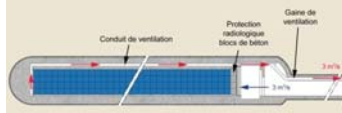
8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Etude de pistes d'optimisation des concepts

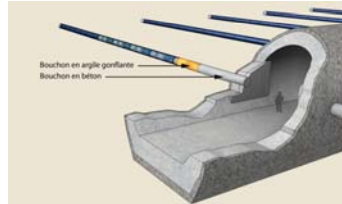
- **Alvéoles MA-VL non borgnes (galerie de ventilation)**
 - Évacuation des gaz, ventilation
 - Impact sur le schéma hydraulique et la sûreté à long terme
- **Longueur des alvéoles HA et MA-VL**
 - Diminution du coût du stockage
 - Limites technologiques
- **Tête d'alvéole et matériaux de construction des alvéoles HA**
 - Simplification de la construction et de l'exploitation, réversibilité
 - Diminution de la production de gaz
- **Nombre et dimension des galeries d'accès**
 - Optimisation économique
- **Creusement de galeries sous bouclier, revêtement de type voussoirs / claveaux**
 - Logique industrielle, coût



C.M.05ES.04.0997.C



C.M.05ES.04.0488.A



C.M.05ES.04.0279.B

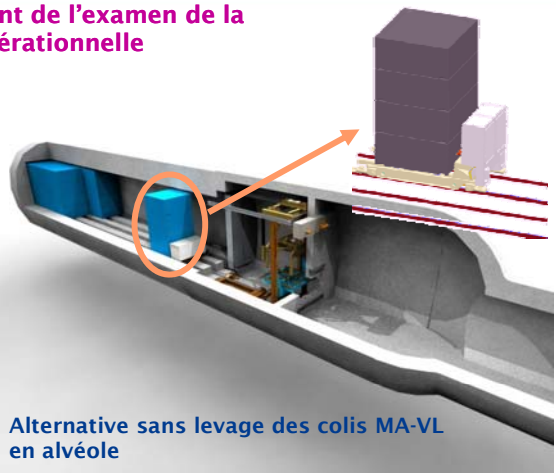
76 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Approfondissement de l'examen de la sûreté opérationnelle

- ✓ Confinement, risque de chute
- ✓ Risque gaz (H₂) pour les alvéoles MAVL
- ✓ Risque incendie
- ✓ Optimisation de la radioprotection



Alternative sans levage des colis MA-VL en alvéole

- ✓ Vérification de la complétude des risques pris en compte
- ✓ Applicabilité des guides de sûreté

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

ANDRA
le meilleur des déchets radioactifs

8. Le projet de centre de stockage HA-MAVL

Démonstration en surface

- ✓ Essais technologiques en surface sur :
 - la poursuite de la réalisation de prototypes de conteneurs de stockage (MA-VL et HA)
 - les manutentions réversibles de colis MA-VL et HA (avec la possibilité d'alternatives)
 - la ventilation (selon les besoins, à préciser par les études à venir)
- ✓ Un espace technologique expérimental à proximité du laboratoire permet de tester et de présenter au public :
 - les prototypes existants
 - les prototypes pré-industriels futurs, fournissant une illustration concrète de la réversibilité à l'horizon 2012.



78 DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS 16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

79

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL



80

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

- 1994-1996** Reconnaissances géologiques de choix de site
- 1997** Enquête publique
- 1999** **Autorisation d'installation et d'exploitation**
- 2000-2004** Suivi géologique du creusement des puits et implantation de nouveaux forages
- 2004-2006** Creusement dans la couche d'argilite et expérimentation *in-situ* dans le fond des puits et dans les galeries
- 2004-2005** Creusement de la galerie à -445m et expérimentations
- 2005-2006** **Creusement des galeries dans le niveau principal à -490m et expérimentations**
- 2006** Mise en place des structures définitives sur les puits

81

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

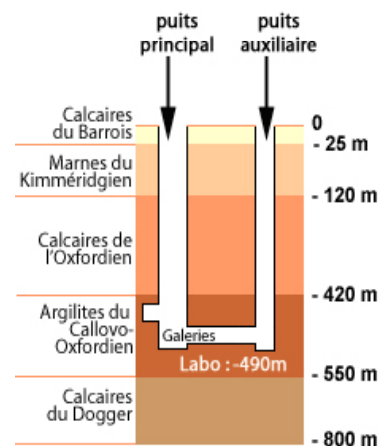
16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL



Vue du puits principal

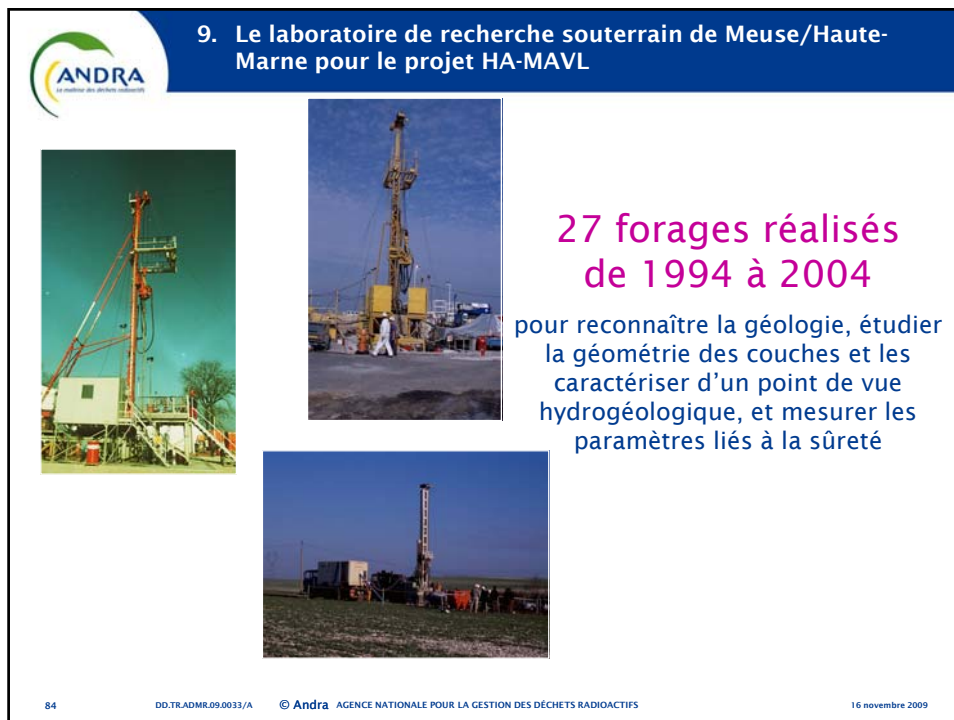
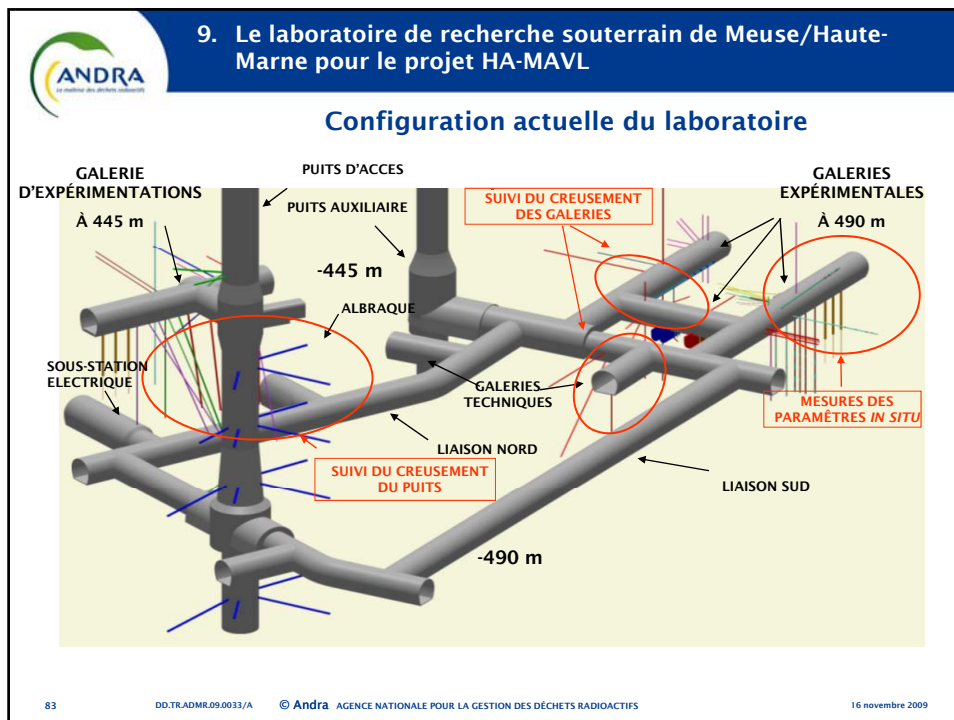


82

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009





9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

La galerie d'expérimentations à - 445 m

**Expérimentations
*in situ***



- » Mesure des propriétés mécaniques de la roche à l'échelle 1
- » Suivi de l'endommagement de la roche lié au creusement
- » Mesures des caractéristiques chimiques de l'eau interstitielle
- » Mesures de diffusion dans la roche

85

DD.TRADMR.09.0033/A

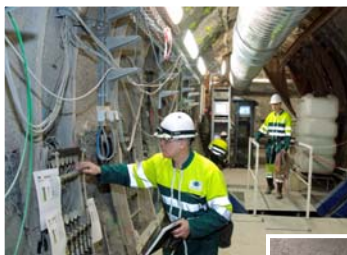
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Les galeries expérimentales



86

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Les expérimentations en cours dans les galeries expérimentales

Suivi du creusement et du comportement des galeries et des puits

- » Comportement du puits principal (SMGR, REP)
- » Comportement des galeries (SMC, SMR)

Mesures des paramètres in situ

- » Perméabilité et pression interstitielle des argilites (PEP)
- » Composition chimique et isotopique des eaux interstitielles (PAC)
- » Propriétés de diffusion et rétention (DIR)
- » Propriétés géomécaniques (GIS)
- » Propriétés thermiques des argilites (TER)

Interruption de la zone endommagée au droit d'un scellement (KEY)

Observatoire interdisciplinaire de l'EDZ (Expérimentations FORPRO)

87

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

La mise en place d'expérimentations



88

DD.TRADMR.09.0033/A

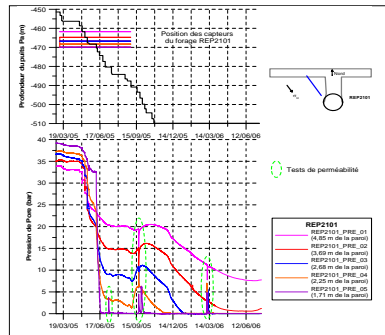
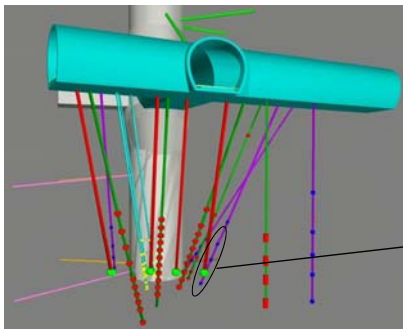
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



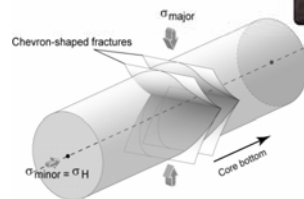
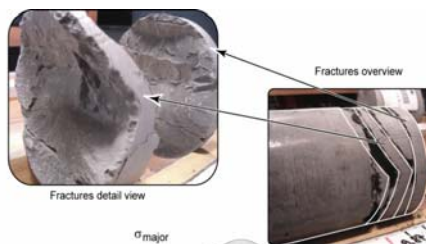
9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Comportement du massif pendant et après le creusement du puits



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

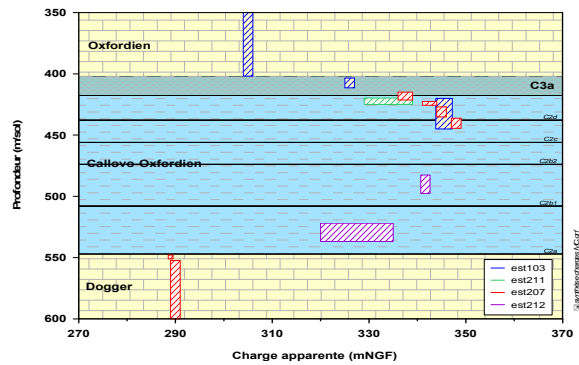
Comportement du massif pendant et après le creusement des galeries





9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Mesures de perméabilité et de pression dans les argilites



91

DD.TRADMR.09.0033/A

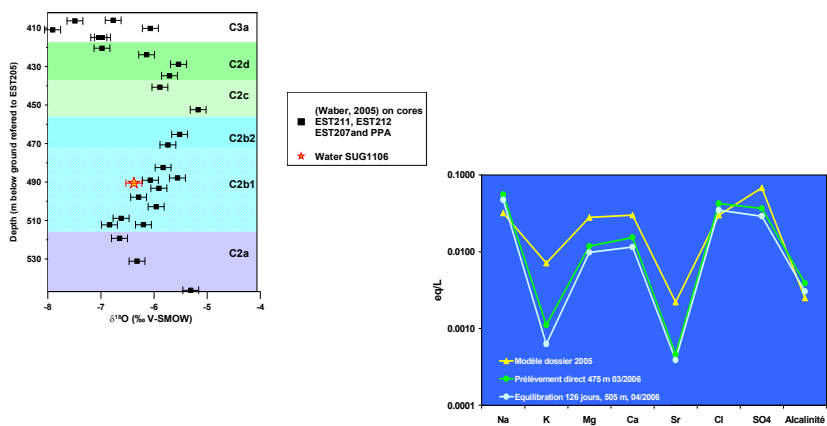
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Caractérisation chimique et isotopique de l'eau interstitielle



92

DD.TRADMR.09.0033/A

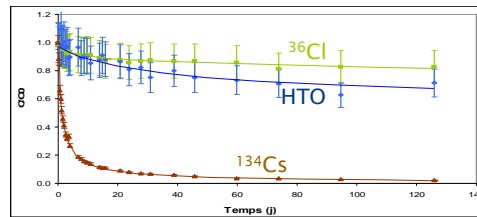
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Propriétés de diffusion et de rétention des argilites



93

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Propriétés thermiques et thermo-hydomécaniques des argilites



94

DD.TRADMR.09.0033/A

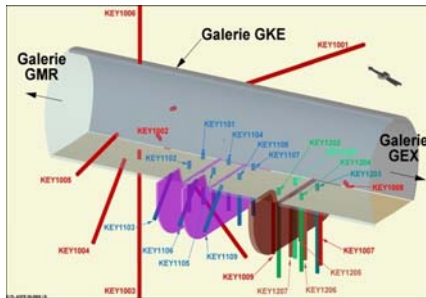
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Interruption de la zone endommagée au droit d'un scellement



95

DD.TRADMR.09.0033/A

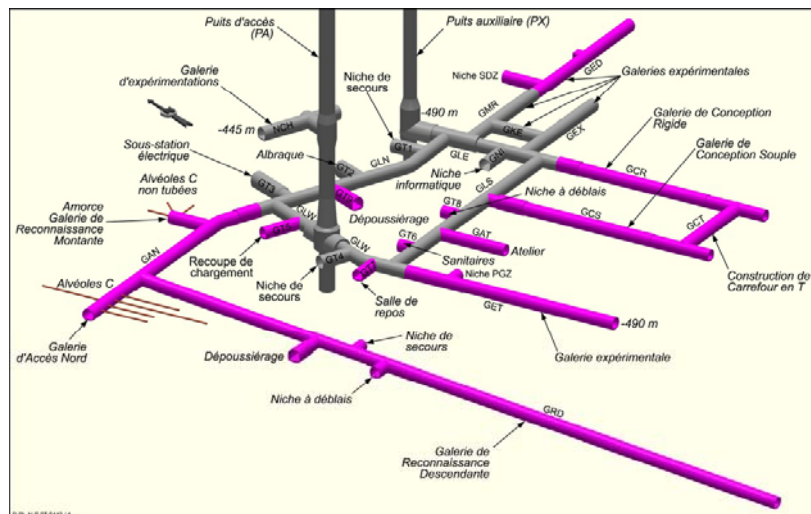
© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Le développement futur du Laboratoire



96

DD.TRADMR.09.0033/A

© Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Les principaux partenaires de recherche



BRGM
Ecole des Mines de Paris
EDF/DRD
INERIS
CEA
INPL
IFP
CNRS

97

DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Les coopérations internationales



Mont-Terri

Exemples de thèmes d'étude : scellement et creusement des galeries, technique de foration ou de détection des fissures, comportement des roches...

Argile : Mont-Terri (Suisse)
Mol (Belgique)



Grimsel

Granite : Grimsel (Suisse)
Aspö (Suède)
URL (Canada)

98

DD.TRADMR.09.0033/A © Andra AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

16 novembre 2009



9. Le laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne pour le projet HA-MAVL

Une participation au développement économique local

Durant les travaux préliminaires (1994-1996)

Subvention de 5 millions de francs/an versée par l'Andra et gérée par une association regroupant l'Etat, les régions et communes concernées et l'Andra

A l'ouverture du chantier du laboratoire

Subvention de 9,15 millions d'euros/an/dpt, gérée par un groupement d'intérêt public regroupant l'Etat, les régions, les départements et communes concernées et l'Andra

Les grands producteurs ont également des projets d'aménagements en Meuse et Haute-Marne



Conclusion

Pour en savoir plus

Pour commander gratuitement des publications (brochures et DVD)

[http : //www.andra.fr](http://www.andra.fr)

Merci de votre attention