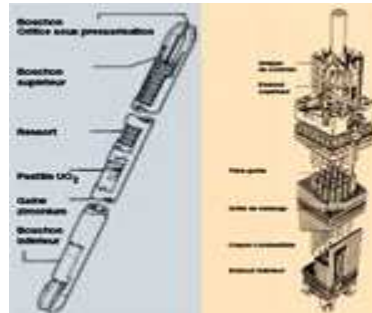
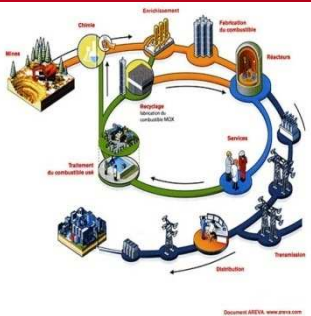


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

# LA GESTION DES DÉCHETS EN INB



Laure PASQUIOU - INSTN

10 AVRIL 2012

[www.cea.fr](http://www.cea.fr)  
[www-instn.cea.fr](http://www-instn.cea.fr)

instn

## 1- Acteurs

## 2-Classification des déchets:

Définitions

Réglementation

Catégories de déchets

## 3- Filières de traitement :

Conditionnement

Entreposage/transport

Stockage

## 4- Caractérisation des déchets

## 5- Prévisionnel déchets

**ACTEURS**

## LES PRODUCTEURS:

- EDF, AREVA, CEA
- LES PETITS PRODUCTEURS: établissements de recherche, Andra, hôpitaux, industriels divers

## LES POUVOIRS PUBLICS:

- L'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire)
- L'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)
- Les DREAL (directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) qui regroupent les anciennes DIREN, la DRE et les parties environnement industriel, contrôle technique des véhicules et l'énergie des DRIRE. Elles pilotent les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement.

## LES PRESTATAIRES DE TRAITEMENT

- SOCODEI
- Entreprises d'assainissement

## LES TRANSPORTEURS:

- TNI et ses filiales, DAHER, ...

## L'ANDRA (Agence Nationale de gestion des Déchets Radioactifs)

# LA CLASSIFICATION DES DÉCHETS

- Déchets (ex loi du 15/7/1975 - Art L541-1 Code Env.):

Tout résidu d'un processus de production, de transformation et d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.

- Déchets radioactifs (loi du 28 juin 2006 - Art L542-1-1 Cod Env.)

Toute substance qui contient des radionucléides pour laquelle aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.



## ■ Stockage:

- filière d'élimination définitive de déchets
- ou « potentiellement définitive » : il peut être réversible !!
- le site est une barrière de confinement

## ■ Entreposage

- dépôt provisoire de déchets en attente d'élimination définitive
- installation aménagée spécifiquement
- le site ne participe pas au confinement
- récupération des déchets à court ou long terme



## ■ Zonage d'une INB:

Le zonage déchets, qui est distinct du zonage radioprotection mais cohérent avec lui, est réalisé dans un unique but : distinguer les zones d'un site nucléaire où les déchets produits sont radioactifs ou susceptibles de l'être.

C'est donc une approche géographique :

- ➔ « zone à déchets nucléaires » ou ZDN
- ➔ « zone à déchets conventionnels » ou ZDC

Le zonage déchets est défini en fonction d'un certain nombre de critères liés à :

- l'historique « exploitation » de la zone
- l'état des lieux radiologique de la zone : surfacique et massique
- la nature des opérations se déroulant dans la zone
- l'origine et la nature des déchets produits

Il n'y a pas de seuil de libération des Déchets (« exception » française).





- La gestion des déchets conventionnels est cadrée par la Loi 75-633 du 15/07/1975 modifiée et codifiée, relative à « l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux ». Ses grands principes :
  - Responsabilité du producteur jusqu'à l'élimination
  - Minimisation de la quantité de déchets produits et de leur nocivité
  - Organisation du transport en limitant les distances et les volumes
  - Traçabilité
  - **Transparence** : assurer l'information du public

NB : certains déchets conventionnels sont des déchets dangereux dont l'impact sur l'environnement et la santé sont notables ; ils présentent donc des risques importants et sont redevables de prescriptions particulières pour leur collecte, leur tri, leur transport et leur élimination en centre spécifique :

Les centres de traitement sont des **ICPE** (Installations Classées pour le Protection de l'Environnement) qui détiennent :

- un arrêté préfectoral décrivant leurs activités autorisées et les déchets admissibles et interdits
- Des agréments particuliers pour les produits chimiques, les huiles, l'amiante

## ■ Déchets Dangereux (DIS)

- Exemples : déchets contenant du mercure, du PCB, de l'amiante libre ou amiante ciment, ...des huiles, produits chimiques périmés, du béton souillé ...
- Directive du 12/12/91 liste 14 caractéristiques rendant les déchets dangereux (explosifs, inflammables, éco-toxique, ...) et le Décret 2002-540 du 18 avril 2002 liste tous les déchets dangereux et non dangereux (classification en catégories et utilisation de codes déchets)

## ■ Déchets Industriels Banals (DIB)

Déchets non dangereux et évolutifs : métaux, bois, plastiques, câbles, ... et déchets avec matière organique

## ■ Déchets Inertes (DI)

Déchets non dangereux et inertes du point de vue chimique, physique et biologique : béton, briques, céramiques, verres.

# RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX DÉCHETS NUCLEAIRES (RADIOACTIFS) (1/5)

- La gestion des déchets radioactifs se place dans le cadre général de la gestion des déchets cadré par la loi 75-633 du 15/07/1975 mais est précisée par la loi spécifique :
- Loi 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs :
  - Remplace la loi No. 91-1381 du 30 décembre 1991 sur la recherche et la gestion des déchets radioactifs MA-HAVL



# RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX DÉCHETS NUCLEAIRES (RADIOACTIFS) (2/5)

- Loi 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs :
  - Publiée après 15 ans de recherche initiée par la loi de 1991
  - Concerne l'ensemble des matières et déchets radioactifs
  - Définit les orientations de R&D pour la gestion des déchets et fixe les conditions d'information sur l'avancement des travaux de recherche
  - Prescrit les principes de financement de gestion des déchets
  - Définit les principes et objectifs du Plan National de Gestion des Déchets et des Matières Radioactifs (PNGMDR )
  - Le stockage de déchets étrangers est interdit
  - Les déchets MAVL produits avant 2015 devront être conditionnés avant 2030

# RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX DÉCHETS NUCLEAIRES (RADIOACTIFS) (3/5)

- La loi sur les déchets radioactifs est complétée par le décret 2012-542 du 23/04/12 fixant les prescriptions relatives au Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) qui est révisé tous les 3 ans et qui :
  - Détaille la politique de gestion des déchets matières radioactifs
  - Assure la cohérence de l'ensemble du dispositif de gestion des déchets radioactifs
  - Définit et assure la mise en œuvre des filières de gestion des déchets radioactifs quelle que soit leur nature et leur activité

**Plan national**  
de gestion des matières  
et des déchets radioactifs  
2010 - 2012

Le PNGMDR : un élément central pour le pilotage de la gestion des déchets radioactifs en France. Révisé tous les 3 ans.

# RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX DÉCHETS NUCLEAIRES (RADIOACTIFS) (4/5)

- le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) vient d'être révisé. Il comporte de nouvelles recommandations :

## Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010 - 2012

### Le centre de stockage de surface des déchets de très faible activité (TFA)



#### Recommandation du plan

Areva, le CEA, EDF et l'Andra devront conjuguer et accroître leurs efforts pour mettre en place des filières de valorisation dans le secteur nucléaire. Il est également nécessaire que les principaux producteurs de déchets examinent les possibilités techniques et l'opportunité économique de densification des déchets livrés au centre TFA.

La gestion au plan industriel des déchets de grande dimension dans le centre de surface TFA nécessite aujourd'hui un découpage préalable pour les déchets de plus de 30 tonnes. L'Andra examinera l'intérêt de développer une filière industrielle de prise en charge de ces déchets dans des alvéoles de stockage dédiées.

Le centre de surface TFA ne peut pas prendre en charge certains déchets TFA toxiques chimiquement alors qu'ils seraient acceptables en centres de stockage de déchets ultimes (centres d'enfouissement technique) s'ils ne présentaient pas de caractère radioactif ; ces déchets sont donc aujourd'hui sans filière d'élimination. L'Andra réalisera une étude comparée des approches de sûreté des centres de déchets ultimes conventionnels et du centre de stockage de surface des déchets TFA afin de définir les modalités de gestion à retenir pour ce type de déchets.

### Les déchets actuellement sans filière de gestion



#### Recommandation du plan

Des études sont demandées à l'Andra et aux producteurs de déchets afin de mettre au point des procédés de décontamination ou de traitement de ces déchets qui permettraient de les rattacher ensuite à une filière de long terme existante ou en projet.



### Les déchets de faible activité à vie longue (FAVL)



#### Recommandation du plan

La recherche de site sera poursuivie avec pour objectif l'exemplarité, aussi bien du point de vue de la sûreté nucléaire que de la concertation et de la transparence, en respectant le principe du volontariat des territoires. Il est d'ores et déjà prévu qu'un débat public soit organisé préalablement au choix de site.

En parallèle de la recherche de sites, des études seront poursuivies concernant la connaissance, le traitement et le conditionnement des déchets FAVL. Le travail d'inventaire quantitatif et de caractérisation des déchets devra également être approfondi afin que l'Andra puisse proposer un modèle d'inventaire de dimensionnement du stockage.

# RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX DÉCHETS NUCLEAIRES (RADIOACTIFS) (5/5)

- La gestion opérationnelle des déchets dans les INB est cadré par l'arrêté du 31/12/1999 qui est la réglementation générale pour prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des INB.
- Cet arrêté sera remplacé en 07/2013 par l'arrêté INB du 7/02/12 & sera complété par des décisions de l'ASN : Gestion des déchets dans les INB, conditionnement des déchets, entreposages de déchets et stockages de déchets .
- Titre V - Articles 20 à 27 : Gestion des déchets dans INB
  - « étude déchets » obligatoire et à faire approuver par l'ASN
  - bilan déchets annuels
  - conditions de collecte tri, entreposage, élimination des déchets
  - « zonage déchets »





## CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS (1/3)

- Les déchets radioactifs sont très divers de par leur radioactivité, leur durée de vie et leur nature (techno, boues, ferrailles, gravats, huiles...).
- Chaque type de déchets nécessite un traitement et une solution de gestion à long terme adaptés afin de maîtriser le risque radiologique .



- Deux paramètres principaux permettent d'appréhender le risque radiologique :
  - d'une part, l'activité, qui contribue à la toxicité du déchet ,
  - et d'autre part, la période radioactive, qui est fonction de la décroissance radioactive des radioéléments présents dans les déchets.



■ On distingue :

- d'une part, des déchets de très faible, faible, moyenne ou haute activité,
- et d'autre part, des déchets de très courte durée de vie (radioactivité divisée par 2 en moins de 100 jours) issus principalement des activités médicales, des déchets dits de courte durée de vie (radioactivité divisée par 2 en moins de 30 ans) et des déchets dits de longue durée de vie, qui contiennent une quantité importante de radioéléments de longue période (radioactivité divisée par 2 en plus de 30 ans).

# CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS (3/3)

## DÉCHETS TFA

Inférieurs à 100 Bq/g

## DÉCHETS FA-VL

Quelques dizaines à quelques milliers de Bq/g

## DÉCHETS FMA-VC ou A

Entre quelques centaines et 1 Million de Bq/g

## DÉCHETS MA-VL ou B

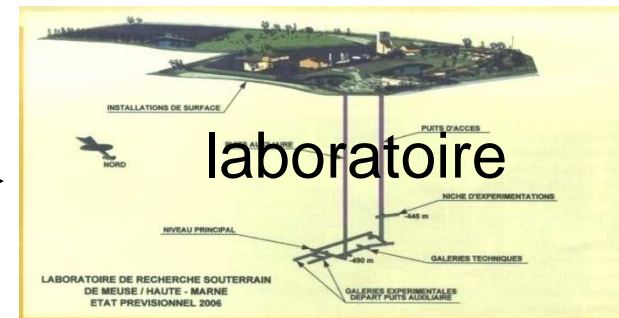
Entre 1 Million et 1 Milliard de Bq/g

## DÉCHETS HA ou C

Plusieurs milliards de Bq/g

Recherche d'un site pour 2019 (graphite, radifères, ...)

Recherche d'un site définitif pour 2025 (déchets vitrifiés, boues,...)



## ■ Les déchets de faible activité à vie longue

Ces déchets proviennent le plus souvent d'activités industrielles conduisant à la concentration de radionucléides d'origine naturelle (ancienne industrie du radium) ou de l'industrie électronucléaire (le graphite irradié contenu dans les structures des anciens réacteurs UNGG).

Du fait de leur longue durée de vie, ces déchets ne peuvent pas être éliminés dans un stockage de surface car il n'est pas possible de bénéficier de leur décroissance radioactive dans un délai compatible avec la permanence d'une surveillance institutionnelle.

Cependant, leur faible dangerosité intrinsèque pourrait permettre d'envisager de les éliminer dans un stockage en subsurface, à une profondeur d'au moins une quinzaine de mètres. Un site est en cours de recherche, pas de démarrage avant 2019 contre 2015.

## ■ Les déchets FA / MA à vie courte ... sans filière

Certains déchets FA/MA vie courte ont des caractéristiques telles qu'ils ne peuvent pas être actuellement acceptés au CSA à Soulaïnes, sans une autorisation complémentaire de la part de l'ASN.

La plupart des sources scellées sont dans ce cas (radioactivité souvent très concentrée). De ce fait, même après 300 ans, elles continuent de posséder ponctuellement une radioactivité significative.

Par ailleurs, certains déchets contiennent des quantités notables de tritium ce qui complique énormément leur gestion. En effet le tritium est un radioélément à vie courte, mais qui, contrairement aux autres radionucléides, s'avère difficile à confiner du fait de sa mobilité. Les déchets tritiés s'avèrent délicats à caractériser et sont à l'origine de situation de dépassement de rejets actifs ou de non conformités chez les éliminateurs.

# DÉCHETS RADIOACTIFS - DÉCHETS À PROBLÈME... (3/3)

## ■ Les déchets radioactifs avec autre risque

Certains déchets radioactif « cumulent » les difficultés puisque leur nature implique des risques intrinsèques supplémentaires : c'est le cas des déchets radioactifs :

- très acides ou très basiques, donc hors normes pH => étude à mener pour éventuel tamponnage et reprise filière existante
- amiantés. Et c'est fréquent dans le cas des démantèlements d'INB => entreposage dédié sécurisé et examen en cours d'une filière de reprise
- pollués au mercure (rupture ou vieille fuite d'instrumentation) : tenter de piéger le mercure à la fleur de soufre pour revenir dans les filières adaptées au déchet principal d'une part, des déchets de très faible, faible, moyenne ou haute activité,
- Les déchets électriques, électroniques, les piles, les accus, les batteries... comme les néons qui ont eux trouvé filière, prévoir entreposages spécifiques dans l'attente des dérogations nationales.



# LES FILIÈRES DE TRAITEMENT

## Les grandes filières de traitement

- Valorisation des matières : Recyclage
- Réduction de l'activité :
  - Utiliser la décroissance naturelle
  - L'assainissement
- Réduction du volume :
  - Découpe
  - Incinération/Fusion
  - Compactage
- Confinement :
  - Cimentation/bitumage
  - Vitrification



**Orienter les déchets vers les bonnes filières,  
pour faire le moins de volume possible et séparer les déchets  
qui ne sont pas dans les mêmes catégories**

# FILIÈRES DE TRAITEMENT – RECYCLAGE (1/2)



**Four à plomb  
CEA Marcoule**



**Plomb  
décontaminé**



**Four à plomb  
D'HUART Industrie**





# FILIÈRES DE TRAITEMENT – RECYCLAGE (2/2)

**Déchets issus d'installations nucléaires**



**Contrôles produits entrants:**  
Respect des spécifications d'entrée à l'ADM

**Décontamination par l'ADM Marcoule**



**Contrôles procédé:**

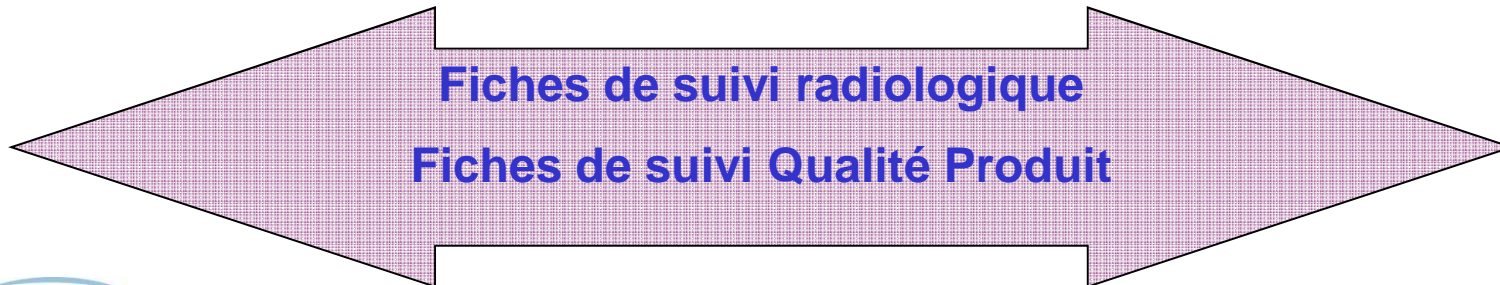
- Température de fusion
- Durée de fusion
- Ecrémage
- Remplissage des lingotières

**Lingot de plomb décontaminé**  
(valeur moyenne : 0,5 Bq/g)



**Contrôles produits sortants:**

- Masse des lingots
- Contrôles radiologiques des lingots



## Exemples de techniques

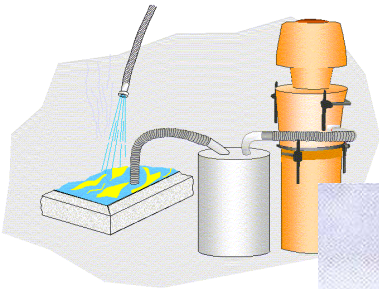
■ Aspiration



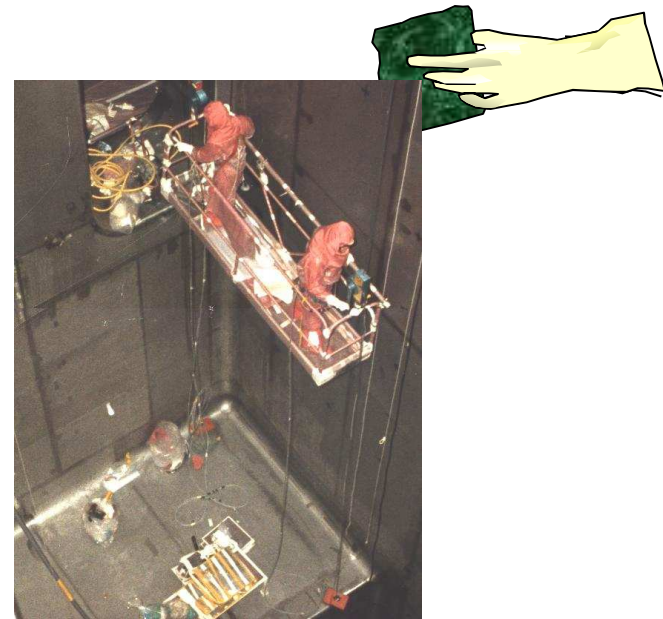
■ Vapeur sèche



■ Frottis avec lingettes imprégnées



■ Haute pression



## Exemples de techniques

- Gels rinçables/aspirables et mousses



- Activation externe par Ultra sons





■ Incinération des plastiques



Découpe  
plasma /  
chalumeau

■ Fusion des ferrailles



Disqueuse  
forte  
capacité

## ■ Compactage de fûts de 120l de déchets technologiques

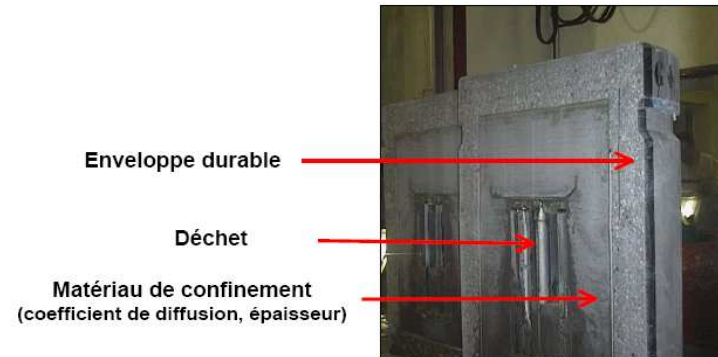


## ■ Compactage de déchets de Coques et Embouts (structure de combustible)



# FILIÈRES DE TRAITEMENT – CONFINEMENT (BÉTON/BITUME/VITRIFICATION)

- Injection béton (colis métallique ou béton fibre) pour déchets technologiques



- Injection bitume pour boues issues du traitement des effluents



- Vitrification pour Produits de fission

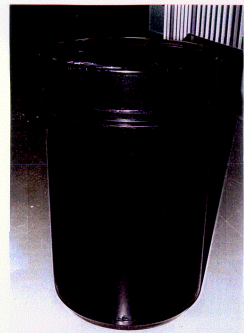




# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – EXEMPLE AREVA – Colis primaires



**120 l**



**400 l**



**ATL**



MISE EN PLACE DES HOUSSES PLASTIQUE



**Carton  
filtre ventilation**



**Fût décanneur**

Fût décanneur

**Panier  
déchet**

Poubelle La Calhène 20 litres



**ETUI**



**CEFE**



**Fut 60l  
Polyéthylène**

Poubelle La Calhène 50 litres

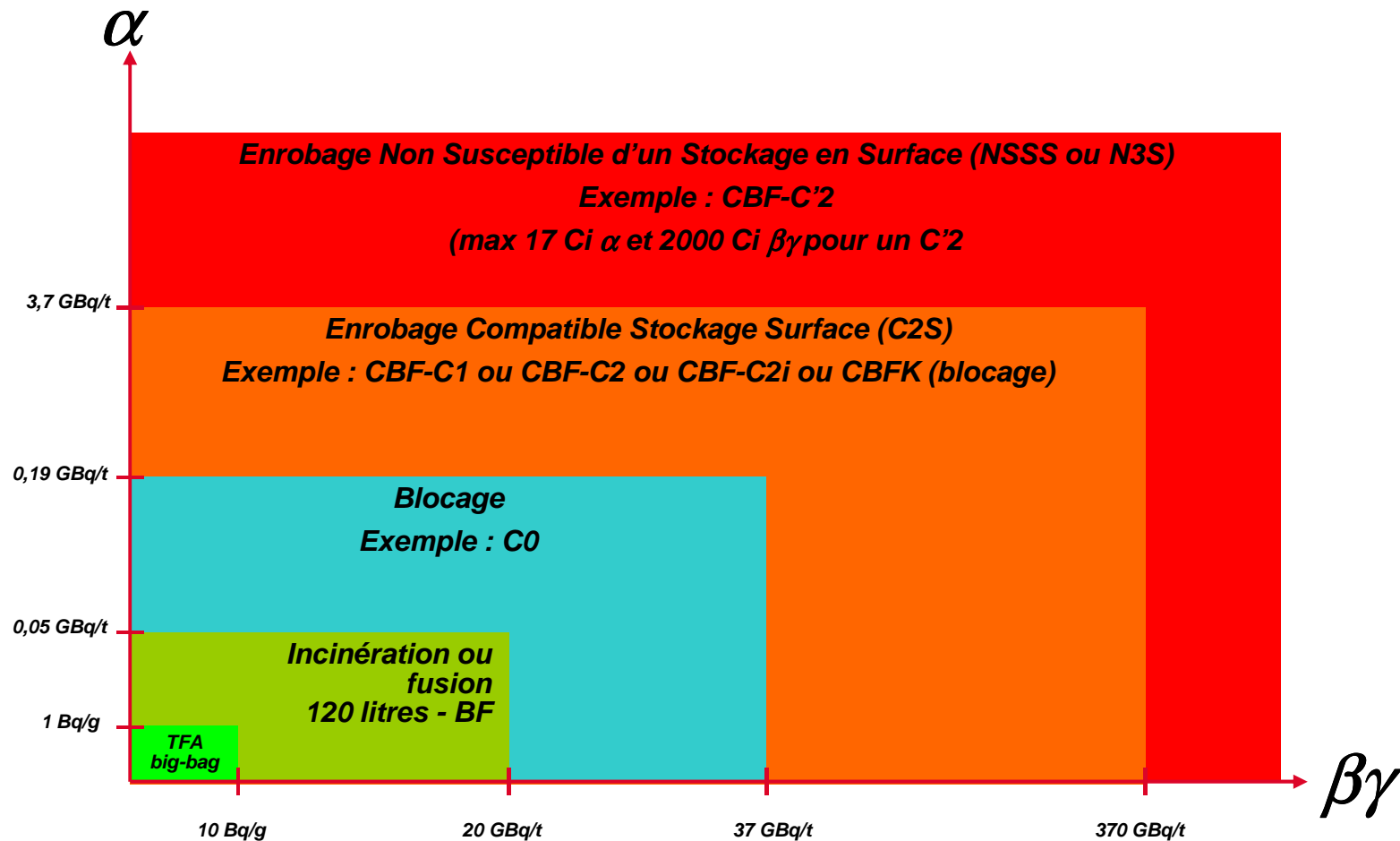


Poubelle La Calhène CTPE 105



**Poubelles La Calhène**

# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – EXEMPLE AREVA – Choix du colis final





# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – EXEMPLE AREVA – Colis finis TFA

■ Big Bag



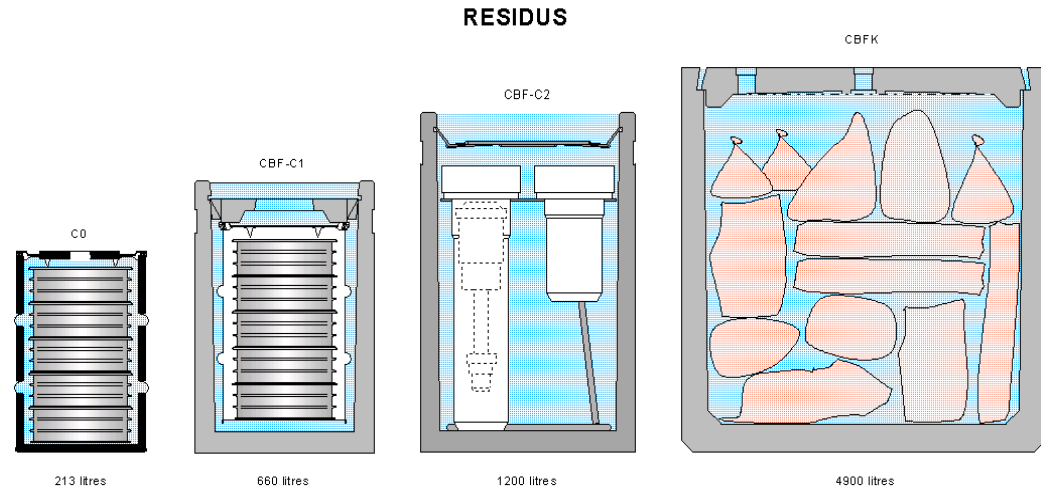
■ Casier grillagé



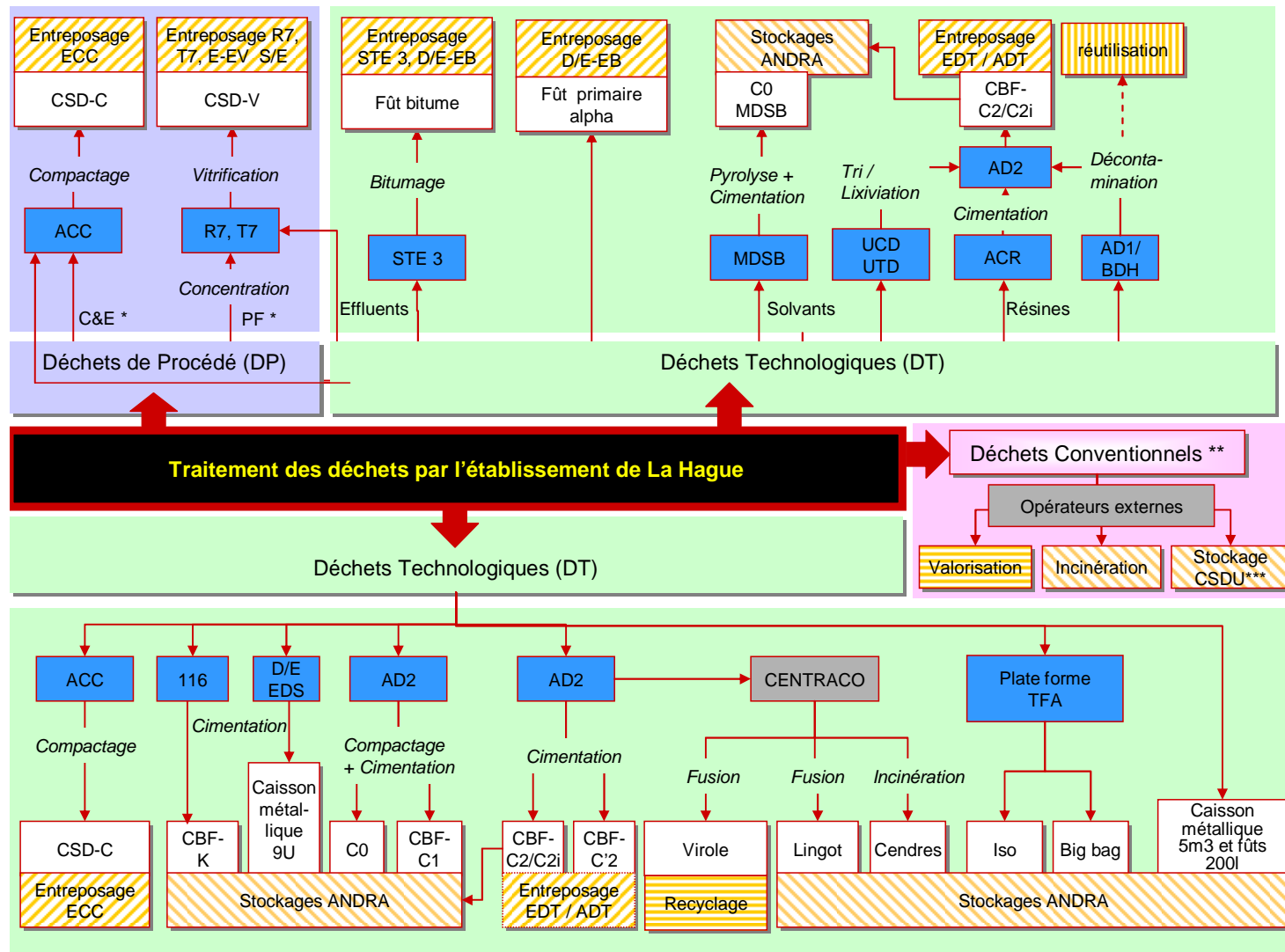
■ Casier parois pleine



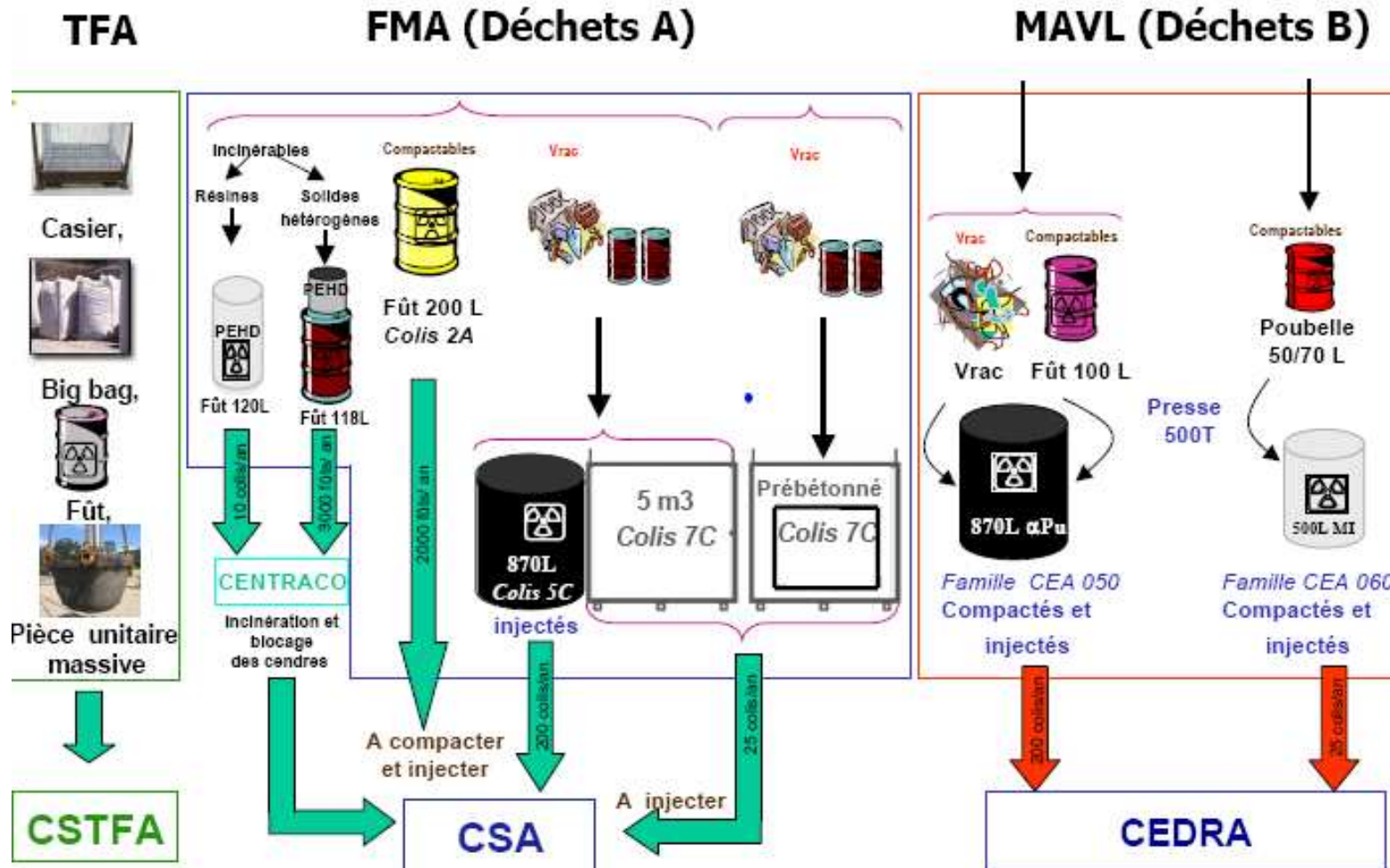
# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – EXEMPLE AREVA – Colis finis FA/MA



# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – Synthèse AREVA



# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – EXEMPLE CEA



# LES GRANDES CATÉGORIES DE TRAITEMENT POSSIBLE – Exemples de colis EDF





# L'ENTREPOSAGE ET LE TRANSPORT

## ■ Entreposage chez les producteurs avant envoi en stockage

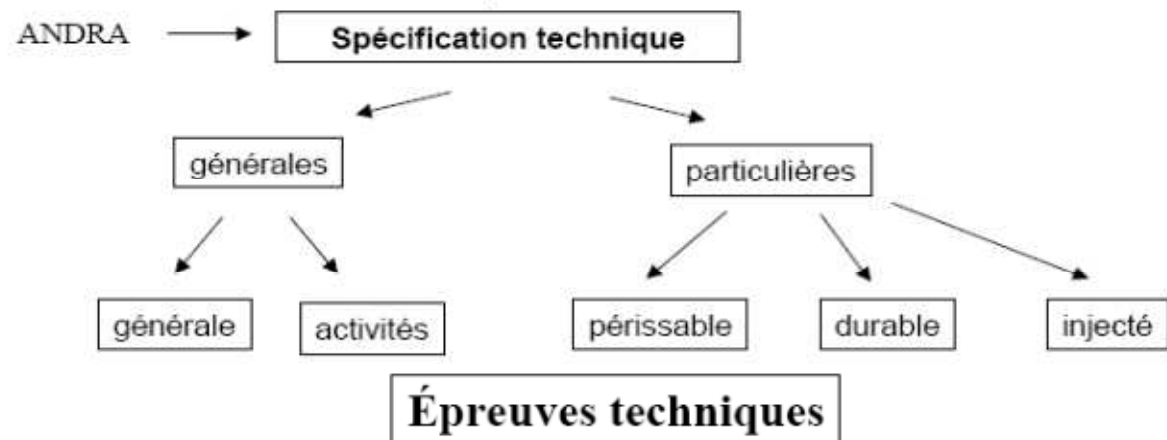


## ■ Transport routier/ Ferroviaire/ Maritime



# LE STOKAGE - Agrément

- L'ANDRA doit :
  - Définir en conformité avec les règles de sûreté, des spécifications de conditionnement et de stockage des déchets radioactifs,
  - Définir des épreuves techniques associées,
  - Prononcer un agrément de chaque type de colis de déchets destinés à être stockés en site de surface. Ces colis doivent être fabriqués suivant des procédés dont l'ANDRA accepte la mise en œuvre pour le contrôle, le traitement et le conditionnement des déchets,
  - S'assurer du respect, par les producteurs des conditions fixées par les agréments.



Ces spécifications définissent entre autres :

- ⇒ Les conteneurs (masse, géométrie, confinement, ...)
- ⇒ Limite de la radioactivité contenue dans les colis qui concerne les éléments à vie courte et moyenne ainsi que les éléments à vie longue.

## LE STOKAGE – TFA (1/3)



Année d'ouverture : **19/06/2003**

Superficie: **45 hectares** (28.5 pour le stockage)

Capacité : **650 000 m<sup>3</sup> (750 000 tonnes)**

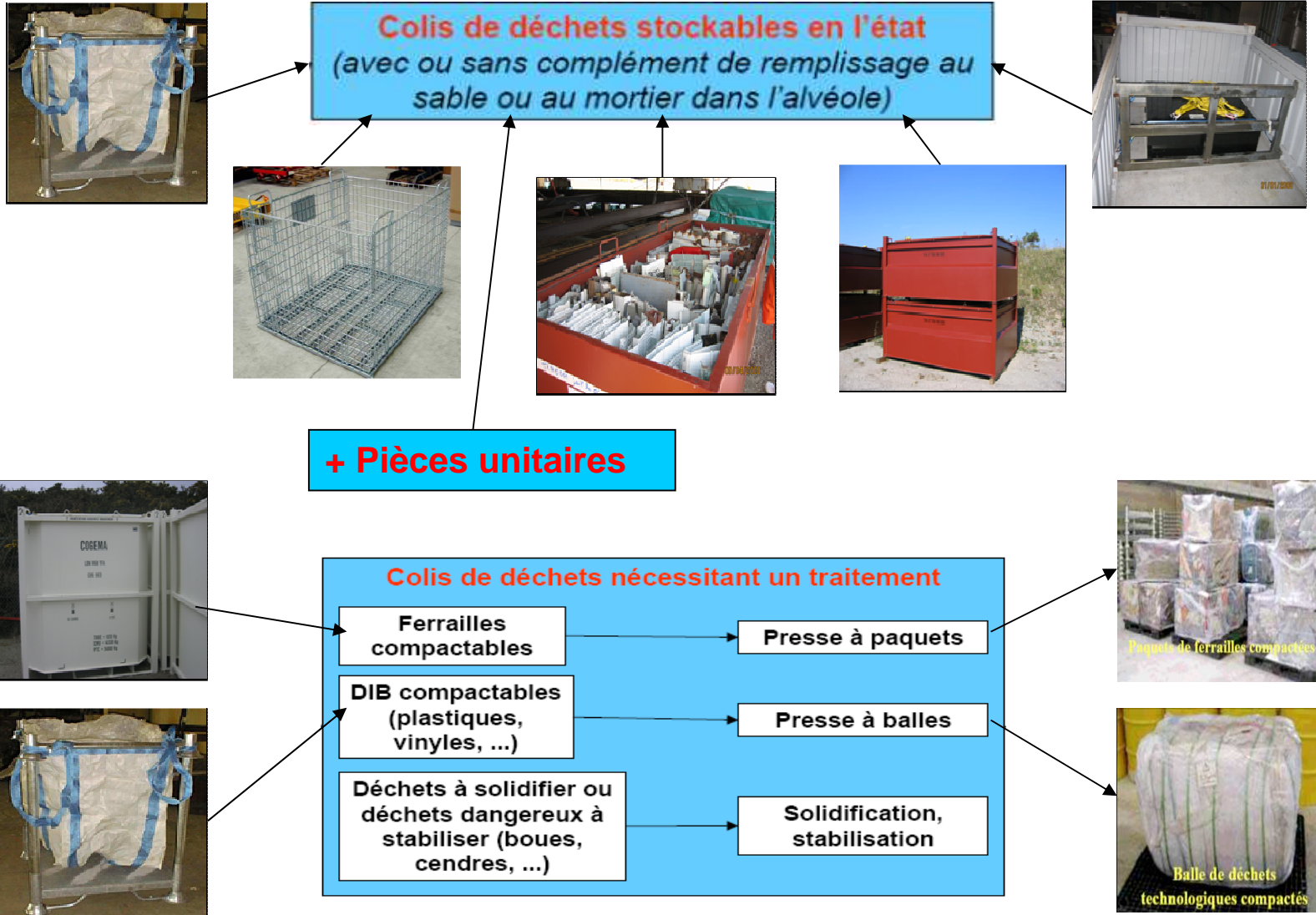
Exploitation : **30 ans** (puis surveillance)

Volume annuel moyen : **24 000 m<sup>3</sup> env.**

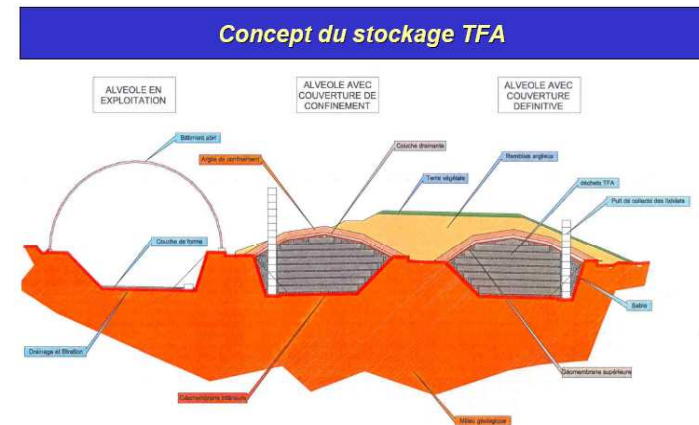
Investissement: **40 M €**



# LE STOKAGE – TFA (2/3)



# LE STOKAGE – TFA (3/3)



## INB : En chiffres ...



Année d'ouverture : **1992**  
(premier colis reçu le **13/01/1992**)

Superficie: **95 hectares** (30 pour le stockage)

Capacité : **1 000 000 m<sup>3</sup>**

Exploitation : **60 ans** (puis surveillance)

Volume annuel moyen : **12 000 m<sup>3</sup>**  
**30 000 colis env.**

Coût d'un m<sup>3</sup> stocké : **2149 €**

Coût du stockage : **221 M €**  
(études géologiques + construction)



# LE STOKAGE – FAMA (2/3)



# LE STOKAGE – FAMA (3/3)

*Le CSFMA : le bétonnage des colis à enveloppe périssable*



*Le CSFMA : le gravillonnage des colis à enveloppe durable*



*Le CSFMA : les ouvrages de stockage*



Lignes d'ouvrages à différents stades de l'exploitation

## CIGEO (Centre industriel de stockage géologique)

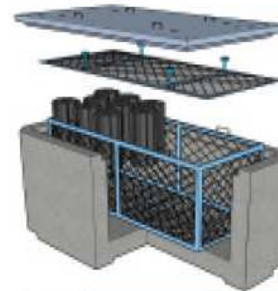
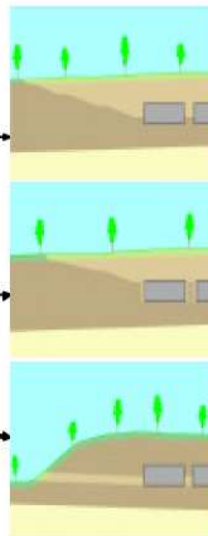


## Stockage pour déchets graphite et radifères

Option de référence :  
terrassements et couverture remaniée

Option en variante : réalisation des ouvrages de stockage  
avec des ouvrages de soutènement (p.e. parois moulées)

Option alternative : en pied de côte ou flanc de colline



Projet de colisage EDF pour les déchets de graphite

# LA CARACTÉRISATION DES DÉCHETS

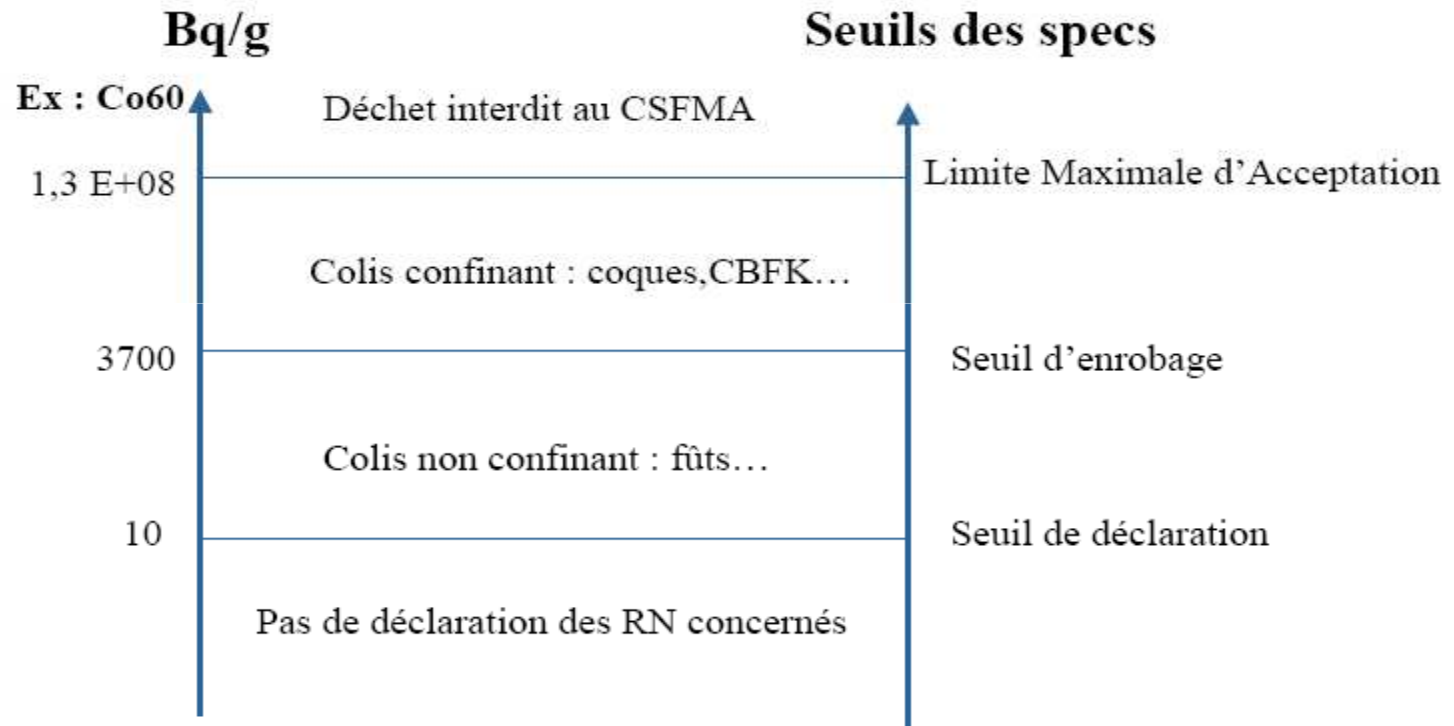
- Objectifs principaux
  - Des contraintes d'entreposage
    - Activité, puissance thermique,
    - masse fissile (garantie de seuil de sûreté criticité)
  - Les critères de transport
    - Mesure de débit de dose sur colis final
    - Calcul de A2
  - Caractérisation ANDRA
    - Contrôle qualité
    - Orientation vers la filière appropriée
    - Optimisation de la filière de stockage



***Extrait de la note ANDRA ACO SP ASRE 99.002:  
« Spécification d'acceptation des colis de déchets  
radioactifs au centre de l'AUBE - Spécification d'évaluation  
et de déclaration des caractéristiques radioactives »***

- *“La méthodologie d'évaluation de l'activité retenue doit revêtir un caractère globalement majorant même si le risque d'une sous-estimation ponctuelle ne peut être écarté pour quelques colis individuels”*
- *“Cependant l'ANDRA peut refuser une méthodologie conduisant à une trop forte majoration de l'activité globale des colis de la famille considérée”*

## Critères d'acceptation au CSFMA



# Filière FA/MA: Les exigences ANDRA

**Le pouvoir confinant du colis (Seuil d'enrobage) doit être garanti si les activités massiques sont telles que:**

- $A_{m,i} > \text{seuil d'enrobage du radionucléide } i, \text{ quelque soit } i$
- $A_{m,\beta\gamma} > 3.7 \cdot 10^4 \text{ Bq/g}$
- $A_{m_{\alpha < 31 \text{ ans}}, j} > 3.7 \cdot 10^3 \text{ Bq/g, quelque soit } j$
- $A_{m_{\alpha < 31 \text{ ans}}} > 3.7 \cdot 10^4 \text{ Bq/g}$
- $A_{m_{\alpha \text{ à } 300 \text{ ans}}} > 1.85 \cdot 10^2 \text{ Bq/g}$

**Les colis ne peuvent être pris en charge sur la CSFMA (LMA) que si les activités massiques sont telles que:**

- $A_{m,i} < \text{LMA du radionucléide } i, \text{ quelque soit } i$
- $A_{m_{\alpha \text{ à } 300 \text{ ans}}} < 3.7 \cdot 10^3 \text{ Bq/g}$

## **Limites sur l'activité tritium dans un colis:**

- Fût de 200l à compacter: 1GBq
- Caisson de 5m<sup>3</sup> à injecter: 50GBq
- Caisson de 10m<sup>3</sup> à injecter: 100GBq

## **Limites sur la teneur en matières fissiles:**

- Teneur < 0.1 g/litre de déchets immobilisés (volume utile du conteneur)
- Pas d'application de ce critère sur l'uranium si U235 < 1% en masse

L'activité a contenue dans 0.2m<sup>3</sup> de volume utile doit être telle que:

$$a < 0.8 A_{\max}/V$$

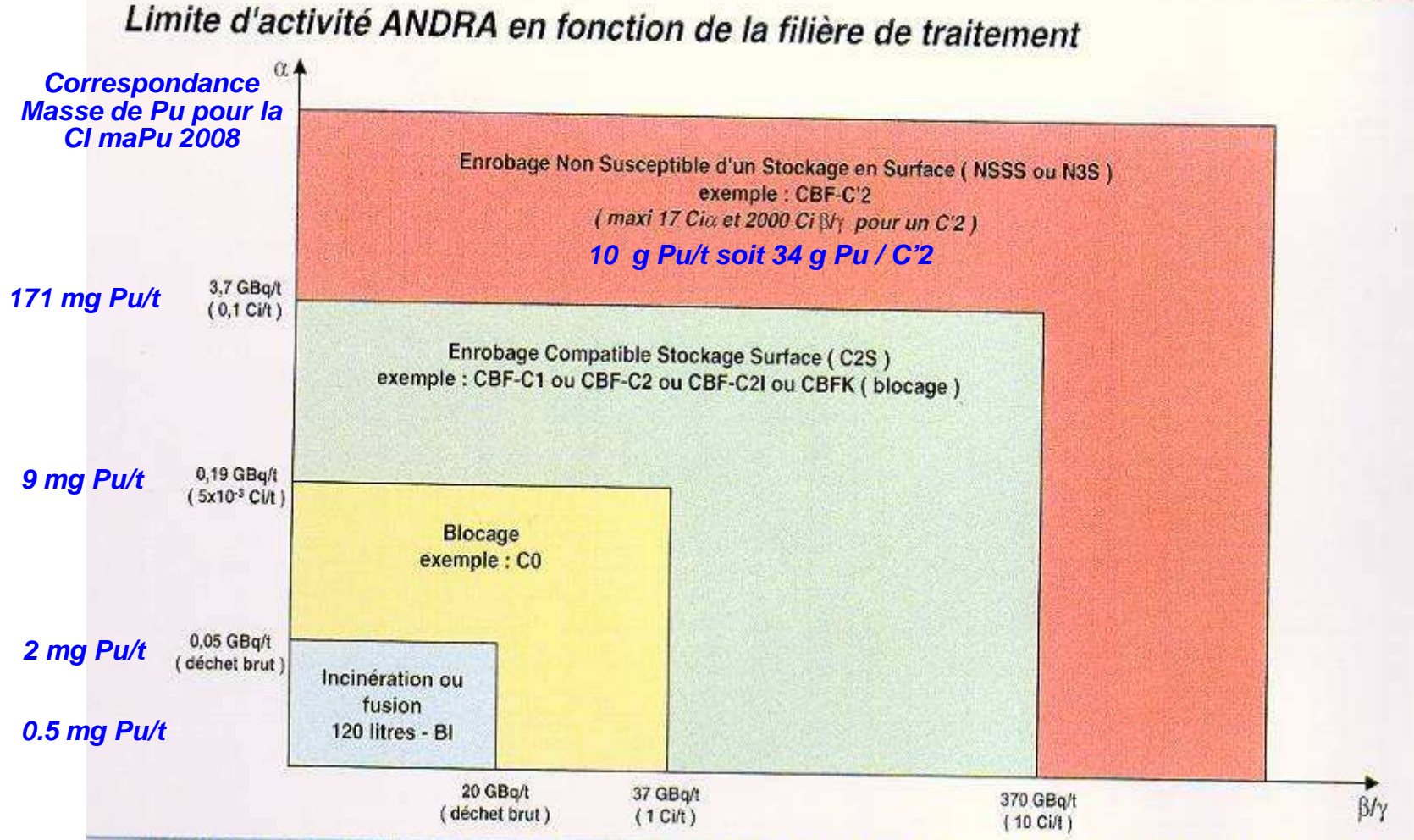
avec :

$A_{\max} = LMA \times M$  (masse à prendre en compte)

et

$V$  = volume de déchets immobilisés (volume utile du conteneur)

# L'ordre de grandeur des valeurs à mesurer



## Évaluation des radionucléides non mesurables

La mesure nucléaire ne peut évaluer qu'une partie des radionucléides présents dans les déchets (Exemple  $^{137}\text{Cs}$ ).

Les radionucléides non mesurables sont évalués par calcul en utilisant un radionucléide mesurable comme traceur (Exemple  $^{126}\text{Sn}$  évalué par un ratio vis-à-vis du  $^{137}\text{Cs}$ ).

Le spectre type n'est en fait que la liste des radionucléides présents dans le déchet pour lesquels on retrouve leur proportion en activité ou en masse.

Exemple:

Radionucléide	% activité
$^{137}\text{Cs}$	30 %
$^{134}\text{Cs}$	1 %
$^{60}\text{Co}$	5 %
$^{54}\text{Mn}$	4 %
$^{106}\text{Ru}$	10 %
$^{126}\text{Sn}$	10 %
$^{90}\text{Sr}$	20 %
$^{238}\text{Pu}$	20 %

Mesurable

Non Mesurable

$$^{126}\text{Sn} = A_{^{137}\text{Cs}} \times \frac{10\%}{30\%}$$

## Étape 1.

- **Connaissance du procédé.**

Produit entrant, séparation chimique, mécanique etc.

- **Code d'évolution + connaissance propriété chimique**

Permet une évaluation quasi complète de l'ensemble des RN dans un élément combustible.

- **Prises d'échantillons + analyses**

Permet de valider et/ou corriger les hypothèses

## Étape 2.

- **Liste des RN retenus dans le spectre type (limite de déclaration)**

## Étape 3.

- **Détermination de la méthode de mesure (Spectrométrie, débit de dose...)**

## Étape 4.

- **Calcul du spectre type et choix des RN mesurables/non mesurables et des traceurs.**

La prises d'échantillons analysées en laboratoire ( spectrométrie  $\gamma$ , comptage  $\beta$ , comptage ou spectro  $\alpha$ , comptage éventuel du Sr90, du H3, du C14, du TC99):

- si elles sont représentatives de la contamination du déchet, ces mesures peuvent suffire à le caractériser. Sinon, elles servent à confirmer les spectres types

Les mesures nucléaires in situ (mesures à la sonde, mesure du débit de dose avec fonction de transfert, spectrométrie  $\gamma$ ):

- elles peuvent permettre de caractériser des déchets bruts lorsque le terme source et les conditions de contamination sont bien connues. L'évaluation d'activité du colis se fait par sommation des valeurs mesurées sur les différents éléments qui y sont introduits.

Les mesures sur des postes fixes paramétrés à partir de géométries de colis bien définies (spectrométrie  $\gamma$ , mesures neutroniques):

- elles permettent de mesurer avec un bon niveau d'incertitude les activités aussi bien  $\alpha$  que  $\beta$   $\gamma$  contenues dans les colis les plus couramment utilisés.



## Débit de dose:

Mesures sur déchets  $\beta\gamma$  uniquement. Spectre type connu et maîtrisé.

## Spectrométrie gamma:

Mesures sur déchets  $\beta\gamma$  ou  $\alpha$  (pas applicable sur mélange)  
Seule alternative pour la composition isotopique Pu et/ou U.  
Permet de couvrir la gamme des limites FA/MA et des TFA.  
Limitée aux déchets de faible densité pour les  $\alpha$ .

## Comptage neutronique:

Mesures sur déchets émettant des neutrons (Pu-Cm) donc peu adaptée à de l'uranium.  
Seule technique pour évaluer l'activité  $\alpha$  en présence de  $\beta\gamma$ .  
La mieux adaptée pour les déchets de forte densité (métalliques)  
Ne permet pas d'atteindre le niveau des TFA et difficilement les seuils d'enrobage.

## La mesure de débit de dose

A partir de la connaissance du spectre type, de la géométrie de la source et de la répartition de l'activité dans cette source, on peut établir une relation entre l'activité totale de la source et le débit de dose qui sera fonction de la distance de mesure.

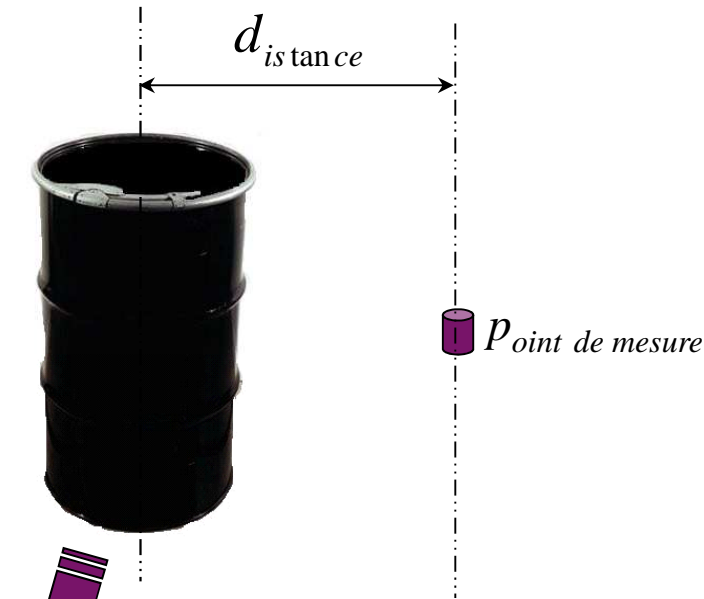
Cette relation calculée à partir de logiciels comme Microshield-Mercurad-MCNP est souvent dénommée « fonction de transfert ».

En procédant à des mesures de débit de dose tout autour du déchets avec des radiamètres portables, on peut dégager des valeurs enveloppes de l'activité en retenant la valeur majorante. Pour éviter l'effet « point chaud » il est préférable d'effectuer la mesure le plus loin possible du déchet. Le flux d'irradiation se trouve alors diminué, la limite de détection devenant dépendante de la sensibilité de l'appareil de mesure et de la valeur du bruit de fond. Pour être significative, une mesure de débit de dose doit être supérieure à 2 fois celle du bruit de fond.

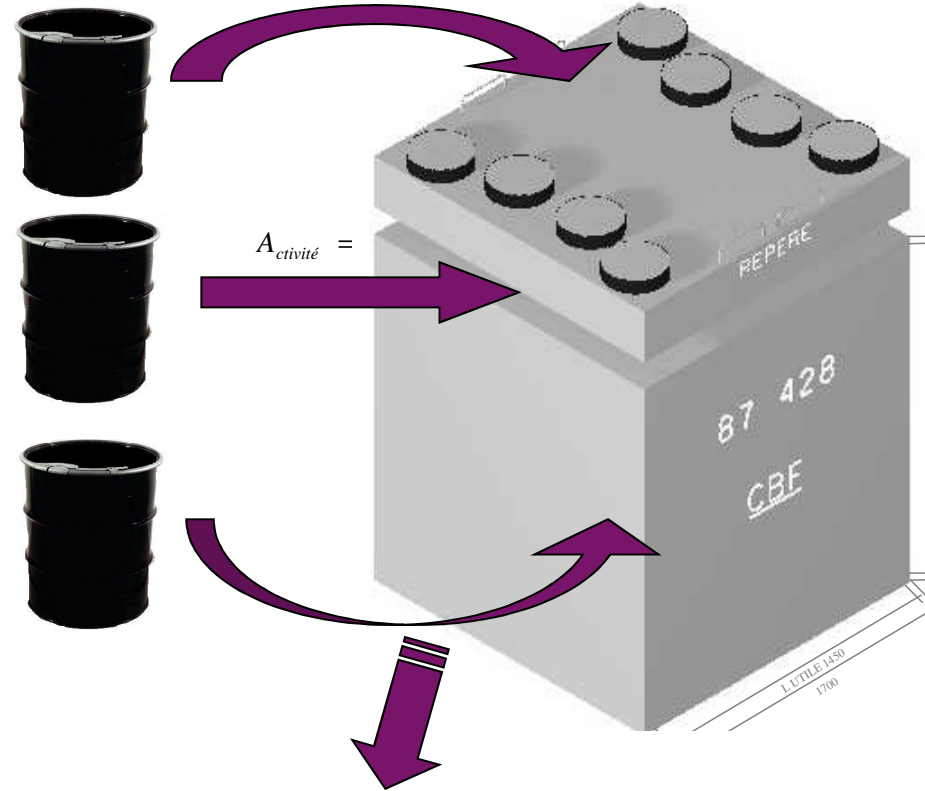
$$A_{colis} = DD_p \times f(d)$$

# Mesure des rayonnements-Débit de dose

## Application aux colis de grand volume (caissons 5m<sup>3</sup> et 10m<sup>3</sup>, CFBK)



$$A_{colis} = DD_p \times f(d)$$



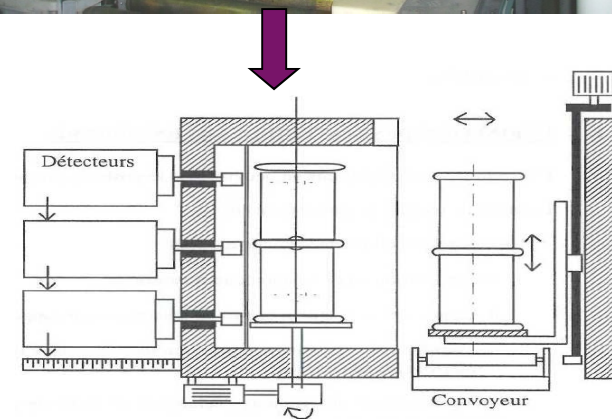
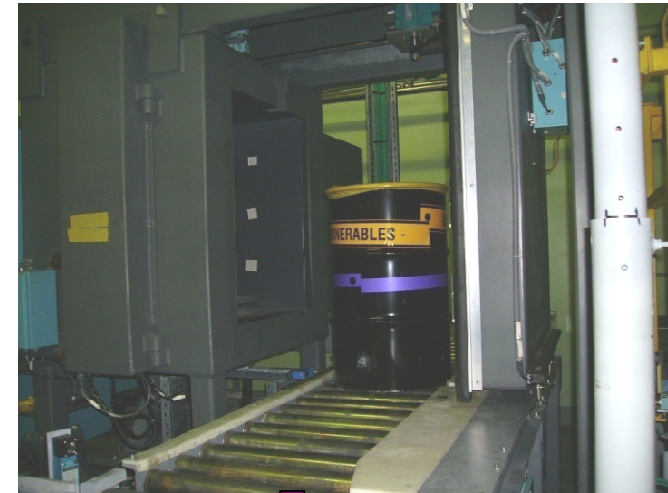
$$A_{totale} = \sum_{colis} A_{colis}$$

## SPECTROMÉTRIE GAMMA Exemples

Poste 12 AD2 La HAGUE  
Composition isotopique du Plutonium



Poste 11 AD2 La HAGUE  
Composition isotopique du Plutonium  
Evaluation d'activité Pu + U



## Mesure neutronique passive Exemple de poste de mesure.



Poste 6 AD2 La Hague





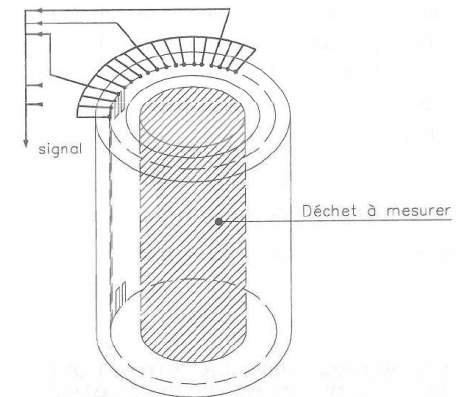
## Mesure neutronique passive

### Exemple de poste de mesure



#### Poste 16 AD2 La Hague

Le poste de mesure est constitué d'un puits entouré de blocs de polyéthylène dans lesquels sont répartis 36 détecteurs



#### Partie Neutronique

6 groupes de 6 compteurs à  $^3\text{He}$  de type 150 NH100

1 système de traitement des coïncidences neutroniques par registre à décalage (SCRD)



# Centre de tri

Identification des fûts primaires de 120 litres

pesage



contrôle X

Mesure d'activité

- alpha,
- beta
- gamma
- neutron

# PRÉVISIONNEL DÉCHETS

## A quoi sert un prévisionnel de déchets?

- Avant la mise en service d'une INB :
  - Pour dimensionner les Provisions de Fin de Cycle (PFC) : opération de démantèlement
  
- Pendant la phase exploitation :
  - Pour dimensionner/réactualiser le budget déchet lors de l'exploitation+ opérations de maintenance
  - Pour réactualiser les (PFC)
  
- Pendant les phases d'un projet (de modification d'une INB, de démantèlement)
  - Pour dimensionner/réactualiser le budget déchet



**Chaque Industriel a son propre outils d'évaluation, en fonction de ses propres filières de traitement, de son activité et de son REX. AREVA utilise ÉTÉ EVAL (développement spécifique).**

- Exercice sur la base d'une intervention en zone



CEA | 29 octobre 2012

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives  
Centre de Saclay | INSTN/UETSR | PC n°35 | F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex  
T. +33 (0)1 69 08 98 86 | F. +33 (0)1 69 08 57 53

Unité d'enseignement Technologies  
de la santé et radioprotection

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

[www-instn.cea.fr](http://www-instn.cea.fr)