

**ENGINEERING STUDIES
and
DEMONSTRATION of REPOSITORY DESIGNS**



**VI^{ème} PROGRAMME-CADRE de RECHERCHE et de FORMATION
EURATOM de l'UNION EUROPEENNE (2002-2006)**

Gestion des déchets radioactifs

Une brève présentation du Projet Intégré

***« Etudes d'ingénierie et mise au point de
démonstrateurs applicables au stockage géologique »***

(version française)

Définition et caractéristiques d'un Projet Intégré

La Commission européenne a défini en 2002 de nouveaux instruments, dans le cadre de ses actions d'organisation et de co-financement des programmes de recherche et développement réalisés par des organismes appartenant à des pays membres de l'Union européenne.

Le VI^{ème} Programme-cadre de recherche et développement (PCRD) de l'Union européenne a ainsi donné la possibilité à la communauté scientifique européenne de proposer des projets de longue durée (de 4 à 5 ans au lieu de 3 ans pour les projets des PCRD précédents) et de large envergure (de plusieurs millions à dizaines de millions d'Euros) pour la réalisation d'objectifs ambitieux, tout en associant une flexibilité d'adaptation : ce sont les Projets Intégrés.

Le Programme-cadre de recherche et formation Euratom, qui correspond aux thématiques d'ESDRED, est une composante du Programme-cadre de recherche et développement.

Les deux caractéristiques essentielles des Projets Intégrés sont les suivantes :

- souple dans la composition du consortium en cours de projet, c'est-à-dire de ses membres, avec possibilité d'ajouter un nouveau membre, mais aussi possibilité à un membre de se retirer. A noter aussi la possibilité à un organisme d'un pays non adhérent ou non associé à l'Union européenne de rejoindre le consortium selon certaines règles
- flexibilité dans les moyens et ressources, avec un programme d'activité détaillé à 18 mois accompagné de son budget prévisionnel, révisable chaque année. Il est ainsi possible de changer les affectations budgétaires selon les avancements des divers modules du Projet Intégré. Des options préliminaires (technologiques par exemple) peuvent aussi être modifiées ou changées en cours de projet dans l'intérêt de la réalisation des objectifs ; un objectif final peut même être modifié si le cours du projet le justifie.

La Commission européenne qui, en tant que co-financeur, est une partie prenante active, est informée régulièrement de l'avancement du projet et doit valider le programme prévisionnel établi annuellement par le consortium.

En ce qui concerne ESDRED, cette flexibilité est importante pour l'Andra tant vis-à-vis des décisions futures à prendre en 2006 que, plus pratiquement, de la possibilité de réaliser certaines démonstrations technologiques sur des sites (atelier ou laboratoire souterrain) qui seront définitivement arrêtés en cours de projet selon les possibilités.

Les objectifs du Projet Intégré ESDRED

Dans un cadre technologique relatif à la faisabilité du stockage géologique des déchets radioactifs à haute activité, les objectifs principaux d'ESDRED sont les suivants :

- promouvoir des approches technologiques communes aux différentes agences de gestion et applicables à différents concepts de stockage développés par celles-ci
- et plus particulièrement, concevoir et réaliser des prototypes de démonstration relatifs à 4 domaines technologiques (appelés modules) :
 1. construction de barrières ouvragées
 2. transport et mise en place de colis de déchets irradiants
 3. mise en place de charges lourdes (soit lors des opérations d'aménagement des alvéoles de stockage, soit lors des opérations de stockage impliquant des conteneurs de déchets)
 4. utilisation et mise en place de béton projeté réalisé avec des ciments spéciaux, pour la construction et le scellement d'ouvrages

Les activités de ces 4 modules sont particulièrement destinées au développement de concepts de stockage horizontaux et verticaux (dans ce dernier cas, en puits profonds).

Ces types de concepts, qui minimisent le volume total excavé par rapport au volume total de déchets à stocker, permettront notamment de réduire l'impact du creusement sur le milieu géologique, ce qui est bénéfique à la sûreté sur le long terme.

La thématique de réversibilité est inscrite dans les modules n° 2 et 3 ci-dessus.

Organisation du Projet Intégré ESDRED

Les partenaires, en sus de la Commission Européenne

Les agences de gestion de déchets radioactifs :

ANDRA, France
ENRESA, Espagne
NAGRA, Suisse
NIREX, Royaume-Uni
ONDRAF/NIRAS, Belgique
POSIVA, Finlande
SKB, Suède

Les organismes de R&D technologique :

AITEMIN, Espagne
CSIC, Espagne
DBE TECHNOLOGY, Allemagne
ESV EURIDICE GIE, Belgique
GRS, Allemagne
NRG, Pays-Bas

Les organismes suivants sont en charge de la direction des modules techniques :

- module n° 1 : ONDRAF/NIRAS (Belgique)
- module n° 2 : DBE TECHNOLOGY (Allemagne),
- module n° 3 : SKB (Suède)
- module n° 4 : ENRESA (Espagne)

L'Andra est en charge du management et de la coordination générale du projet, ainsi que des activités de formation et communication.

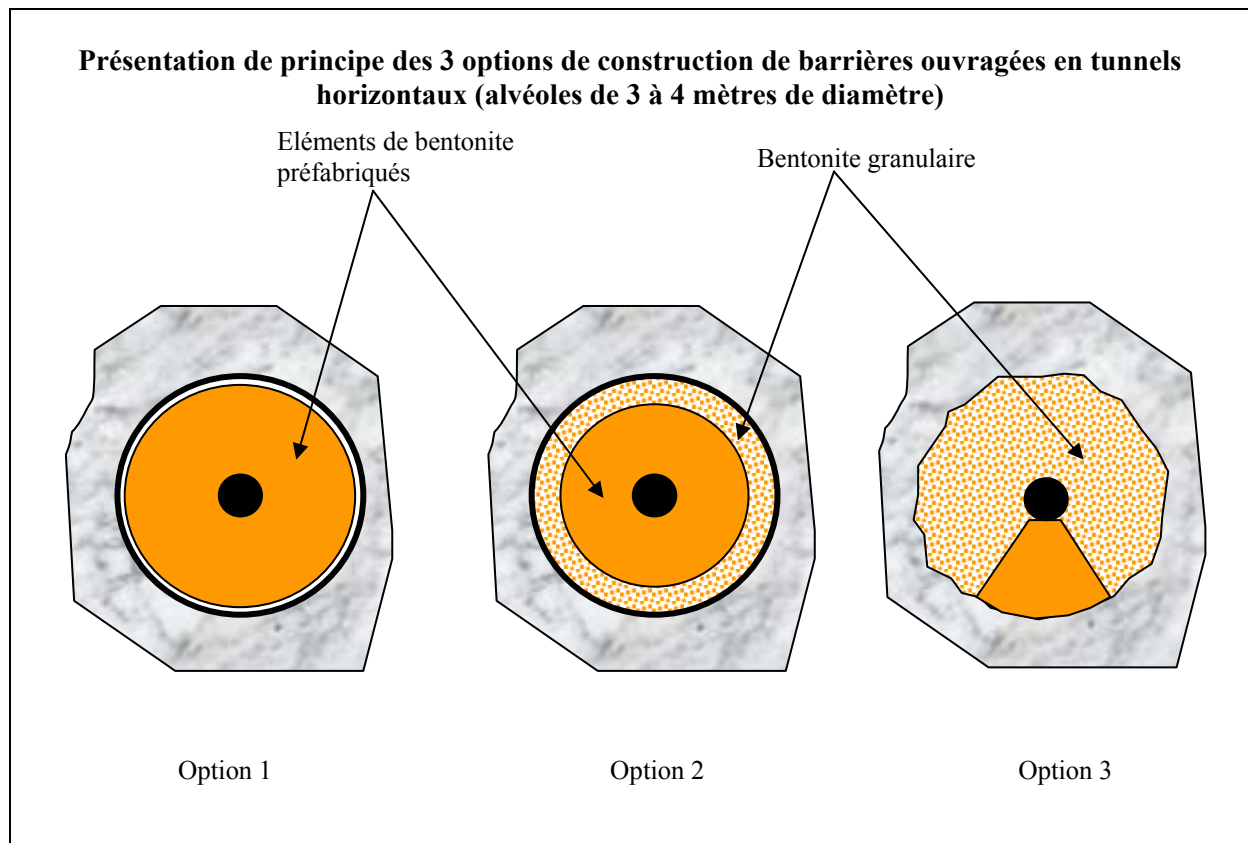
Module # 1 – Construction de barrières ouvragées pour alvéoles de stockage horizontales de type tunnel

La barrière ouvragée (BO), qui est un élément à interposer entre les colis de déchets et le milieu géologique, est composée de matériaux tels que le bentonite (matériau de type argileux), éventuellement mélangée à du sable, et parfois du ciment.

ESDRED considère trois options de configurations possibles de BO, amenant par conséquent à trois types de démonstrations :

1. des éléments de BO préfabriquée en bentonite sont placés dans l'alvéole avant dépôt des colis de déchets
2. une première BO (bentonite ou ciment) est déjà intégrée dans le colis (type super-conteneur) et seulement une partie annulaire (quelques cm) doit être comblée avec une BO de bentonite sous forme granulaire après dépôt du colis dans l'alvéole
3. le colis de déchets est placé sur un support de BO préfabriquée, puis tout l'espace est rempli avec une BO de bentonite de type granulaire

Les cas n°2 et 3 sont assez proches, mais les modalités de mise en place, dont le compactage éventuel et les volumes, sont différents.



En ce qui concerne les sites envisagés à ce jour pour démonstration de tels prototypes de BO :

- l'option 1 qui vise à la fabrication, à l'échelle 1/1, d'anneaux de bentonite compactée avec presse hydraulique serait réalisée en atelier,
- l'option 2 serait réalisée in situ dans le laboratoire souterrain de Mol en Belgique
- l'option 3 correspondrait à la réalisation, dans le laboratoire du Mont Terri, d'un essai de compactage dans un forage suivi de sa qualification en termes de perméabilité au gaz.

Module # 2 - Transport et mise en place de colis de déchets irradiants

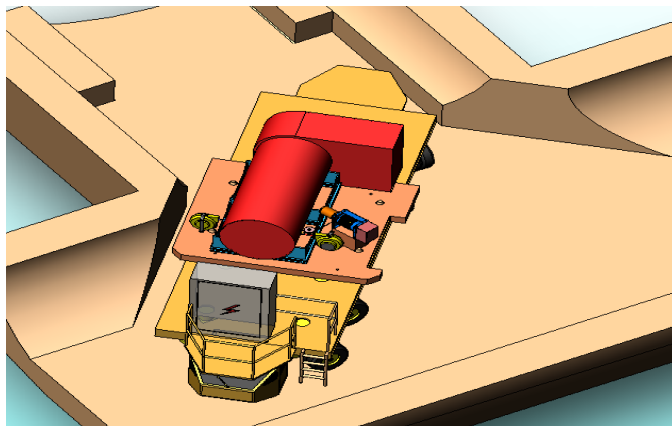
L'objectif est la conception, puis la réalisation d'un prototype qui, tout en assurant la protection radiologique en maintenant le colis dans une hotte de protection, doit permettre de transporter, puis insérer le colis dans une alvéole de stockage.

Même si le transport de colis de déchets irradiants (par exemple des déchets vitrifiés) est bien maîtrisé comme dans l'usine COGEMA de la Hague, des opérations similaires en milieu souterrain sont soumises aux contraintes suivantes :

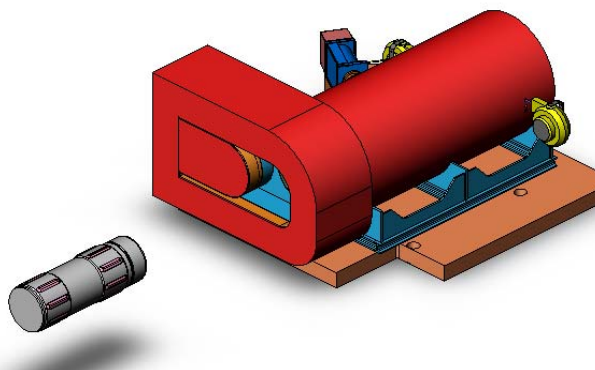
- l'espace y est moindre,
- la nécessité d'une protection radiologique pour le personnel impose la présence d'une hotte de protection et l'utilisation de robots télécommandés
 - lors du transport en galeries, puis des opérations d'accostage au niveau de l'alvéole de stockage
 - puis lors du transfert du colis de la hotte de transport dans l'alvéole de stockage, avec éventuellement une rotation de 90° (par exemple horizontalement, dans le cas d'un tunnel)
 - et enfin lors de fermeture de l'alvéole.

Un exemple de chaîne cinétique avec ses composants est décrit ci-après :

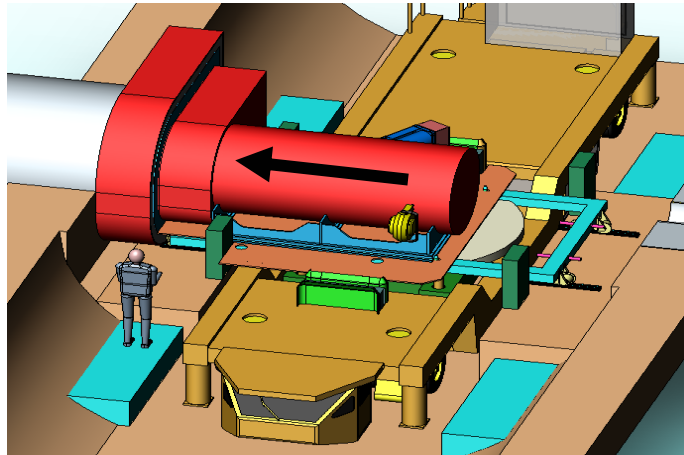
Transport du colis de déchets radioactifs dans sa hotte de protection



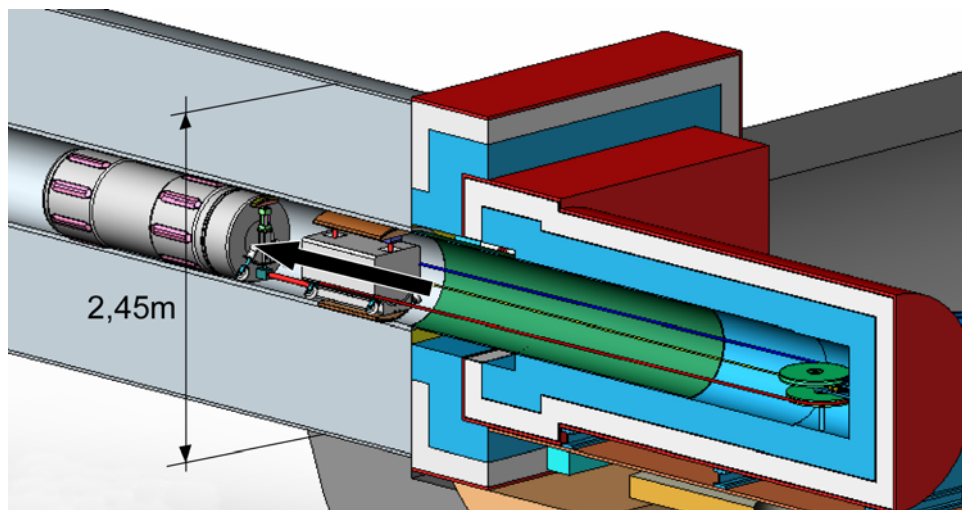
Hotte de protection et colis de déchets



Accostage du transporteur au niveau de l'alvéole de stockage (tunnel horizontal)



Mise en place du colis de déchets dans l'alvéole de stockage avec un robot télécommandé



En ce qui concerne les sites envisagés à ce jour pour la mise en oeuvre de tels prototypes, les premières démonstrations seront réalisées en atelier et la démonstration en milieu souterrain sera décidée ultérieurement en fonction des disponibilité des sites..

Module # 3 – Mise en place horizontale de charge lourde (5 à 50 tonnes)

Les opérations de mise en place de colis, type super-conteneur (c'est-à-dire composé du colis primaire de déchets radioactifs entouré des éléments de BO) implique des charges lourdes pouvant atteindre jusqu'à 50 tonnes, comme dans le cas du concept retenu par l'agence suédoise SKB.

D'autre part, des opérations d'aménagement des alvéoles, telles que la mise en place d'éléments de barrières ouvragées préfabriqués (voir module 1) impliqueront aussi des charges lourdes (15 tonnes environ).

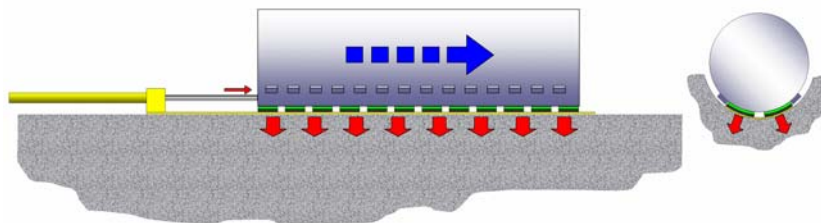
Afin de limiter les frictions lors du déplacement de telles charges, l'option de coussin de fluide (air ou eau) est à étudier et développer.

Ce type de technologie est utilisé couramment dans la construction d'ouvrages en génie civil (ponts par exemple) pour soulever de très lourdes charges avec la création d'un coussin d'air entre deux surfaces planes et horizontales.

Dans le cas précis du stockage de déchets radioactifs, les points essentiels suivants sont à considérer :

- les surfaces seront cylindriques, ce qui réduit la puissance du coussin de fluide
- le type de fluide doit être adapté notamment au milieu géologique et son débit compatible avec les limitations en milieu souterrain.

Principe de la technique du coussin d'air pour le déplacement d'un conteneur de forme cylindrique



En ce qui concerne les sites envisagés à ce jour pour démonstration de tels prototypes :

- l'option du transport d'un super-conteneur correspondant au concept suédois KBS3-H pour combustibles usés serait réalisée dans le laboratoire souterrain d'Aspö (Suède)
- les autres démonstrations seraient réalisées en atelier.

Module #4 - Utilisation et mise en place de béton projeté réalisé avec des ciments spéciaux, pour la construction ou le scellement d'ouvrages

L'objectif est de mettre au point des formules de ciments spécifiques, compatibles avec les objectifs de sûreté à long terme ainsi qu'avec la mise en place, par la technique du béton projeté.

Les matériaux à base de ciment sont largement utilisés dans le domaine de la construction des ouvrages souterrains, notamment en faisant appel à la technique du béton projeté. Cependant, les ciments utilisés habituellement réagissent avec leur environnement, en particulier vis-à-vis des matrices de verres (donc dans le cas des déchets vitrifiés) ou du milieu géologique.

Afin d'éviter ces phénomènes d'interaction, des formules de ciments, appelées « bas pH » sont en développement.

Les activités de ce module visent à compléter ces développements puis, après mise en place par la technique du béton projeté, à qualifier notamment en termes de perméabilité l'ouvrage ainsi réalisé (dans ce cas, un bouchon de scellement).

En ce qui concerne le site de démonstration envisagé à ce jour, il est prévu de réaliser un bouchon de scellement dans le laboratoire d'Aspö (Suède).

Module 5 # Formation et communication

Un programme spécifique, incluant la formation d'ingénieurs et scientifiques et le transfert de technologie, au profit notamment des organismes gestionnaires déchets radioactifs dépendant des nouveaux pays membres de l'Union européenne, sera proposé avec l'organisation de séminaires et des possibilités de détachement.

Les résultats d'ESDRED feront l'objet de publications et présentations lors de conférences internationales, à l'occasion de conférences de presse ou lors d'opérations publiques sur le stockage géologique.

Des cours, présentations et visites, adaptés à l'auditoire, seront proposés tant à la communauté scientifique (laboratoires, universités, écoles d'ingénieurs, organismes de formation...) qu'aux différentes parties prenantes ou à un public plus large, intéressés par le projet.

Un site Internet est d'ores et déjà en cours de réalisation et sera opérationnel cet été.

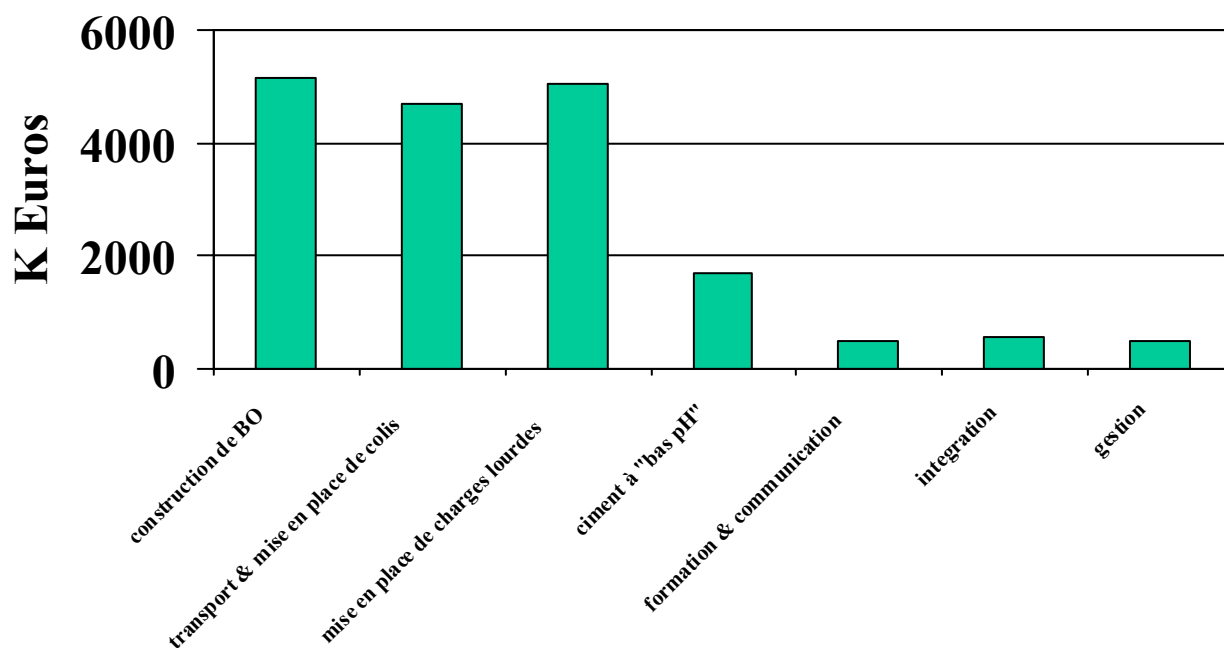
Quelques chiffres et données importantes

Date de début du projet : 1^{er} février 2004

Durée du projet : 5 ans

Budget total : 18 millions d'Euros, dont 7.3 millions d'Euros du VI^{ème} Programme-cadre de recherche et formation Euratom de l'Union européenne (2002-2006)

Histogramme des budgets des différents modules d'ESDRED (en millier d'Euros)



ESDRED Integrated Project,
c/o Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)
(Unité DP/TE)
Parc de la Croix Blanche, 1/7 rue J Monnet,
F 92298 Châtenay-Malabry Cedex
Phone : +33 1 46 11 80 00
Fax : +33 1 46 11 82 23