

# IRSN

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

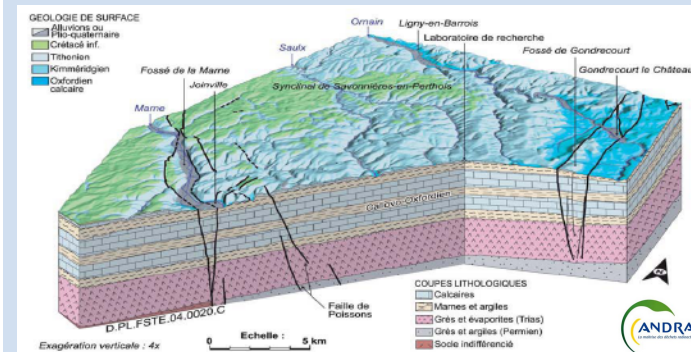
Faire avancer la sûreté nucléaire

## Avis de l' IRSN relatif aux commentaires de l' Andra sur le rapport de l' IEER de mars 2011

### IRSN/PRP-DGE

Réunion ANCCLI - CLIS de Bure - IRSN  
« Dialogue technique HA et MAVL »

Paris, 9 avril 2013



# Contexte

## Rapport IEER (mars 2011)

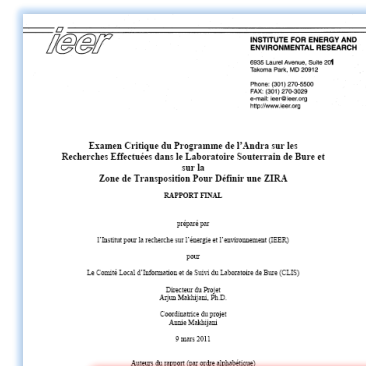
- Examen critique du programme de l'Andra sur les recherches effectuées dans le laboratoire souterrain de Bure et sur la Zone de Transposition (ZT) pour définir une Zone d'Intérêt pour la Reconnaissance Approfondie (ZIRA)
- par l'Institute for Energy and Environmental Research (IEER)
- à la demande du CLIS de Bure
- basé sur différents documents relatifs aux travaux réalisés par l'Andra jusqu'en 2009

## Commentaires de l'Andra sur le rapport IEER (novembre 2011)

- rapport C RP ADSD 11 0090/A

## Saisine de l'ASN (mai 2012)

- demande l'avis de l'IRSN sur les commentaires de l'Andra, en particulier sur 6 points



# Contexte

## ■ L'ASN a demandé à l'IRSN d'examiner la position de l'Andra sur :

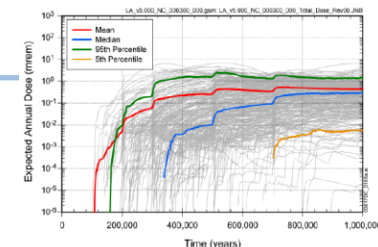
1. la complémentarité des **approches probabiliste et déterministe** pour évaluer la performance du stockage ainsi que sur l'estimation probabiliste faite par l'IEER,
2. **l'homogénéité de la couche du Callovo-Oxfordien**, ainsi que les **conséquences** potentielles de la co-dominance de régimes de transport diffusif et convectif et de la présence de microfissures **en termes de transfert de solutés**,
3. l'évaluation de **l'aléa sismique**,
4. la **cicatrisation potentielle de la zone endommagée par l'excavation (EDZ)**,
5. la comparaison avec d'autres programmes de recherche en laboratoire souterrain du point de vue de la définition de **démonstrateurs** à l'échelle 1 ou du **stockage de combustibles usés**,
6. le **calendrier** contraint pour le développement du projet de site de stockage, en particulier en vue de la demande d'autorisation de création (DAC).

Avis IRSN fondé sur l'examen des Dossiers 2005, 2009

# 1 - Evaluation probabiliste

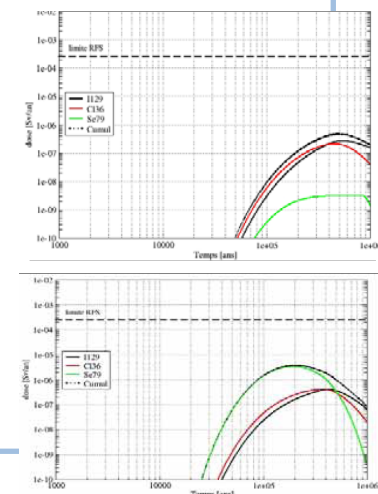
## Rapport IEER

- L'Andra devrait procéder à une **évaluation probabiliste du risque** en utilisant la gamme complète des valeurs de paramètres indiqués par les données, plutôt que seulement une analyse de sensibilité limitée



## Commentaires de l'Andra

- **Notion de dose** (sans quantification de la probabilité d'occurrence de chaque situation) **et non de risque** (qui inclut cette probabilité), conformément au guide de l'ASN relatif à la sûreté d'un stockage géologique
- **Démarche déterministe** qui consiste en l'étude « *d'un nombre limité de situations [...] pour lesquelles les conséquences associées sont les plus élevées parmi l'ensemble des situations envisageables* » [guide de l'ASN]
- Dans le Dossier 2005, les **analyses de sensibilité** associées aux évaluations quantitatives des situations retenues intégraient des **calculs probabilistes**
- Cette démarche sera reconduite pour les futures évaluations

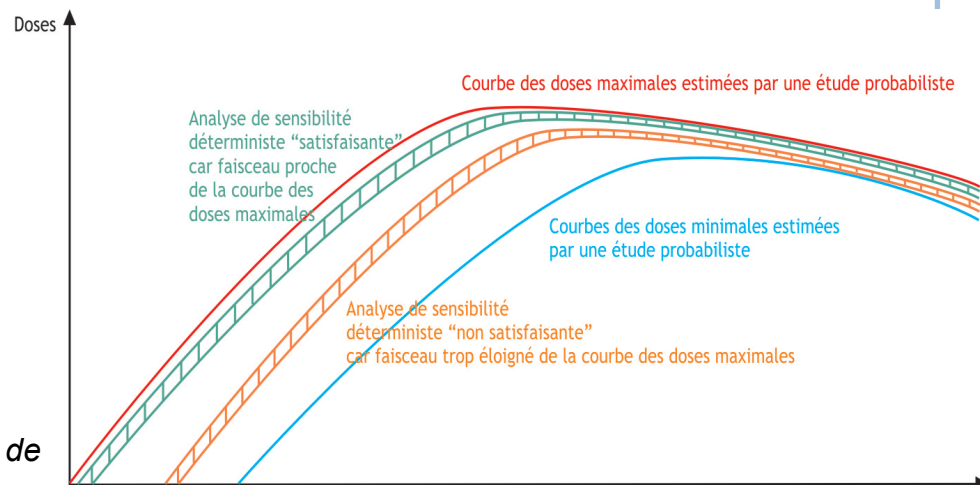


# 1 - Evaluation probabiliste

## Avis IRSN

- Le **guide de sûreté** n'exclut pas l'utilisation de la notion de risque, mais précise:
  - « *équivalence discutable entre réduction de la probabilité et réduction des expositions individuelles* »
  - « *il faut s'attendre à des difficultés, voire à des impossibilités dans l'estimation des probabilités des événements pouvant conduire à des expositions* »
- Le guide préconise que les analyses de sûreté présentées comprennent une **évaluation de dose → démarche retenue par l'Andra conforme au guide**
- Dans le **Dossier 2005**, la démarche déterministe retenue par l'Andra couvrait un ensemble de situations d'intérêt pour évaluer le comportement à long terme du stockage et lui avait permis de traiter les diverses incertitudes par une analyse de sensibilité. Les compléments de type probabiliste confirmaient le caractère enveloppe des situations déterministes étudiées.
- Utilisation combinée des approches déterministe et probabiliste: pratique recommandée au niveau **international** (projet européen PAMINA du 6<sup>ème</sup> PCRD Euratom, European Pilot Study...).

*Schéma illustratif de la position relative de résultats de calculs déterministes et probabilistes*



# 1 - Evaluation probabiliste

## Avis IRSN

- L'approche retenue par l'Andra, qui consiste à évaluer la performance du stockage de façon déterministe et à consolider les résultats de cette évaluation par des études de sensibilité incluant des calculs probabilistes, est satisfaisante.
- Les méthodes probabilistes préconisées par l'IEER présentent une réelle valeur ajoutée. L'Andra pourrait à l'avenir **combiner plus systématiquement approches déterministes et probabilistes** pour évaluer l'impact du stockage dans la mesure où ceci peut avoir pour effet de renforcer la confiance dans la maîtrise des diverses incertitudes entrant dans la description des phénomènes de transfert des flux d'activités au travers du stockage.

# 2 - Homogénéité du Callovo-Oxfordien

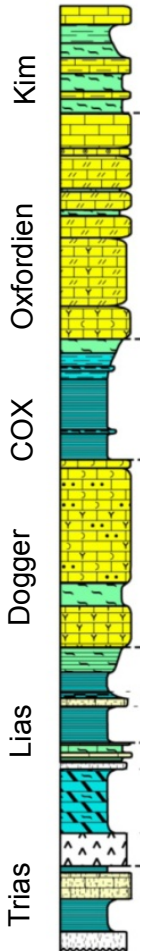
## Variabilité verticale et horizontale du Callovo-Oxfordien

### Rapport IEER

- Les données disponibles indiquent une **grande variabilité verticale et horizontale** de la composition minéralogique et de la composition de l'eau interstitielle de la formation du Callovo-Oxfordien à l'échelle de la zone de transposition, qui entraîne **des différences perceptibles dans les propriétés de transport** (porosité, coefficient de diffusion effective, perméabilité)

### Commentaires de l'Andra

- Mesures réalisées dans l'**Oxfordien calcaire** pour mettre en évidence l'« *hétérogénéité* » de la formation hôte, alors que l'Oxfordien calcaire ne fait pas partie du Callovo-Oxfordien
- **Evaluation de sûreté tient compte de la variabilité** (verticale et horizontale) des caractéristiques du milieu géologique, en particulier des paramètres hydrauliques et de transport des solutés de la couche du Callovo-Oxfordien
- Dossier 2005: choix de propriétés de transport uniformes (mais anisotropes) du Callovo-Oxfordien, accompagné d'**études de sensibilité** pour rendre compte de la variabilité

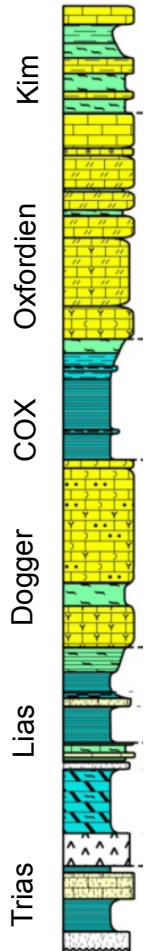


# 2 - Homogénéité du Callovo-Oxfordien

## Variabilité verticale et horizontale du Callovo-Oxfordien

### Avis IRSN

- La variabilité de l'Oxfordien calcaire en peut pas être retenue pour invoquer celle de la formation hôte, qui est la formation argileuse du Callovo-Oxfordien excluant ses encaissants.
- La **variabilité verticale et horizontale** de la minéralogie et de la composition de l'eau du Callovo-Oxfordien à l'échelle de la zone de transposition et de la ZIRA est **convenablement estimée par l'Andra**.
- Au vu de l'état des connaissances établi en 2009, l'IRSN considère que **les propriétés de transport des solutés** au sein de la formation du Callovo-Oxfordien **varient peu à l'échelle de la ZIRA**.
- **Les variations possibles ont bien été prises en compte dans les études de sensibilité présentées dans le Dossier 2005.**





## 2 - Homogénéité du Callovo-Oxfordien

### Présence de microfissures

#### Rapport IEER

- Bien que les microfissures que l'Andra a détectées dans le laboratoire souterrain soient colmatées, « il reste à déterminer si cela sera aussi le cas dans la ZIRA, puisque la caractérisation de son sous-sol est nécessaire pour arriver à cette conclusion »

#### Commentaires de l'Andra

- Ce colmatage s'est produit au cours de phénomènes diagénétiques et est par conséquent représentatif de la ZIRA
- Le fait que des microfissures contenues à l'intérieur du Callovo-Oxfordien soient colmatées ou non n'a pas d'influence sur la sûreté du stockage

#### Avis de l'IRSN

- L'ensemble des microfissures identifiées, incluant des diaclases (microfissures d'origine non diagénétique), n'ont pas d'impact notable sur les propriétés de transport du COX
- L'enjeu de caractérisation complémentaire de la ZIRA porte non pas sur la microfissuration mais sur l'existence éventuelle de structures de dimensions plus importantes
- Examen par l'IRSN des résultats de la sismique 3D de 2010 → la présence de structures tectoniques rédhibitoires à l'implantation d'un stockage peut raisonnablement être écartée

# 3 - Aléa sismique

## Rapport IEER

- L'IEER indique ne pas avoir trouvé les éléments indiquant **de quelle façon la secousse maximale a été déterminée**, pour la période d'exploitation et la période post-fermeture
- Une **analyse probabiliste**, facile à consulter, de l'accélération et de la charge est **importante** pour évaluer la conception des installations de surface

## Commentaires de l'Andra

- **Plusieurs méthodes, dont des analyses probabilistes**, ont été utilisées; conforme à la RFS 2001-01
- Une note sera établie en vue de la DAC explicitant la méthodologie de détermination de l'aléa sismique qui sera retenue

## Avis de l'IRSN

- **Examen du Dossier 2009** : la méthode basée sur plusieurs modèles sismotectoniques, qui permettrait de couvrir les incertitudes sur l'aléa, moyennant l'apport de justifications complémentaires (valeurs de pondération des différents modèles utilisés, évaluation de la période de retour des séismes...)
- Toutefois, compte tenu de la durée prévisible d'exploitation et des réflexions en cours sur la définition d'aléas extrêmes dans le cadre de la **démarche ECS**, **une analyse probabiliste plus complète et systématique de la quantification de l'aléa sismique serait un complément utile à la démarche préconisée par la RFS 2001-01.**

# 4 - Cicatrisation de l' EDZ

## Rapport IEER

- L'Andra fait preuve d'un **optimisme omniprésent** qui se caractérise en particulier par le postulat selon lequel le site de stockage se comportera comme un fluide idéal sur une période de plus d'1Ma : **tous les vides seront fermés et scellés**, y compris les espaces vides dans la roche perturbée (fracturée et microfissurée).
- L'IEER doute que la **perméabilité de la zone perturbée puisse être sensiblement restaurée** et s'interroge sur les tests effectués ou conçus pour démontrer cette cicatrisation.



## Commentaires de l'Andra

- Les recherches menées sur les phénomènes d'interaction au sein du stockage entre composants de celui-ci et argilite montrent leur **complexité, mais aussi leur extension limitée** de par les propriétés intrinsèques de l'argilite.
- L'analyse de performance réalisée en 2005 est caractérisée par un choix systématique **d'extensions enveloppe et de caractéristiques conservatives**, voire pénalisantes, des perturbations.
- **Plusieurs essais** réalisés sur échantillons en laboratoire de surface, *in situ* au Laboratoire souterrain ou en cours (CDZ, essai de compression de l'EDZ).
- Rapport **international** récent compilant l'ensemble des données acquises sur les différentes formations argileuses (OECD/NEA n° 6184, 2010) et mettant en évidence la **similarité des processus d'auto-colmatage** dans les différentes formations analysées.

# 4 - Cicatrisation de l' EDZ

## Avis IRSN

- Les éléments présentés par l'Andra relatif au colmatage de l'EDZ sont **disparates** (sur échantillons, in situ dans d'autres laboratoires souterrain que MHM, à MHM mais expériences non dédiées, analogues naturels...)
- **Intérêt de l'expérience CDZ**, conçue pour confirmer et quantifier in situ au laboratoire souterrain de MHM l'évolution des propriétés de transport de l'EDZ avec la resaturation et le confinement mécanique de la roche; toutefois, pas encore de résultats présentés
- Les résultats de l'expérience CDZ ne devront **pas être considérés comme directement représentatifs** du comportement attendu de l'EDZ autour des ouvrages de stockage, dans la mesure où les dimensions de ces ouvrages sont plus importantes que celles du laboratoire souterrain de MHM [avis IRSN sur Dossiers 2005 et 2009]
- Nécessité d'améliorer **la modélisation du comportement mécanique** de la roche, afin d'être en mesure de reproduire l'extension et l'évolution des fractures [avis Dossier 2009]
- **Des progrès sont encore nécessaires** pour réduire les incertitudes sur le comportement mécanique de la roche afin de disposer d'une interprétation satisfaisante de ses possibles évolutions
- Ces incertitudes peuvent néanmoins être convenablement couvertes dans la **démonstration de sûreté en prenant en compte un scénario volontairement pessimiste postulant que l'EDZ ne se cicatrise pas**, comme fait dans le Dossier 2005
- Un tel scénario devra être pris en compte, même si les incertitudes venaient à être réduites

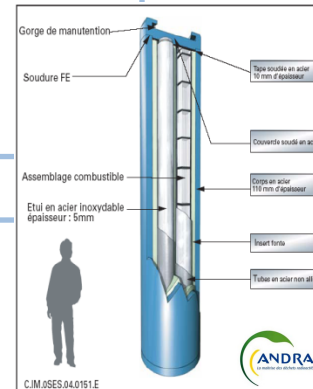
# 5 - Stockage de combustibles usés

## Rapport IEER

- Il est nécessaire que l'Andra traite un scénario de **mise en stockage direct des combustibles usés (CU)**, actualisé / dossier 2005, en particulier en vue d'examiner les contraintes **thermiques** et leurs conséquences pour la **taille** du stockage.
- L'Andra devrait **évaluer expérimentalement**, dans le laboratoire souterrain de MHM, si des **alvéoles verticales** seraient plus adaptés pour le stockage de combustibles usés compte tenu des questions sur la stabilité mécanique de ce type d'alvéole de grande dimension.

## Commentaires de l'Andra

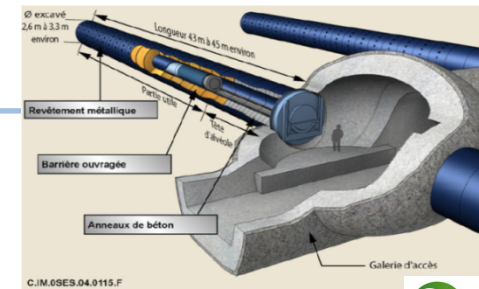
- Le stockage direct des CU déchargés des réacteurs de puissance **ne fait pas partie du périmètre de la DAC**
- Le PNGMDR prévoit la **vérification de la compatibilité des concepts de stockage** (en particulier la descenderie et des puits) avec l'hypothèse d'un stockage direct des CU
- L'évaluation des avantages et inconvénients des alvéoles verticales a été réalisée dans le Dossier 2005: alvéoles horizontaux car moindre volumes excavés, emprise, et épaisseur de garde perturbée



# 5 - Stockage de combustibles usés

## Avis IRSN (alvéoles horizontaux/verticaux)

- Alvéoles horizontaux préservent en effet l'épaisseur utile du Callovo-Oxfordien non perturbée au droit des colis (bénéfique pour la sûreté à long terme)
- Néanmoins, comme souligné à l'issue de l'examen du Dossier 2005:
  - absence de REX industriel de la mise en place de colis à l'horizontale sur des distances pluridécimétriques
  - la mise en place dans les stockages de surface est généralement effectuée à la verticale à l'aide de ponts roulants dont la fiabilité est éprouvée
  - → la validation du concept d'alvéole nécessite la réalisation d'un démonstrateur in situ afin de qualifier le système de manutention des colis dans l'alvéole, notamment eu égard à la possibilité de retrait des colis sur des durées d'exploitation longues.
- Cette disposition serait à mettre en œuvre si le stockage direct de combustibles usés devait être décidé



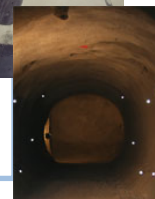
# 6 - Démonstrateurs et calendriers

## Rapport IEER

- D'autres programmes menés à l'étranger ne peuvent pas se substituer à des essais dans le laboratoire souterrain de Meuse/ Haute-Marne → **nécessité de construire des démonstrateurs en vraie grandeur**
- Compte tenu des recherches et de la caractérisation qui restent à faire, le **calendrier** officiel pour le projet du site de stockage est **beaucoup trop tendu** ; un allongement important du calendrier sera nécessaire

## Commentaires de l'Andra

- **Programme d'essais technologiques et d'expérimentations** pour les années à venir présenté dans le dossier de demande de renouvellement de l'exploitation du Laboratoire souterrain
- Un **essai à l'échelle d'un alvéole HA soumis à un chauffage** est prévu en 2012 dans le cadre du projet européen LUCOEX (2011-2014)

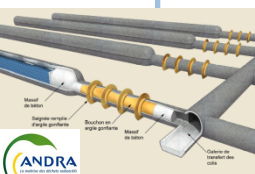


# 6 - Démonstrateurs et calendriers

## Avis IRSN - Démonstrateurs [examen du Dossier 2009]



- Essais de démonstration en vraie grandeur d'un **alvéole HA** (LUCOEX) est une étape pertinente. Toutefois, cet essai se limite aux phases de construction et d'exploitation de l'alvéole, sans inclure la phase post-fermeture, puisque la mise en place du bouchon définitif en bentonite de l'alvéole n'est à ce jour pas prévue



- L'IRSN a relevé que les résultats des **démonstrateurs de scelllements** ne seront pas disponibles avant la DAC → en parallèle de la poursuite des études en cours, **présenter comme alternative pour la DAC des concepts plus simples et pour lesquels suffisamment d'éléments probants quant à la démonstration de leur faisabilité industrielle pourront être réunis à l'échéance de la DAC**



- La qualification des **ouvrages de grande dimension** (notamment alvéoles MAVL) en vue de leur exploitation reste subordonnée à la **réalisation préalable d'un démonstrateur in situ** qui, compte tenu des dimensions du laboratoire souterrain qui limitent selon l'Andra la taille des essais réalisables, ne pourra être réalisé qu'après le dépôt de la DAC



# 6 - Démonstrateurs et calendriers

## Avis IRSN - Calendrier

- **1<sup>ère</sup> tranche** - Il ne pourra être envisagé de mettre en exploitation le stockage que lorsque l'ensemble de éléments nécessaires à la qualification des 1<sup>ers</sup> ouvrages aura été réuni :
  - DAC: APD décrivant le dimensionnement et les méthodes de construction et d'exploitation des 1<sup>ers</sup> ouvrages à construire, fondé sur les résultats de recherche et d'essais réalisés,
  - puis postérieurement à la DAC et avant le mise en service de la 1<sup>ère</sup> tranche, la confirmation au moyen d'essais en vraie grandeur du bien-fondé des solutions techniques retenues.
- L'Andra a récemment précisé que les travaux d'un alvéole témoin MAVL inactif commenceraient environ 12 mois plus tôt que le creusement des 1<sup>ers</sup> alvéoles MAVL. En 1<sup>ère</sup> approche, l'IRSN estime que la durée de 12 mois semble trop courte pour accumuler un REX suffisant → **l'IRSN n'exclut pas un possible retard de la mise en service de la 1<sup>ère</sup> tranche.**
- **Tranches ultérieures** - Des compléments de démonstrations peuvent être apportés ultérieurement à la DAC, dans la mesure où la réalisation des différentes parties du stockage peut faire l'objet de demandes d'autorisation spécifiques étalées dans le temps, délivrées sur la base d'une démonstration de sûreté actualisée.

*Merci de votre attention !*

