



Déconstruction - démantèlement

Généralités et stratégies

M. TACHON

CEA/DEN/DPAD/SECAD



Nomenclature

INB : Installation Nucléaire de Base

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

CDE : Cessation Définitive d 'Exploitation

MAD : Mise à l 'Arrêt Définitif

DEM : Démantèlement

AIEA : Agence Internationale de l 'Energie Atomique

REX : Retour d'expérience

SENEX : Surveillance, ENTretien, EXploitation

Déconstruction, démantèlement

Définitions

ASSAINISSEMENT RADIOACTIF:

Opération visant à réduire la radioactivité d'une zone nucléaire, notamment par la décontamination ou l'évacuation de matériels radioactifs

DEMANTELEMENT : ensemble des **opérations techniques** (assainissement radioactif, démontage de tout ou partie des composants d'une INB, évacuation de déchets,...) permettant d'aboutir à un niveau de déclassement choisi.



Déconstruction, démantèlement

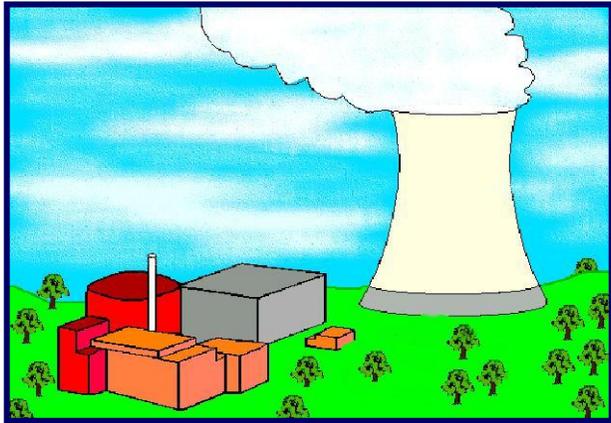
Définitions

DECONSTRUCTION (définition EDF) :

ensemble des **opérations administratives et techniques** conduisant dans un délai donné, par une suite programmée de démantèlements successifs, à **l'élimination totale d'une installation nucléaire et à la complète réhabilitation du site.**

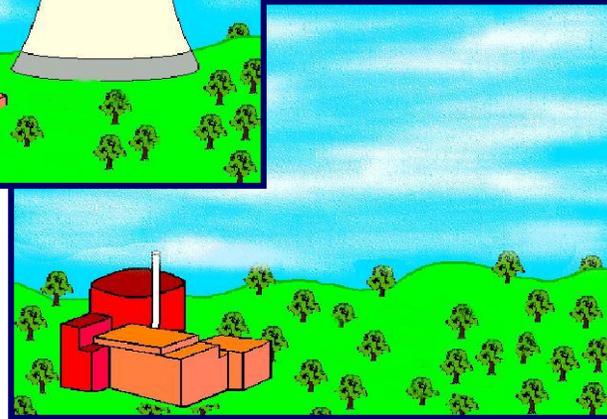
DECLASSEMENT :

ensemble des **opérations administratives et réglementaires** destiné soit à classer une installation nucléaire dans un catégorie inférieure, soit en supprimer le classement initial

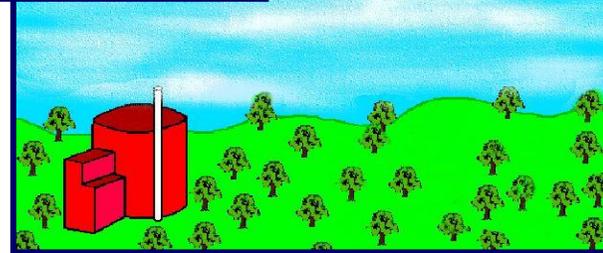


Phase d'exploitation

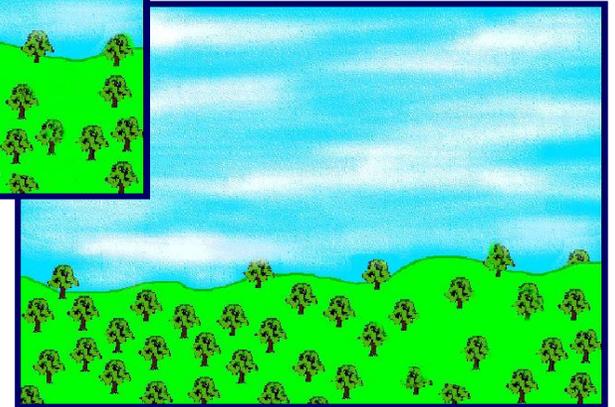
Niveau 1 (MAD)



Niveau 2



Niveau 3



Niveaux de déclassement

Déclassement des installations nucléaires

niveaux AIEA



	Etat de l'installation	Surveillance	Caractérisation
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> • Retrait des matières fissiles et des fluides radioactifs. • Maintien en l'état des différentes barrières d'étanchéité. • Systèmes d'ouverture et d'accès verrouillés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la radioactivité à l'intérieur et dans l'environnement. • Inspections et contrôles techniques garantissant le bon état de l'installation. 	Fermeture sous surveillance
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement du confinement des zones fortement radioactives. • Parties facilement démontables et faiblement radioactives enlevées. • Aménagement de la barrière externe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance du confinement. • Maintien de la surveillance de l'environnement. 	Libération partielle et surveillance allégée
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuation de tous les matériaux ou équipements radioactifs. • Plus de radioactivité ajoutée • Démolition éventuelle des infrastructures 	Aucune surveillance, inspection ou vérification jugée nécessaire	Libération totale et inconditionnelle



Stratégie de démantèlement

Choix du niveau de déclassement

Catégories et exutoires des déchets

Le démantèlement (niveau 2 ou 3) aura tendance à être reporté si :

- ♦ l'activité massique de certains déchets dépasse les limites d'acceptabilité en stockage en surface (catégorie A)
- ♦ **les exutoires** de certains types de déchets ne sont pas définis,
- ♦ les moyens de traitement, d'entreposage tampon et de conditionnement des déchets dans l'INB ou à proximité n'existent pas ou ne sont pas adaptés.

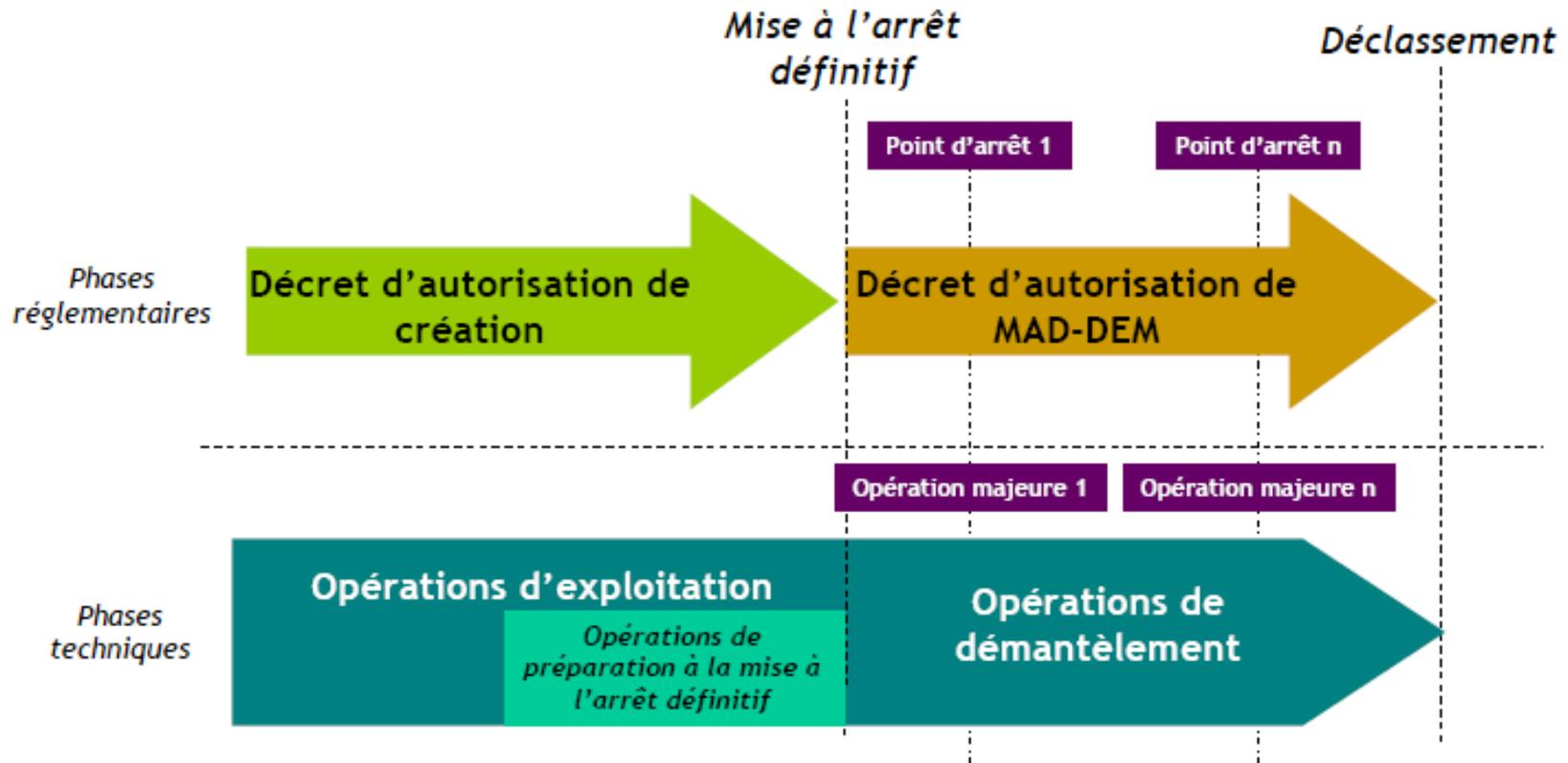
Le choix entre le niveau 2 et 3 de déclassement peut être fonction :

- ♦ des exutoires opérationnels ou non des déchets,
- ♦ des moyens de traitement et d'entreposage des déchets, opérationnels ou à créer,

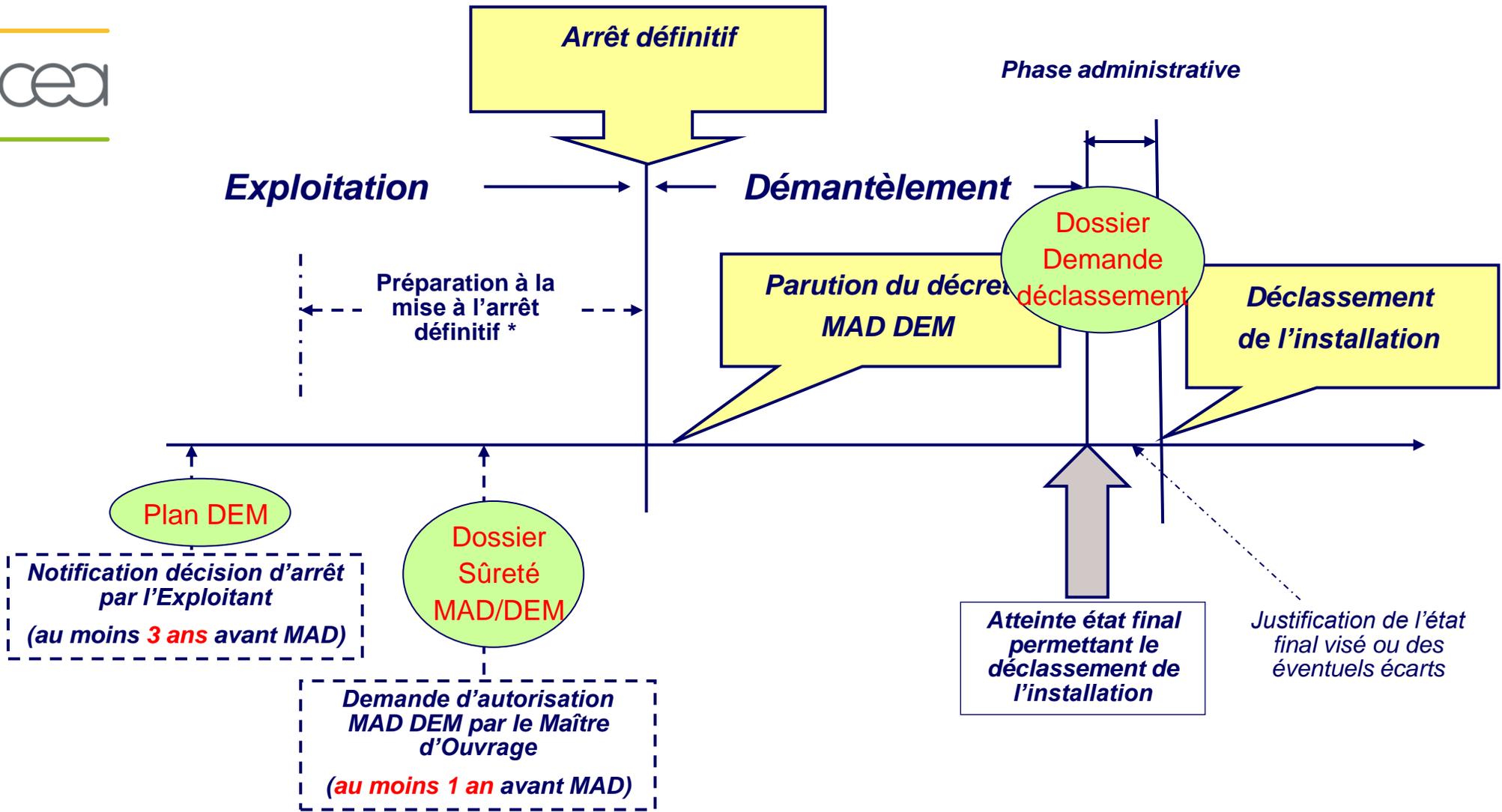
Nouveau schéma réglementaire (France)



Définition d'un « nouveau » schéma réglementaire



Réglementation démantèlement actuelle



Le processus projet vs le processus réglementaire



Inventaire physique et radiologique

Etudes scénarios de démantèlement

Dossier de sûreté de démantèlement

Décret DEM

Démantèlement électro-mécanique

Assainissement des infrastructures

Dossier de déclassement des infrastructures

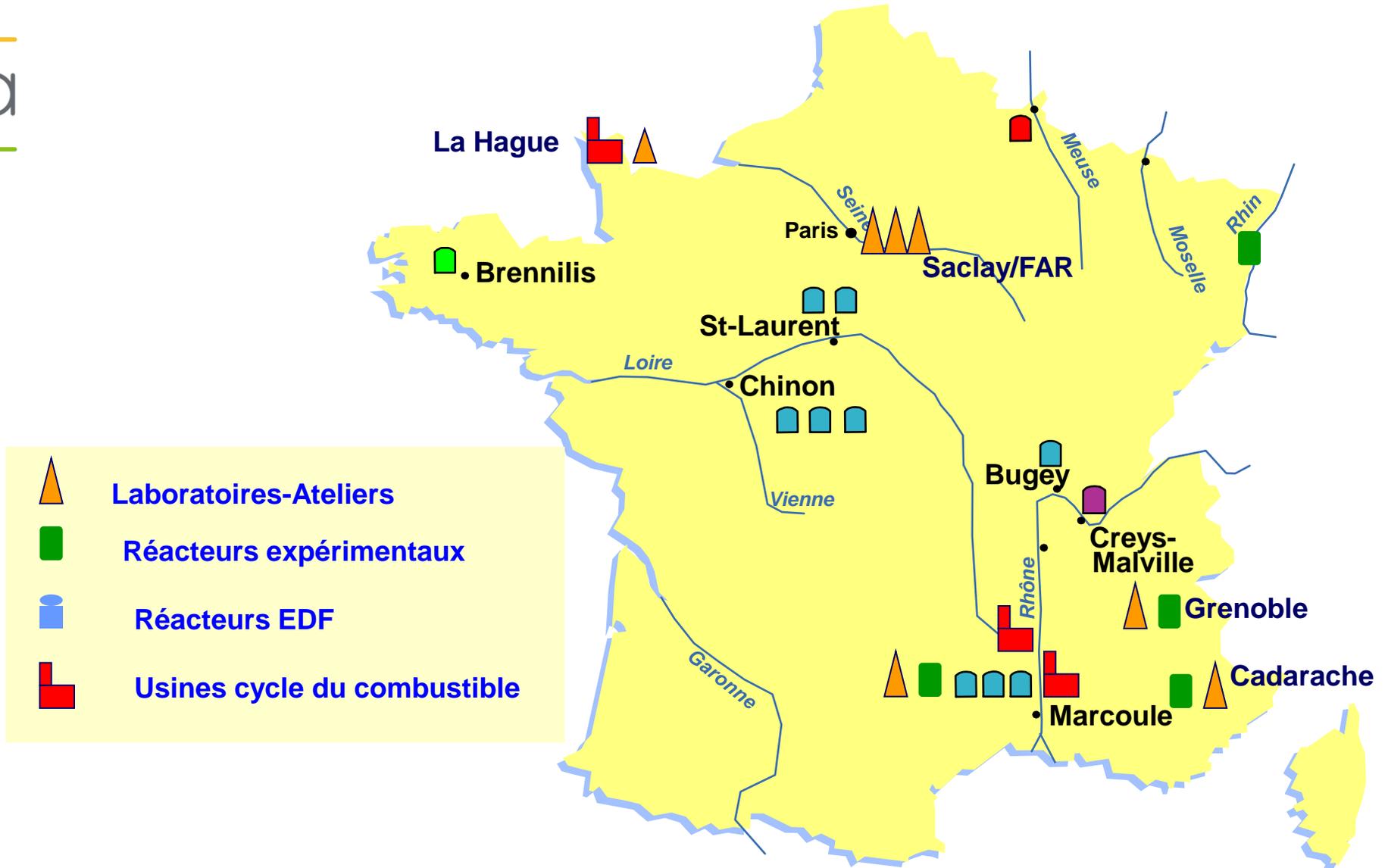
Autorisation déclassement ASN

Démolition des infrastructures

Dossier de réhabilitation final (servitudes ?)

Dépollution des sols (éventuellement)

Implantation des INB en phase de démantèlement



Les centrales nucléaires EDF en déconstruction

CEA ➤ 9 réacteurs en cours de déconstruction

1 réacteur à eau pressurisée (REP)

Chooz A (300MW) : 1967-1991

1 réacteur à eau lourde (REL)

Brennilis (70 MW) : 1967-1985 (EDF/CEA)

6 réacteurs de la filière Uranium naturel / graphite-gaz (UNGG)

Chinon A1 (70MW) : 1963-1973

Chinon A2 (200MW) : 1965-1985

Chinon A3 (480MW) : 1966-1990

Saint-Laurent A1 (480MW) : 1969-1990

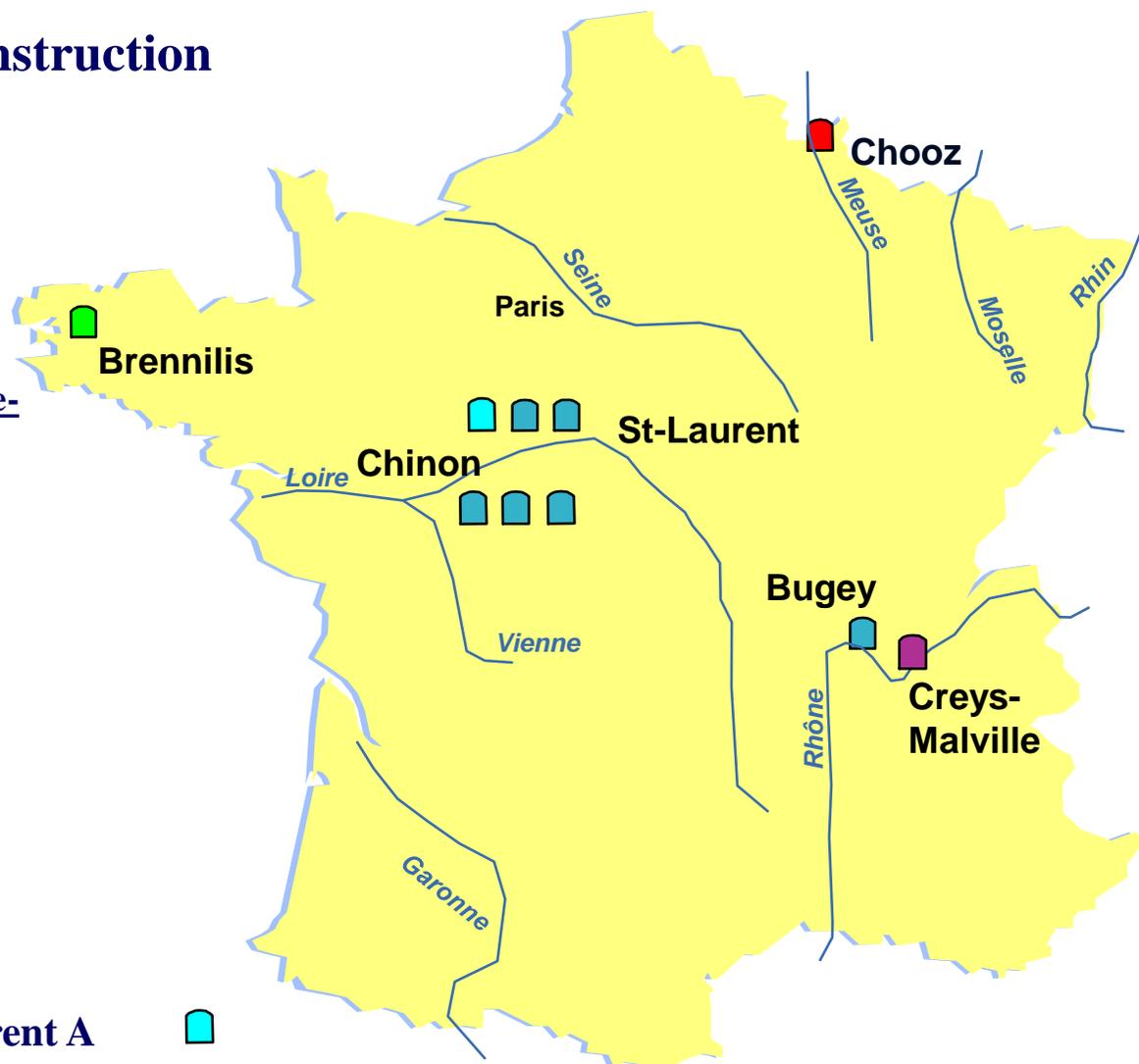
Saint-Laurent A2 (515MW) : 1971-1992

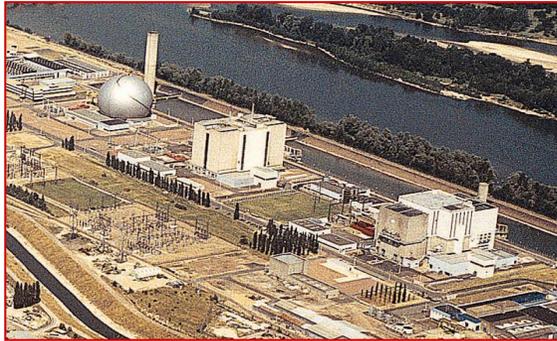
Bugey 1 (540MW) : 1972-1994

1 réacteur à neutrons à rapides (RNR)

Creys-Malville (1240MW) : 1986-1997

➤ silos à chemises graphite de St Laurent A





Chinon A



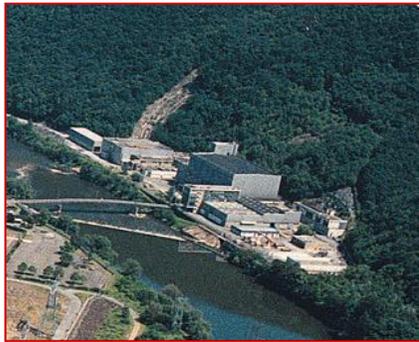
St Laurent A



Bugey 1

UNGG

REP



Chooz A

Les centrales EDF en phase de démantèlement

Superphenix

**EL4
Bennilis**



Licence 3D



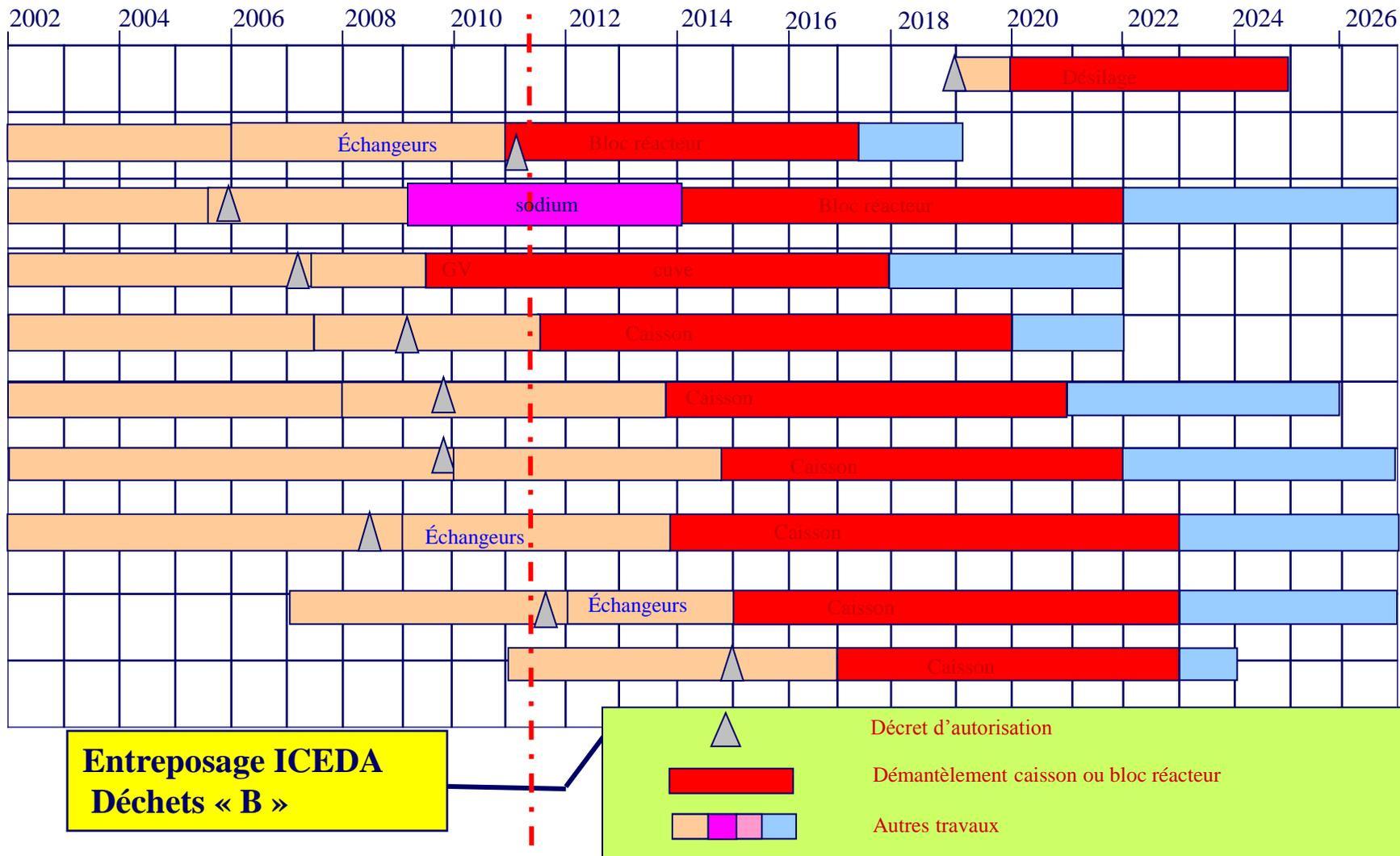
DEN/DPAD – M. TACHON

Stratégie de démantèlement

INB d'EDF

Nature des installations	Unités	Puissance	Année MSI	Année d'arrêt	N° INB
6 tranches UNGG	Chinon A1	70 MWe	1963	1973	133
	Chinon A2	200 MWe	1965	1985	153
	Chinon A3	480 MWe	1966	1990	161
	Saint-Laurent A1	480 MWe	1969	1990	46
	Saint Laurent A2	515 MWe	1971	1992	46
	Bugey 1	540 MWe e	1972	1994	45
1 centrale à eau lourde	Brennilis	70 MWe	1967	1985	162
1 centrale REP	Chooz A	300 MWe	1967	1991	163
1 centrale RNR (Superphénix)	Creys-Malville	1200 MWe	1986	1997	91
2 silos à Sain-Laurent	Silos	-	-	-	74
1 installation de conditionnement et d'entreposage (ICEDA)	ICEDA		Prévu fin 2013		173

Le planning de Déconstruction (2009)



**Entreposage ICEDA
Déchets « B »**

Décret d'autorisation
 Démantèlement caisson ou bloc réacteur
 Autres travaux

ICEDA



Programme de démantèlement d'EDF

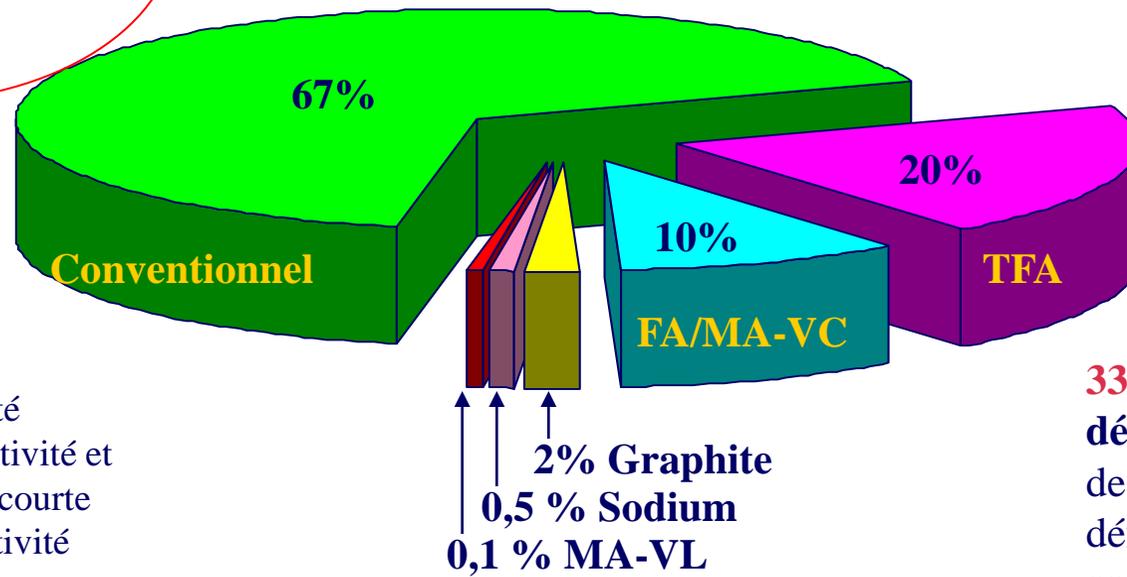


La gestion des déchets

La déconstruction des 9 centrales nucléaires EDF à l'arrêt et des silos SLA produira

1 000 000 tonnes de déchets primaires

670 000 tonnes de déchets conventionnels,
exempts de radionucléides et recyclés



TFA : très faible activité
FA/MA-VC : faible activité et
moyenne activité à vie courte
MA-VL : moyenne activité
à vie longue

330 000 tonnes de déchets radioactifs,
destinés au stockage
définitif après
conditionnement

Réacteurs nucléaires

Démantèlement Brennilis (EL4)



Démantèlement des échangeurs thermiques en cours...

Réacteurs nucléaires

Démantèlement Brennilis niveau 2 (EL4)



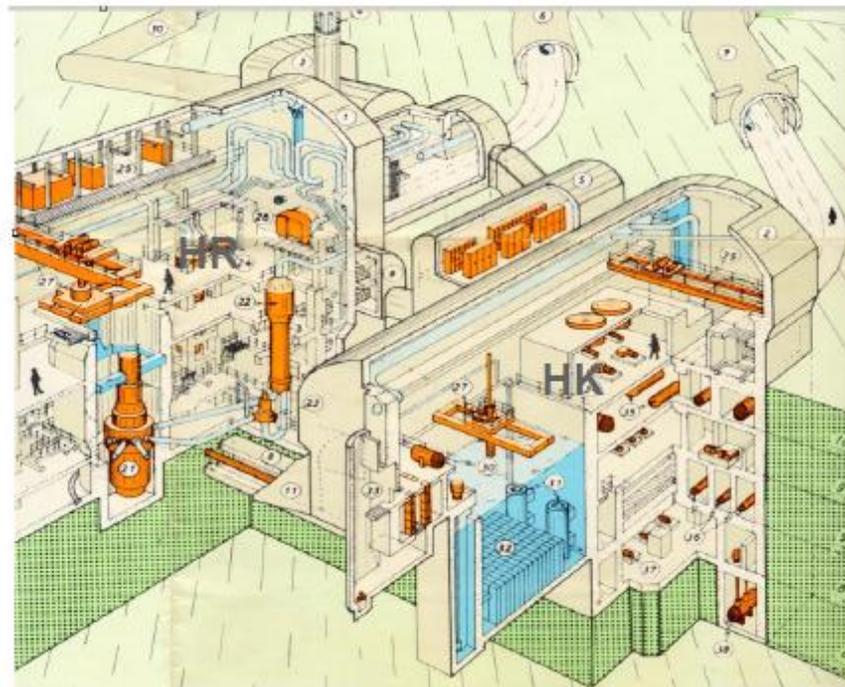
Réacteurs nucléaires

Démantèlement CHOOZ (REP)



Historique

- Première tranche REP construite en France
 - Capacité : 305 Mwe
 - Construction de 1962 à 1966
 - Exploitation de 1967 à 1991
 - Production : 38 TWh
 - Décret de MAD : 17/03/1993
 - Fin de l'évacuation combustible : décembre 1995
- Conception Westinghouse
 - Installation nucléaire en cavernes



Réacteurs nucléaires

Démantèlement CHOOZ (REP)



1991 :
Cessation
Définitive
d'Exploitation

1993 - 1999 :
Mise à l'arrêt
définitif

1999 - 2007 :
Démantèlement
partiel

A partir de 2008 :
Démantèlement
complet

Démantèlement des GV terminé....

Réacteurs nucléaires

Démantèlement BUGEY (UNGG)



L'installation a quasiment atteint l'état réglementaire de Mise à l'Arrêt Définitif (MAD) :

- ❖ le combustible nucléaire représentant 99,9% de la radioactivité de la centrale a été évacué,
- ❖ les circuits ont été vidangés et isolés,
- ❖ les circuits non radioactifs ont été démantelés (salle des machines, station de pompage,...),
- ❖ les différents locaux ont été assainis.

2006 à 2010 :
Travaux préparatoires au démantèlement du caisson réacteur

2011 à 2020 :
Démantèlement du caisson réacteur en trois grandes étapes

2020-2025 :
fin de la déconstruction

Le démantèlement du caisson réacteur n'a pas encore commencé....

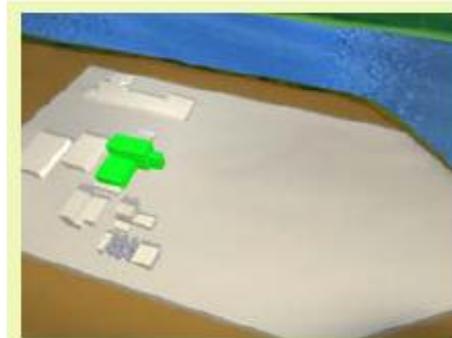
Réacteurs nucléaires

Démantèlement CREYS (RNR)



Situation actuelle

Situation en 2025 (reste l'APEC)



Opérations déjà réalisées

- démantèlement salle des machines
- démantèlement de 48 cheminées, 1200 m de tuyauteries eau – vapeur
- démantèlement coupole dôme interne du réacteur
- réalisation de TNA à l'intérieur de la salle des machines



Stratégie de démantèlement

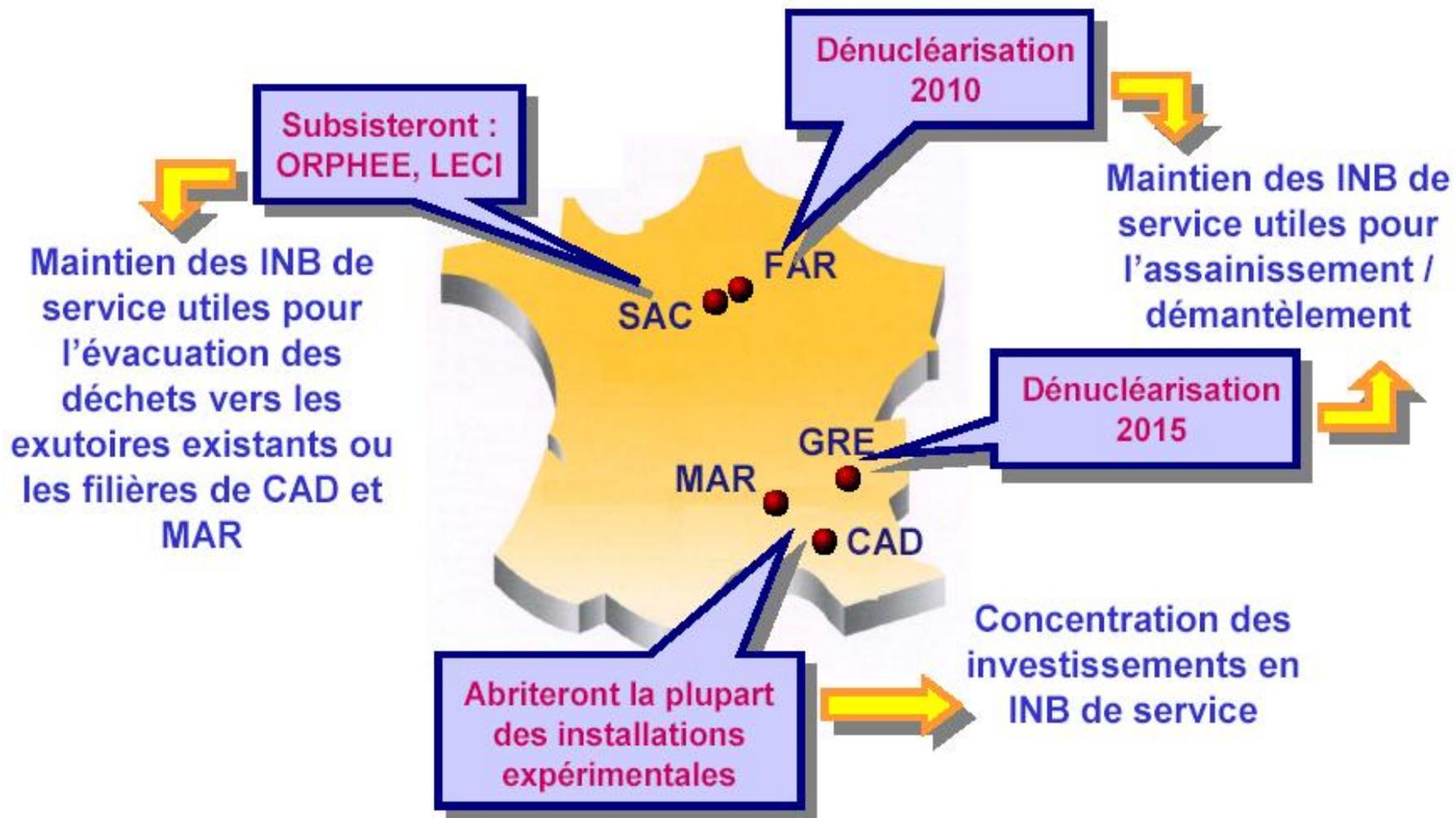
stratégie du CEA



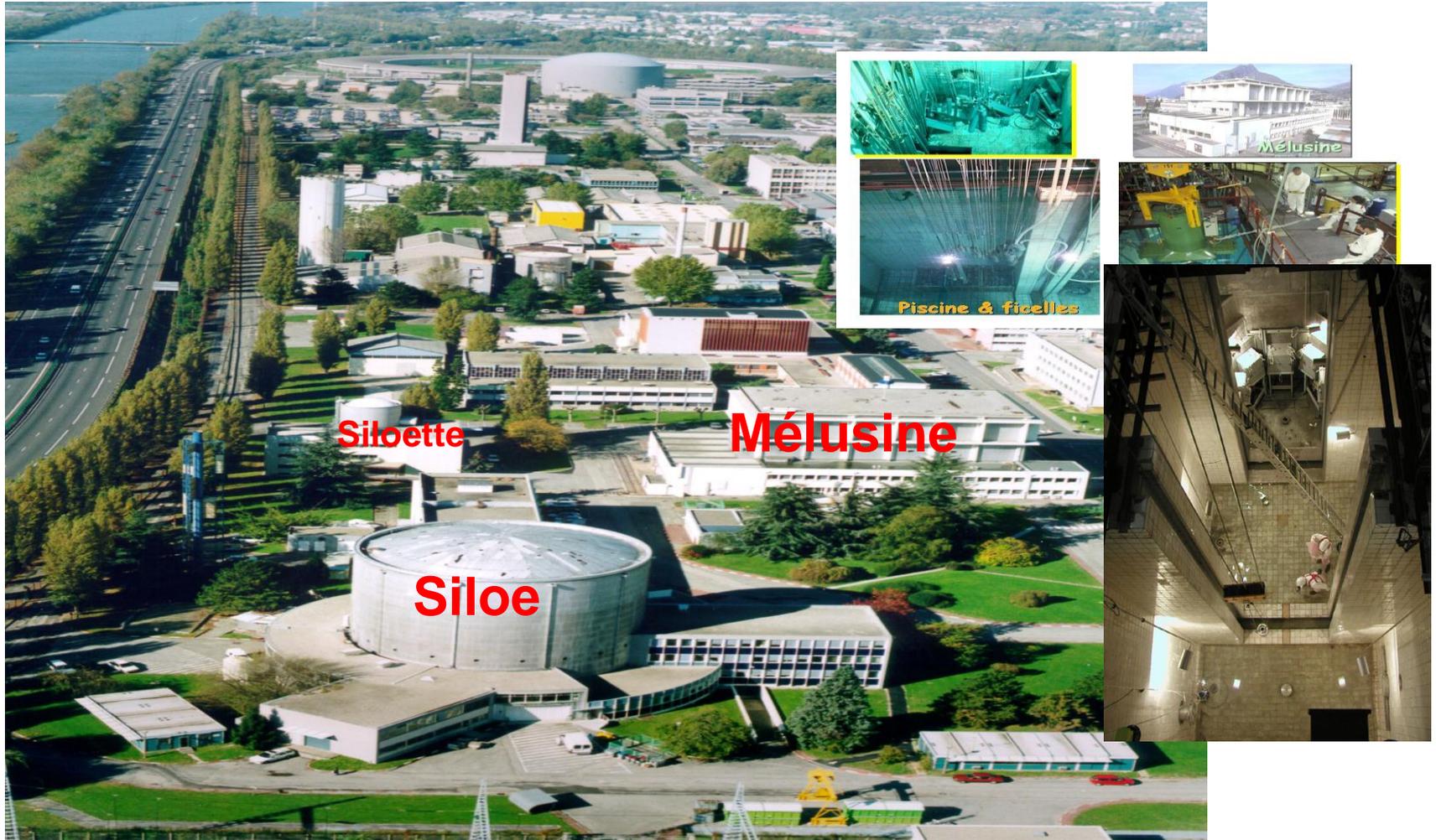
- ♦ pour les **réacteurs G1, G2 et G3** : démantèlement immédiat (niveau 2) et attente durant 20 à 40 ans pour le démantèlement complet,
- ♦ pour les **pires et réacteurs expérimentaux** : au cas par cas, mais plutôt niveau 3 immédiat.
- ♦ pour les **laboratoires chauds** : en général, démantèlement complet mais avec plusieurs étapes intermédiaires,
- ♦ pour les centres CEA urbanisés (Grenoble et FAR) : **dénucléarisation complète.**

Aujourd'hui, CEA a déjà démantelé plusieurs INB, en majorité au niveau 2, quelques uns au niveau 3 (par exemple ZOE, AT1).

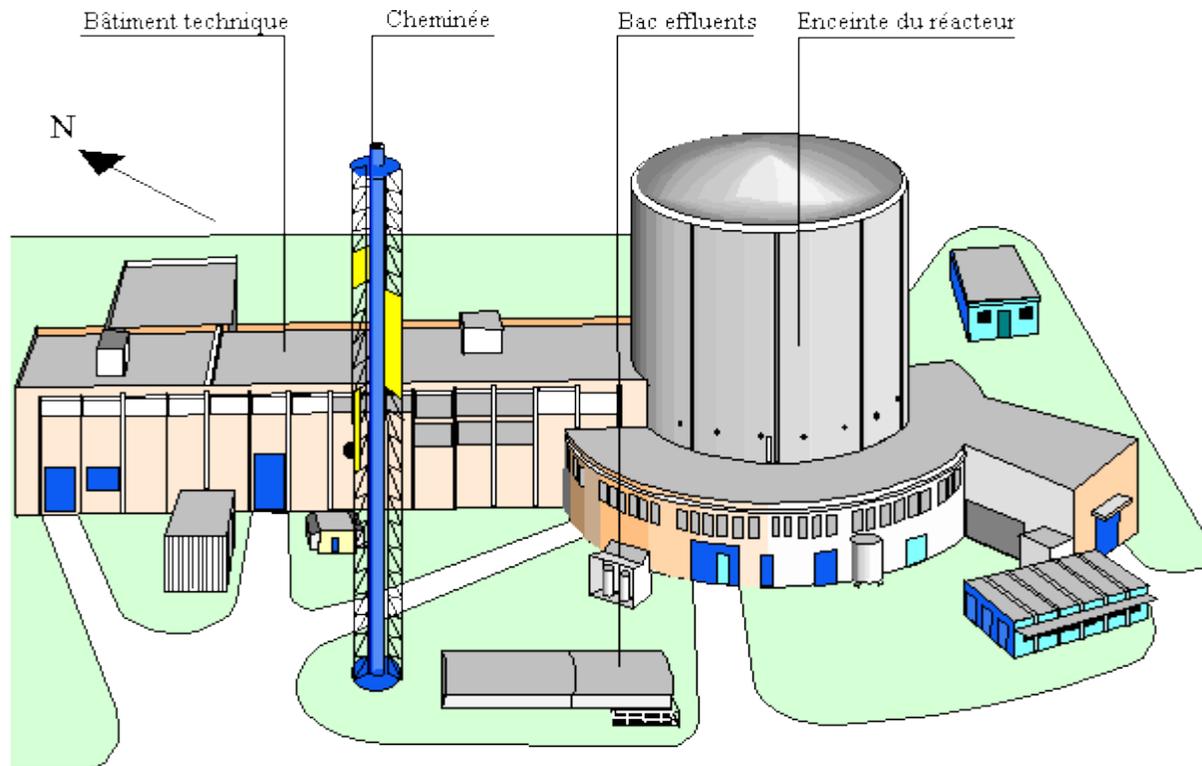
Orientations pour l'évolution à moyen terme des centres CEA



Dénucléarisation du centre de Grenoble



Stratégie de démantèlement SILOE (CEA-Grenoble)



Réacteur piscine
expérimental

Arrêté depuis 1997

Phase CDE terminée

Démantèlement niveau 3
en cours (*fin prévue en
2012*)

Stratégie de démantèlement SILOE (CEA-Grenoble)

Siloé : découvelage piscine réacteur



Stratégie de démantèlement SILOE (CEA-Grenoble)



Depuis mi-février 2013, SILOE est entièrement démolie



Dénucléarisation du centre de Fontenay-aux-Roses (92)



Installations CEA en cours de démantèlement

Les réalisations passées



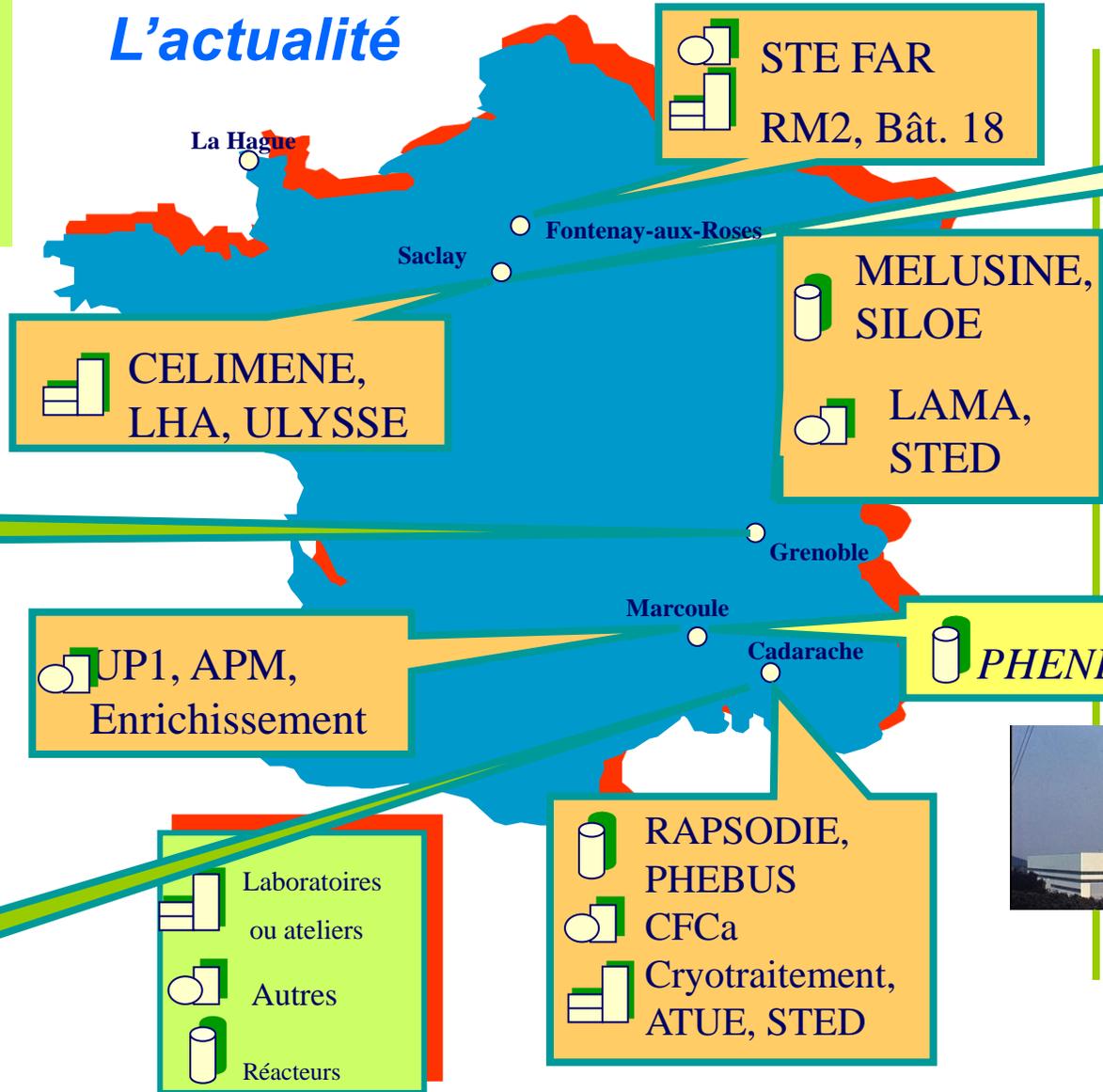
INB 21 SILOETTE

 SILOETTE



 HARMONIE

L'actualité



Demain

 OSIRIS



 PHENIX



Démantèlement CEA : financement

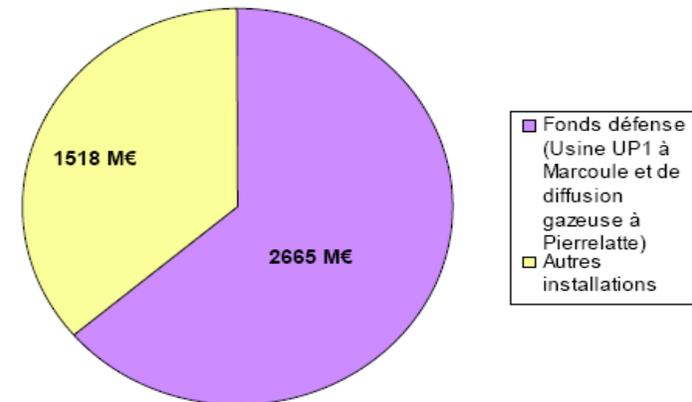
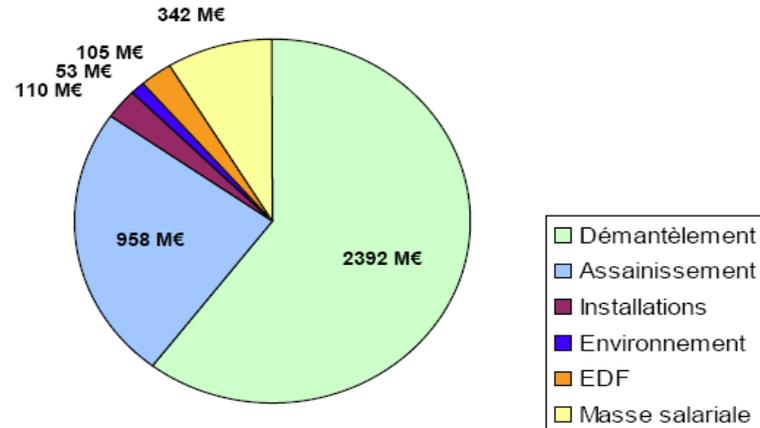


Fonds dédié civil (provisions 3960 M€):

- ◆ Créé en 2002
- ◆ Alimenté par un portefeuille de participations CEA, des dividendes perçus et les provisions constituées
- ◆ Contrôle par un Comité de Surveillance
- ◆ Assainissement démantèlement des installations nucléaires du CEA civil, reprise combustibles anciens, assainissement sites, gestion long terme des déchets, investissements spécifiques

Fonds Marcoule Défense (provisions 4183 M€):

- ◆ Créé en 2004
- ◆ Reprise des obligations du GIE CODEM et soultes des industriels concernés
- ◆ Contrôle par un Comité de Surveillance
- ◆ Assainissement démantèlement de l'usine de retraitement UP1 à Marcoule et reprise-conditionnement des déchets associés



Stratégie de démantèlement

APM (CEA-Marcoule)

 Bâtiment
214

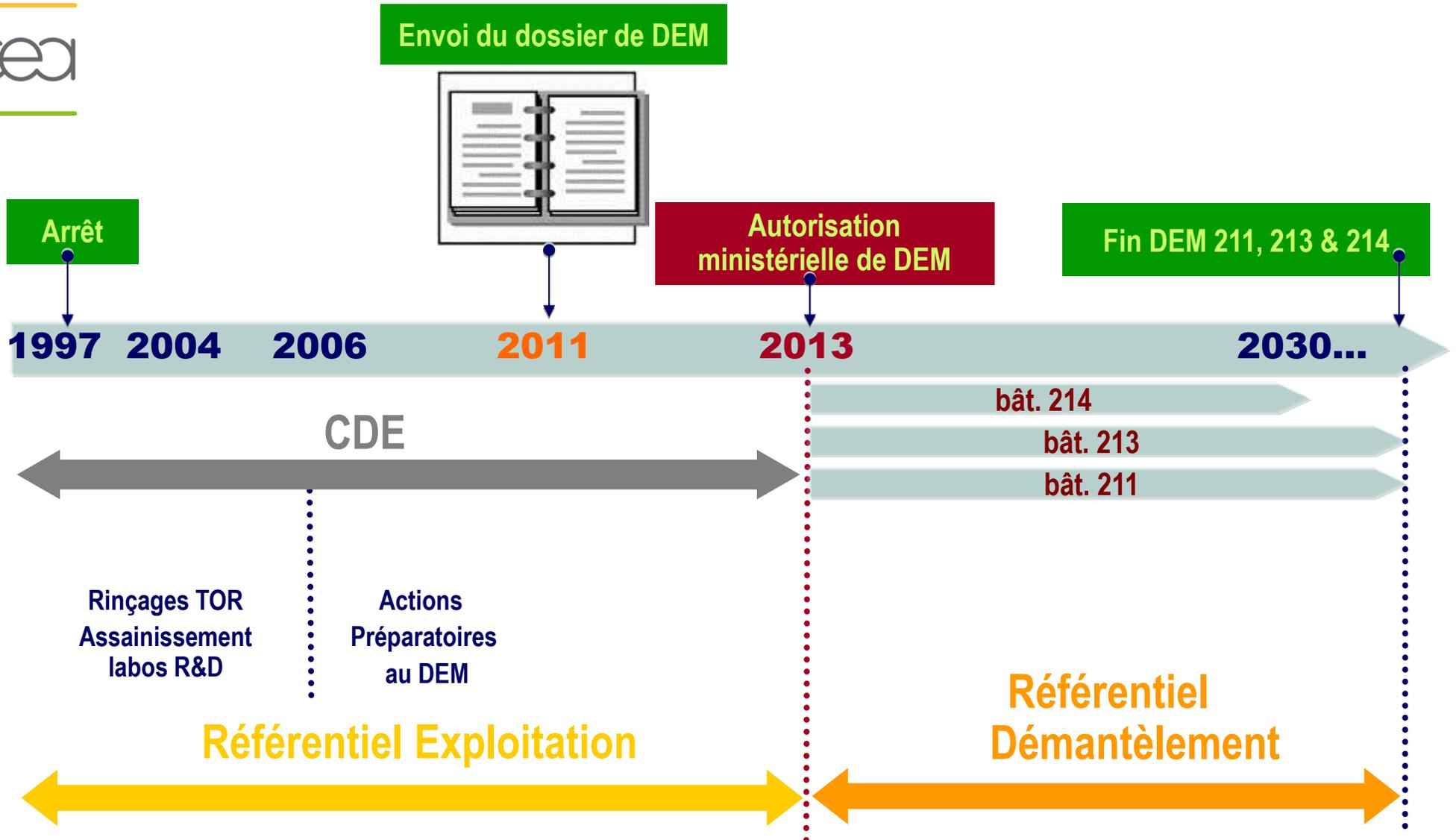


Bâtiment 213
stockage
verres actifs

- Atelier pilote de retraitement
- Arrêté depuis 1997
- Phase CDE terminée
- Phase « MAD » de 2004 à 2010 (opérations d'assainissement)
- Démantèlement à partir de 2012

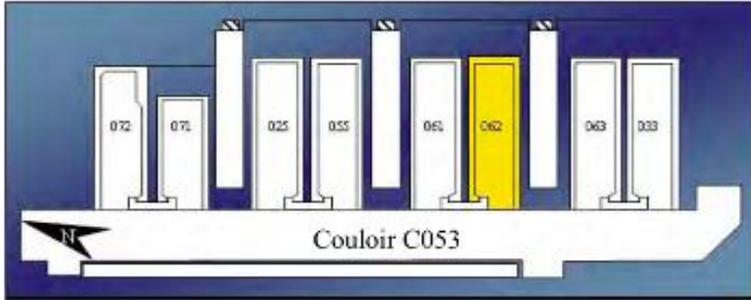
Bâtiment
211

Le projet DEM APM: le planning global

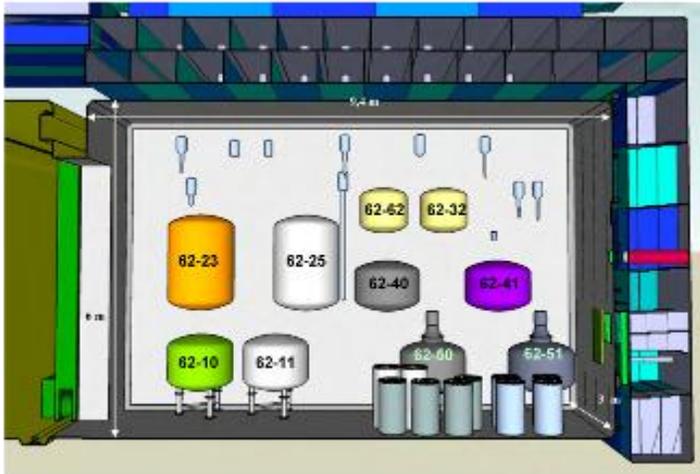


Démantèlement chaîne TOP : cellule 62

Localisation



Représentations 3D



Licence 3D

Cuve 62-32

Cuve 62-62

Cuve 62-23

Cuve 62-25

Cuve 62-40

Cuve 62-41

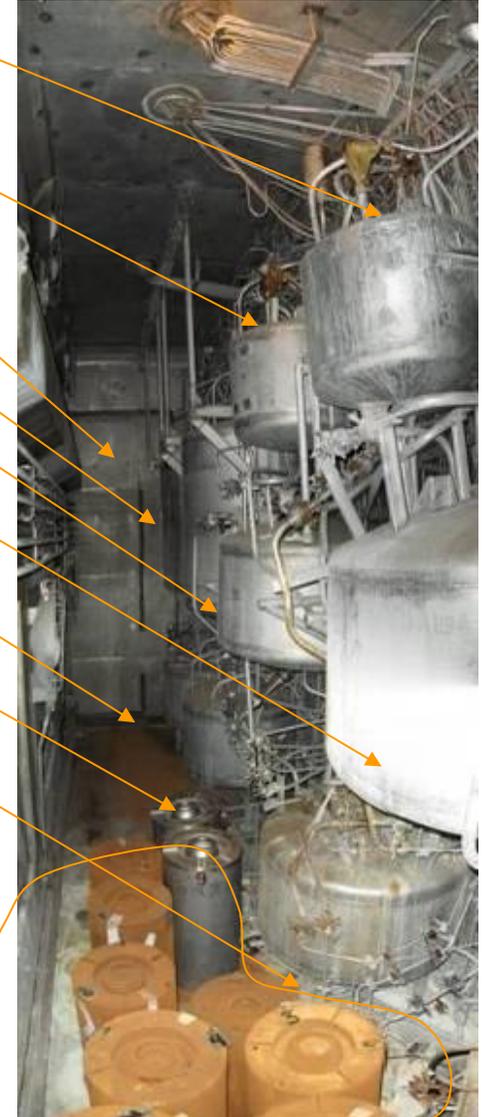
Cuve 62-10

Cuve 62-11

Cuve 62-50

Vue d'ensemble
des équipements

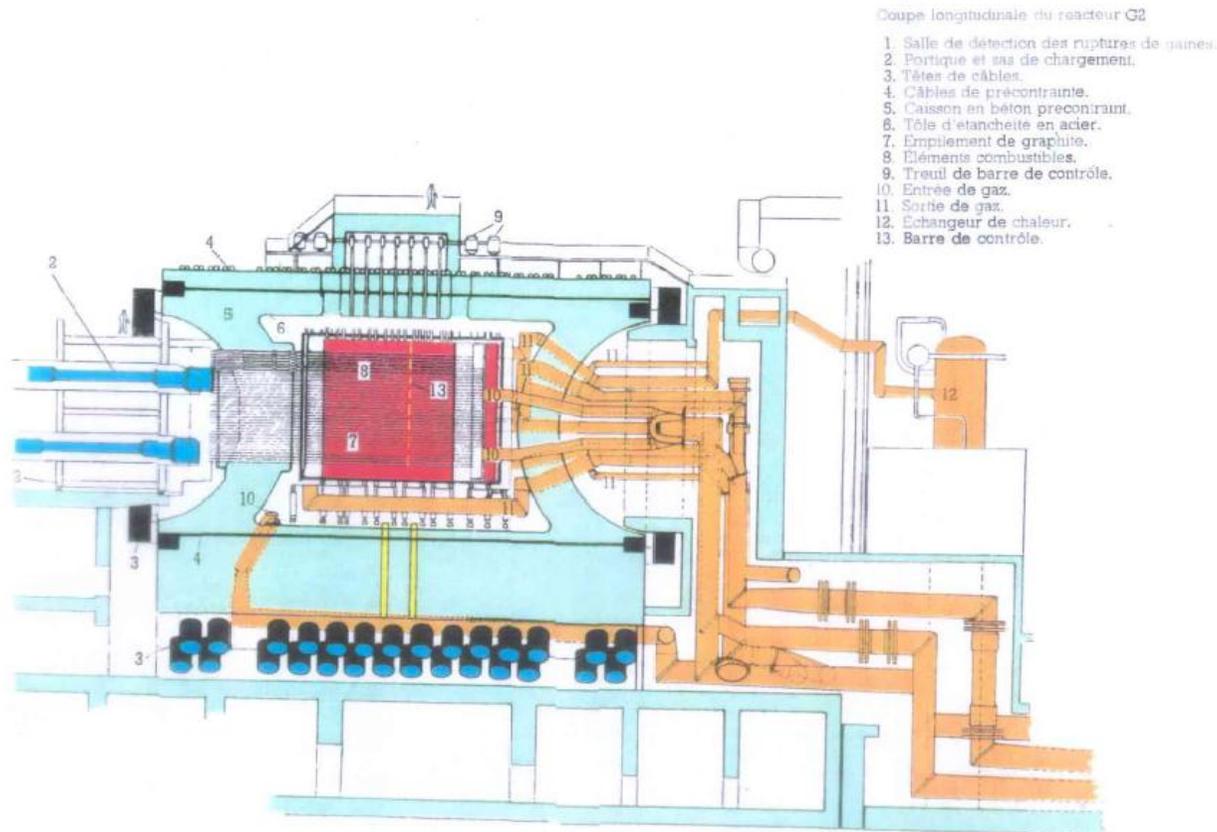
Poubelles



DEN/DPAD - M. TACHON

Stratégie de démantèlement

Réacteurs G2G3 (CEA-Marcoule)



Réacteurs UNGG
prototypes

Arrêtés en 1980

Démantelés niveau 2
depuis 1996

Durée opérations = 6 ans

Démantèlement niveau 3
non programmé

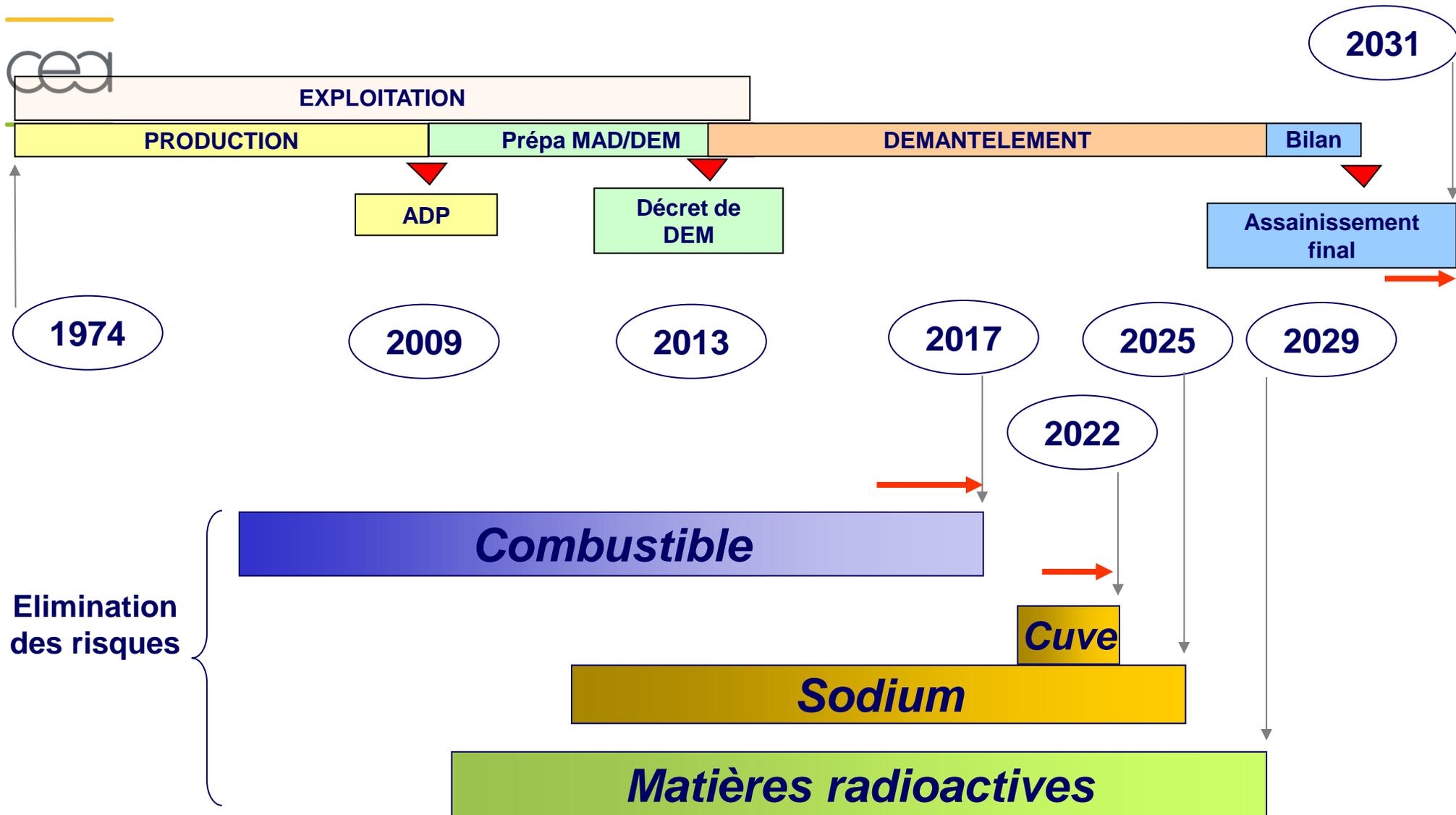
Démantèlements à venir

PHENIX



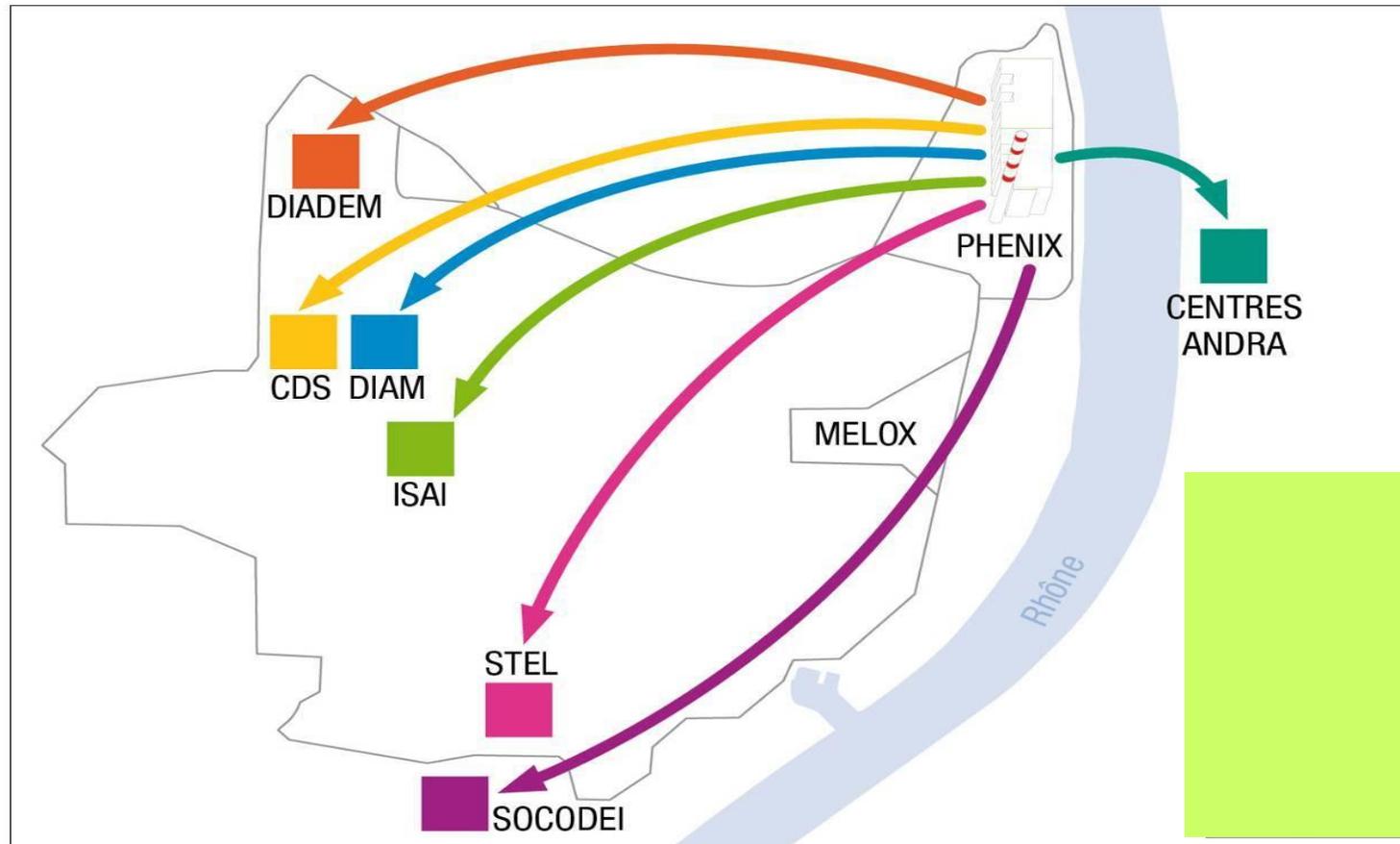
- Réacteur RNR prototype
- Mise en service en 1974
- Arrêté depuis 2009

Les grandes phases du démantèlement de PHENIX

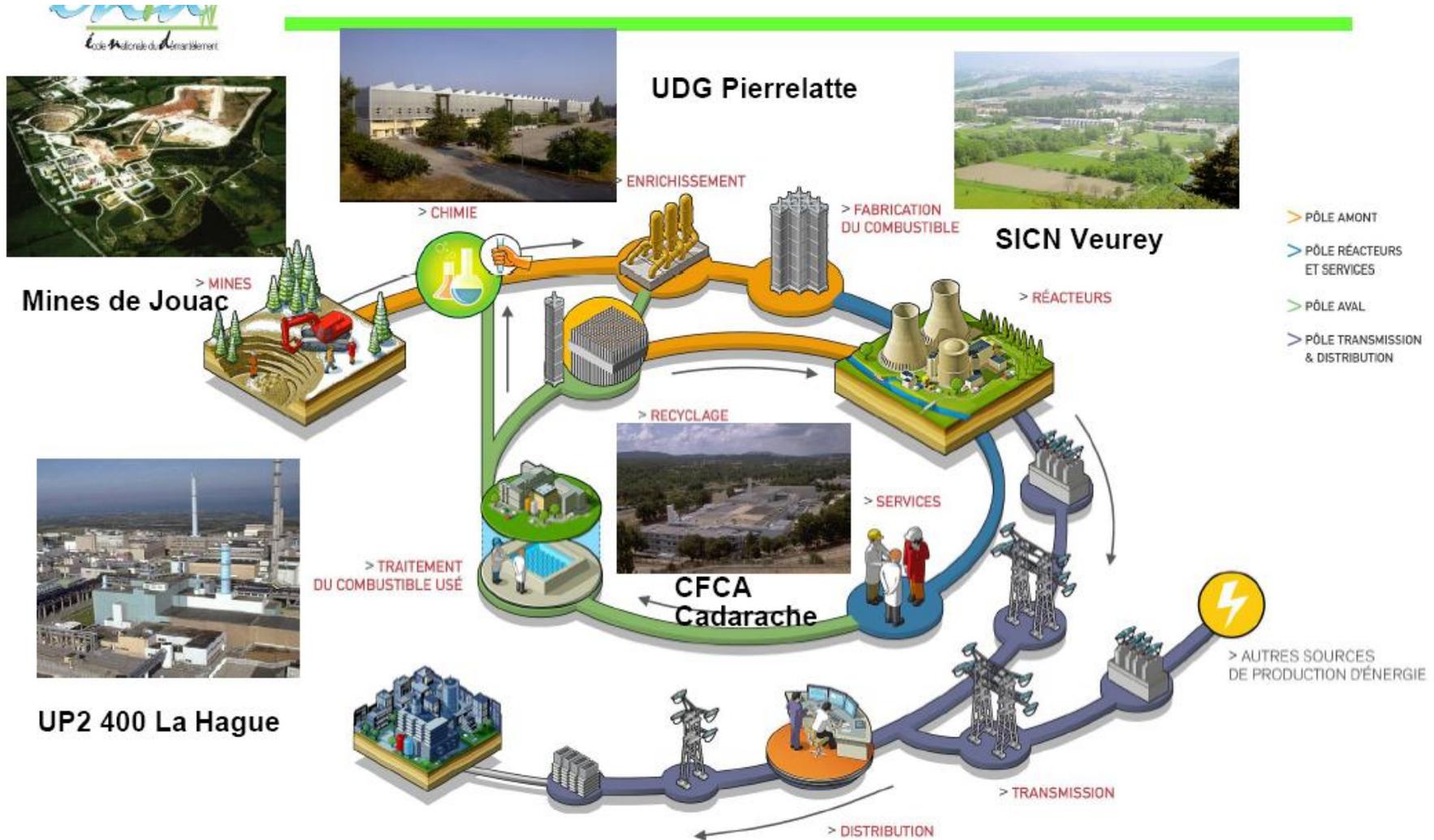


Démantèlements PHENIX

problématique des déchets



Démantèlement : programme d'AREVA



Démantèlement usine fabrication MOX

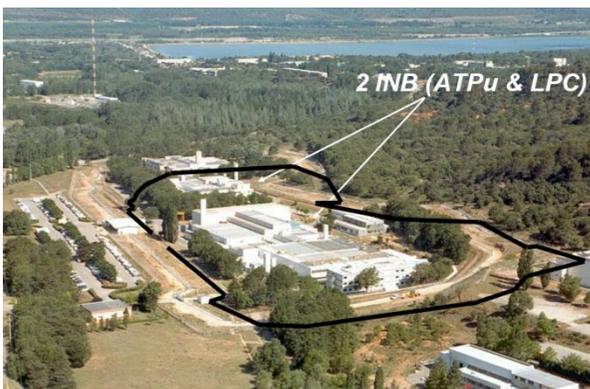
(CFCA Cadarache)

> 2003 - 2013

10 années dédiées au démantèlement :

- 2003 – 2007 : opérations de traitement des rebuts de fabrication et des oxydes entreposés historiquement sur le site ; démarrage des opérations d'assainissement en vue du démantèlement
- 2007 – 2013 : démantèlement à grande échelle des 2 INB : l'atelier de production et le laboratoire d'analyses

> 2013, transfert des bâtiments d'AREVA NC au CEA Cadarache



Cellule 1 : première cellule démantelée par le personnel AREVA NC Cadarache

Du retard dans le planning....

Démantèlement usine fabrication MOX

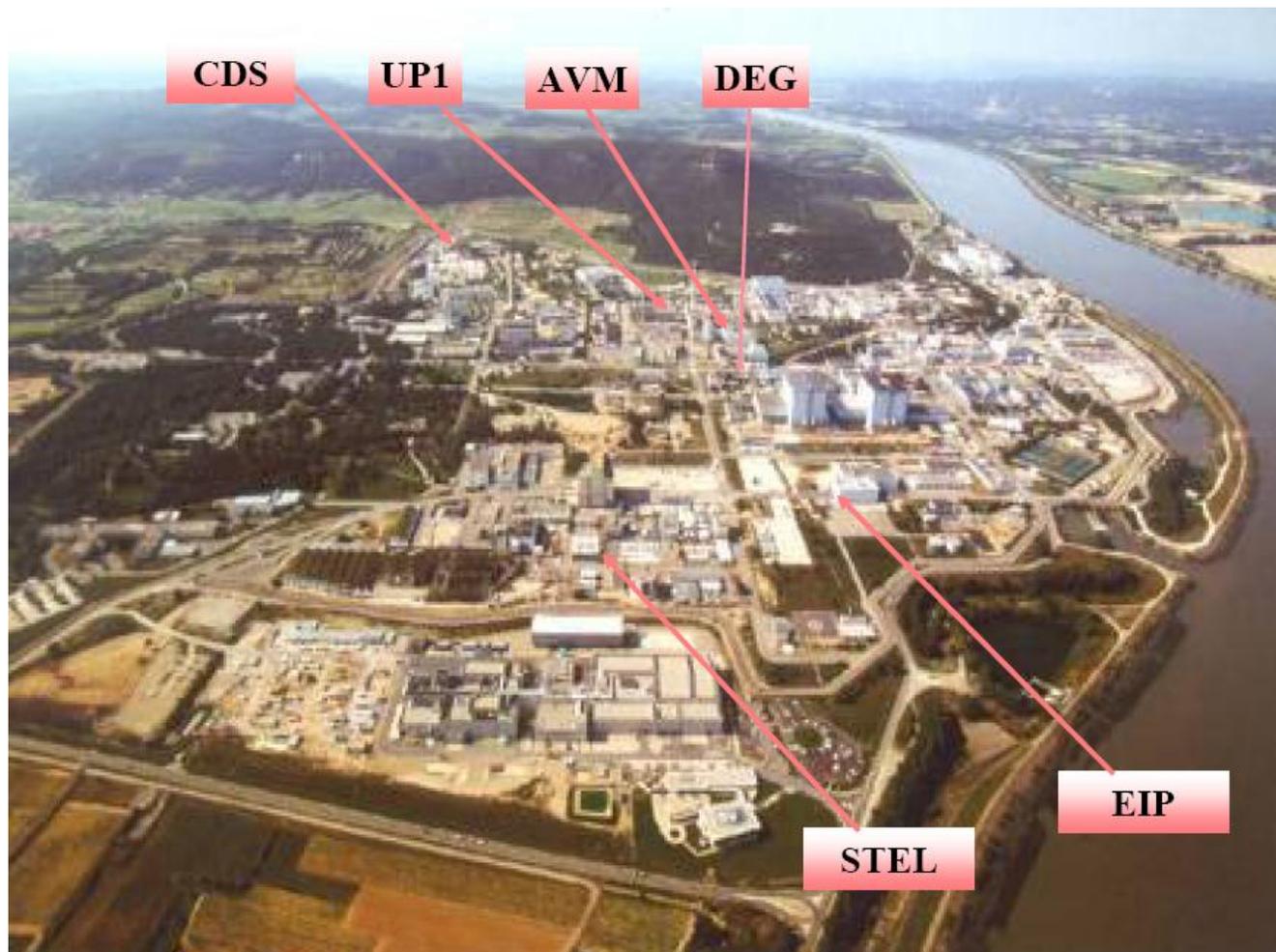
(CFCA Cadarache)



Démontage de BAG en salle de casse



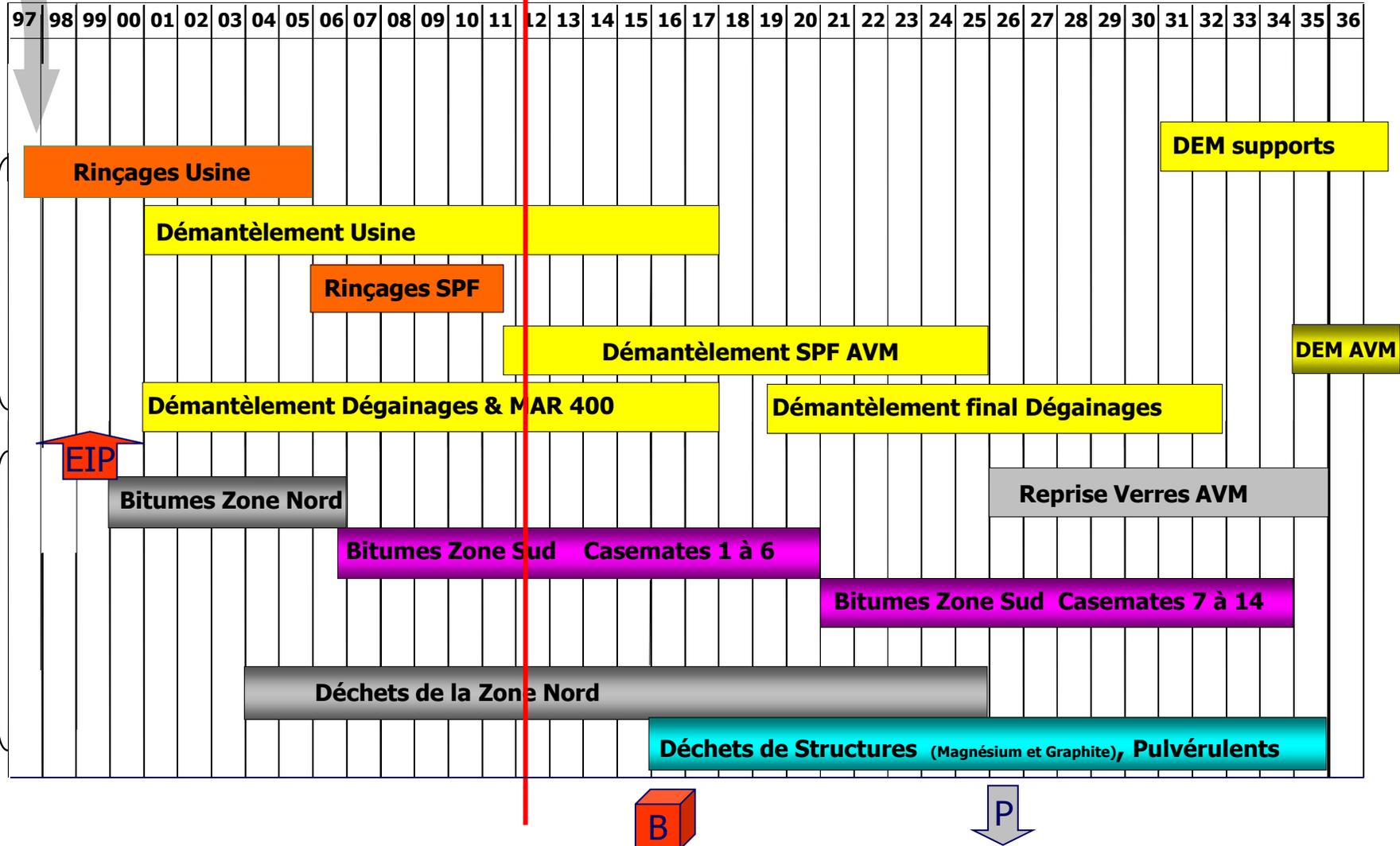
Démantèlement d'UP1 : installations concernées



L'un des plus gros chantier de démantèlement au monde

Programme des opérations UP1

Fin d'exploitation
Études préliminaires



Démantèlement UP1 : types d'équipement à démanteler

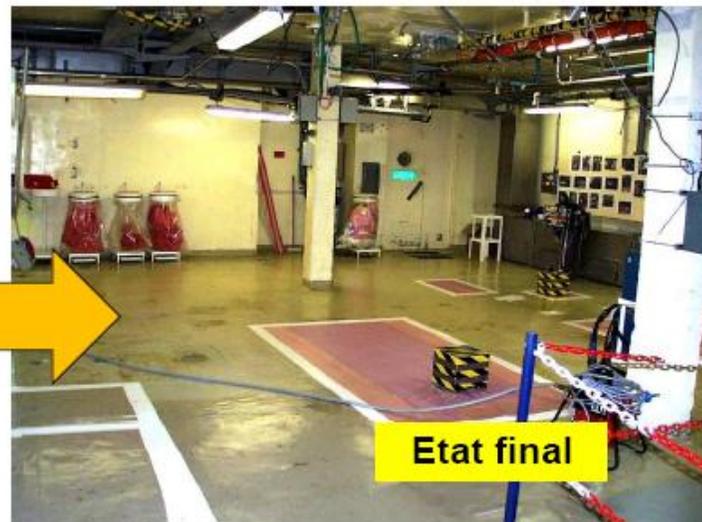
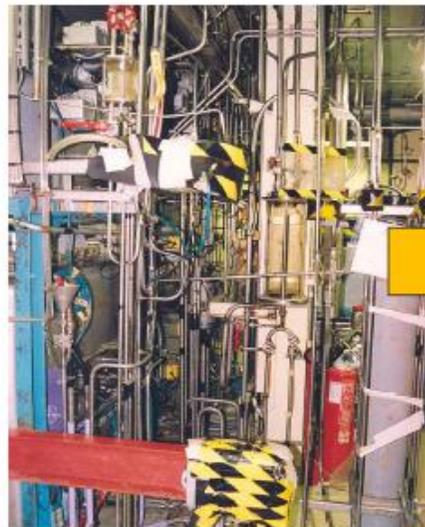
cea



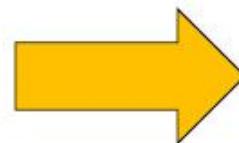
Démantèlement d'UP1



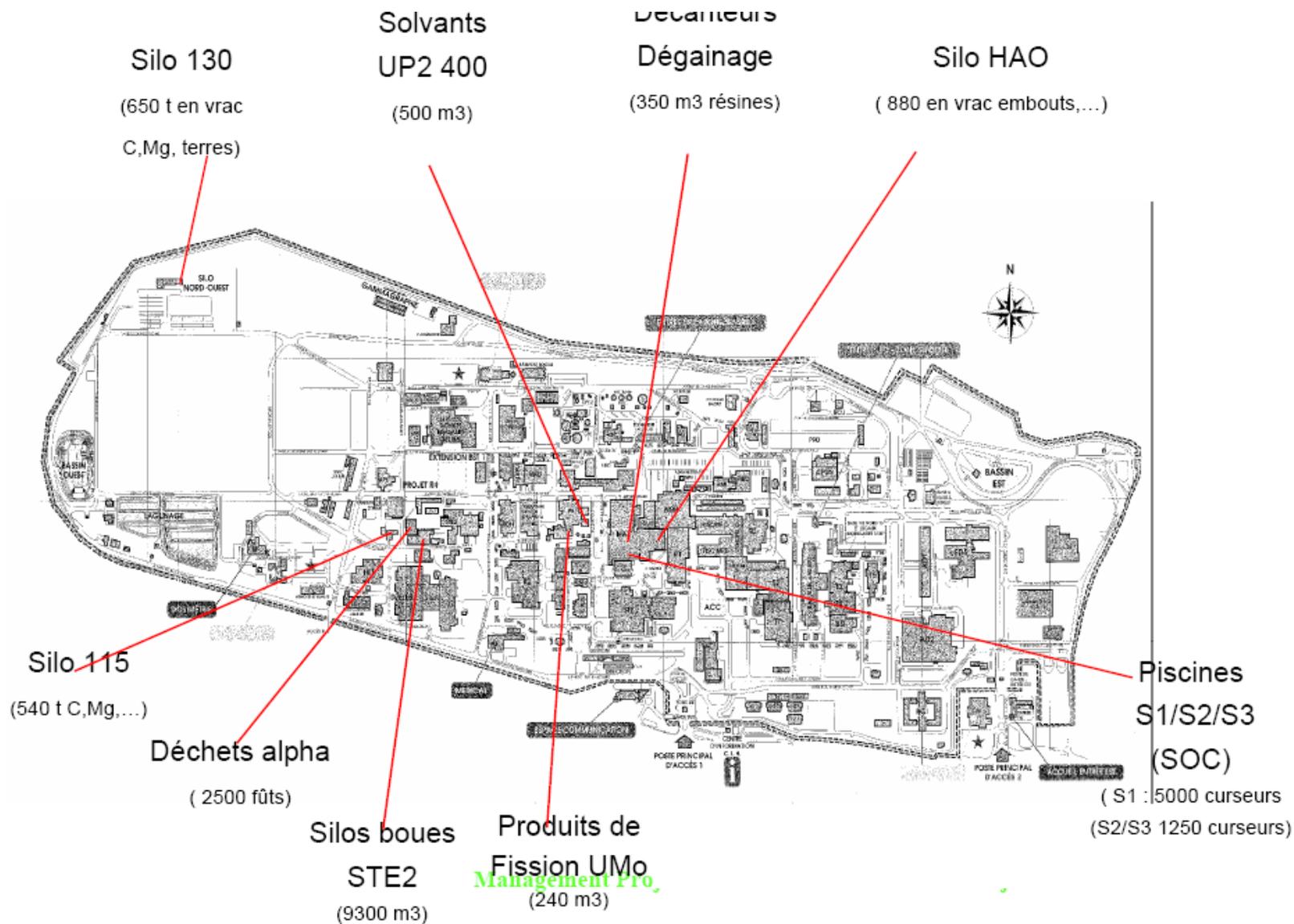
• DEM équipements Purification Pu



• DEM Magasin U



Démantèlement usine UP2 400 - la Hague



Démantèlement usine EURODIF

Démantèlement de l'usine G BESSE (au stade projet)

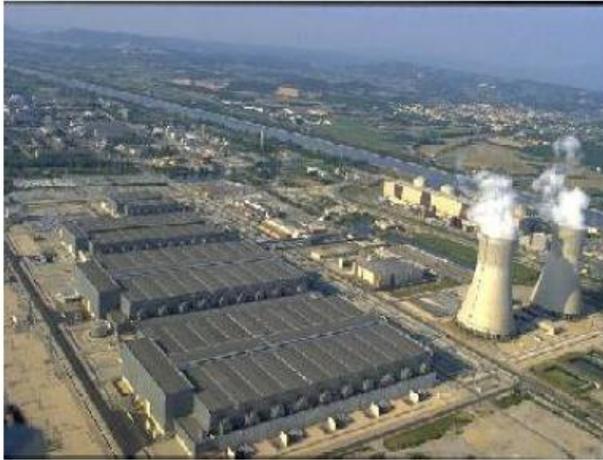


Arrêt programmé en
2012

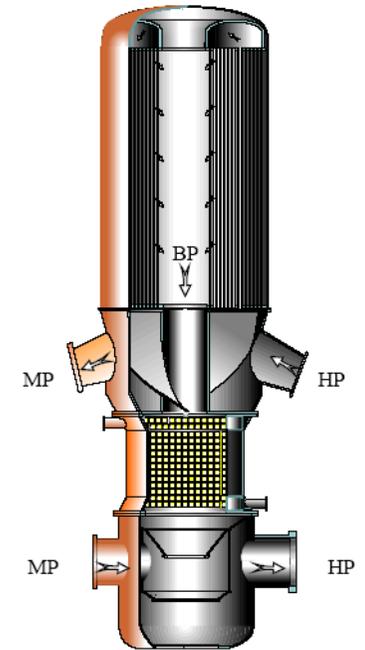
Début des opérations
de démantèlement
vers 2015

Etudes scénarios en
cours...

Démantèlement usine EURODIF



260 000 tonnes de ferrailles contaminées



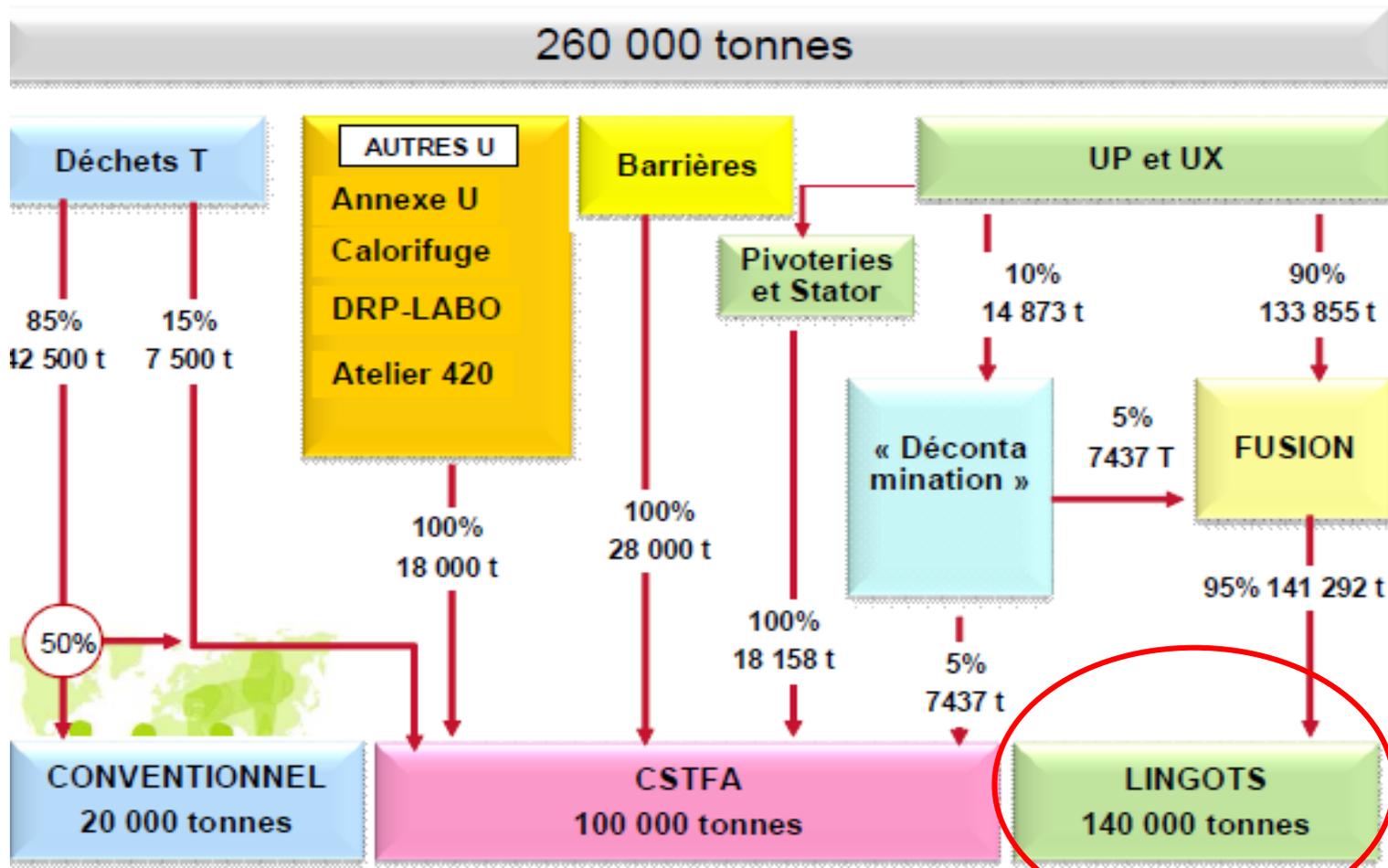
- ▶ La cascade d'enrichissement est composée de 1400 étages répartis en 70 groupes de 20 diffuseurs.
- ▶ Les quatre bâtiments de la cascade (110, 120, 130 et 140) représentent une surface de 190 000 m².
- ▶ Un diffuseur de la plus grande taille pèse 80 tonnes.
- ▶ La cascade contient 28 000 tonnes de barrières.
- ▶ Les déchets issus du démantèlement sont estimés à :
 - 150 000 tonnes de déchets contaminés
 - 50 000 tonnes de déchets conventionnels.
- ▶ Les installations n'ont vu que de l'U naturel.
- ▶ L'enrichissement maxi est de 5%



4 bâtiments, 1400 diffuseurs regroupés en 70 groupes de 20 étage

Recyclage des ferrailles d'EURODIF

Scénario de référence : Flux et Exutoires

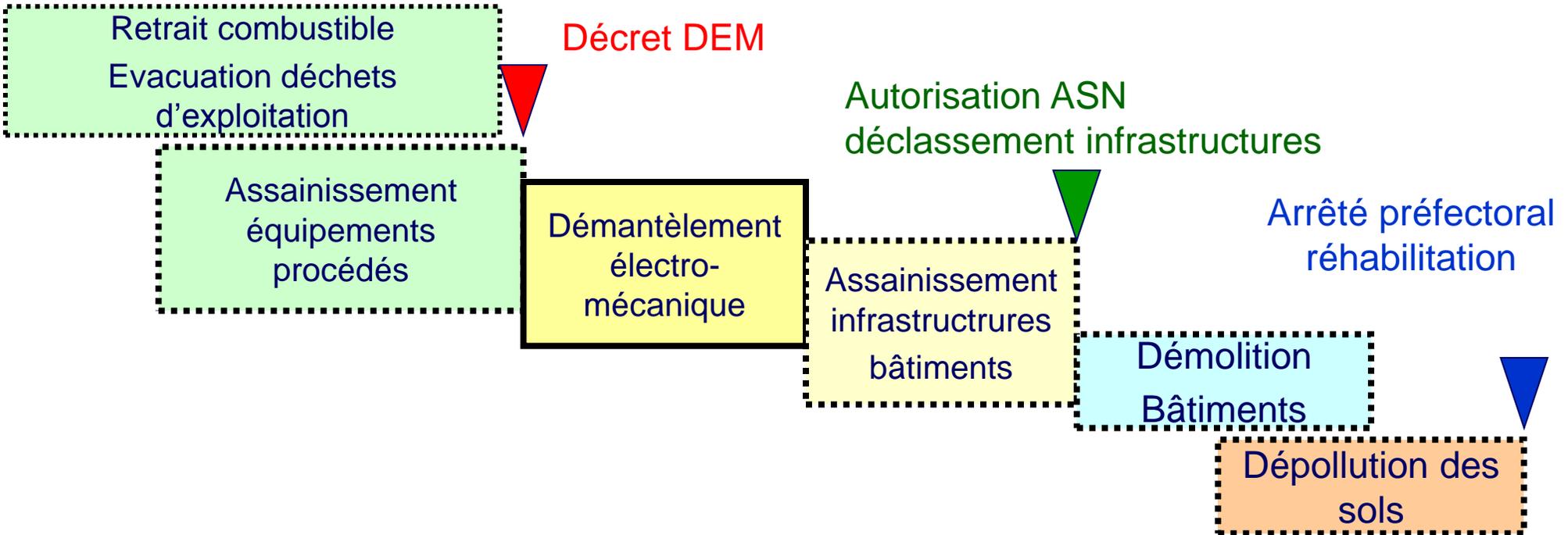


Stratégies de démantèlement : conclusions



- Prise de conscience des pays ayant une énergie nucléaire de l'importance des enjeux du démantèlement
- Le retour d'expérience technique et économique est actuellement limité : opérations pilotes
- Développement de la coopération internationale
- La France n'est pas en avance sur certains pays mais s'est donné les moyens pour réaliser un programme de démantèlement ambitieux

Démantèlement : phases techniques et réglementaires



Démantèlement : métier pluridisciplinaire



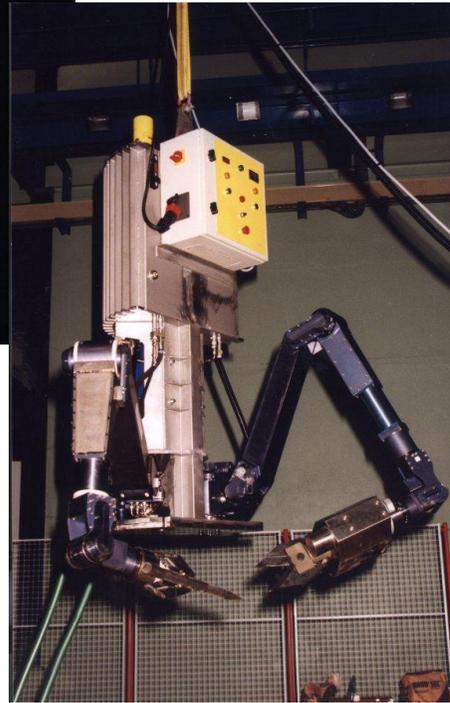
Découpe : lasers, torche plasma,...



Décontamination : chimique, mécanique,...



Robotique : bras téléopérés, robots,...



Démolition : explosifs, mécanique,...

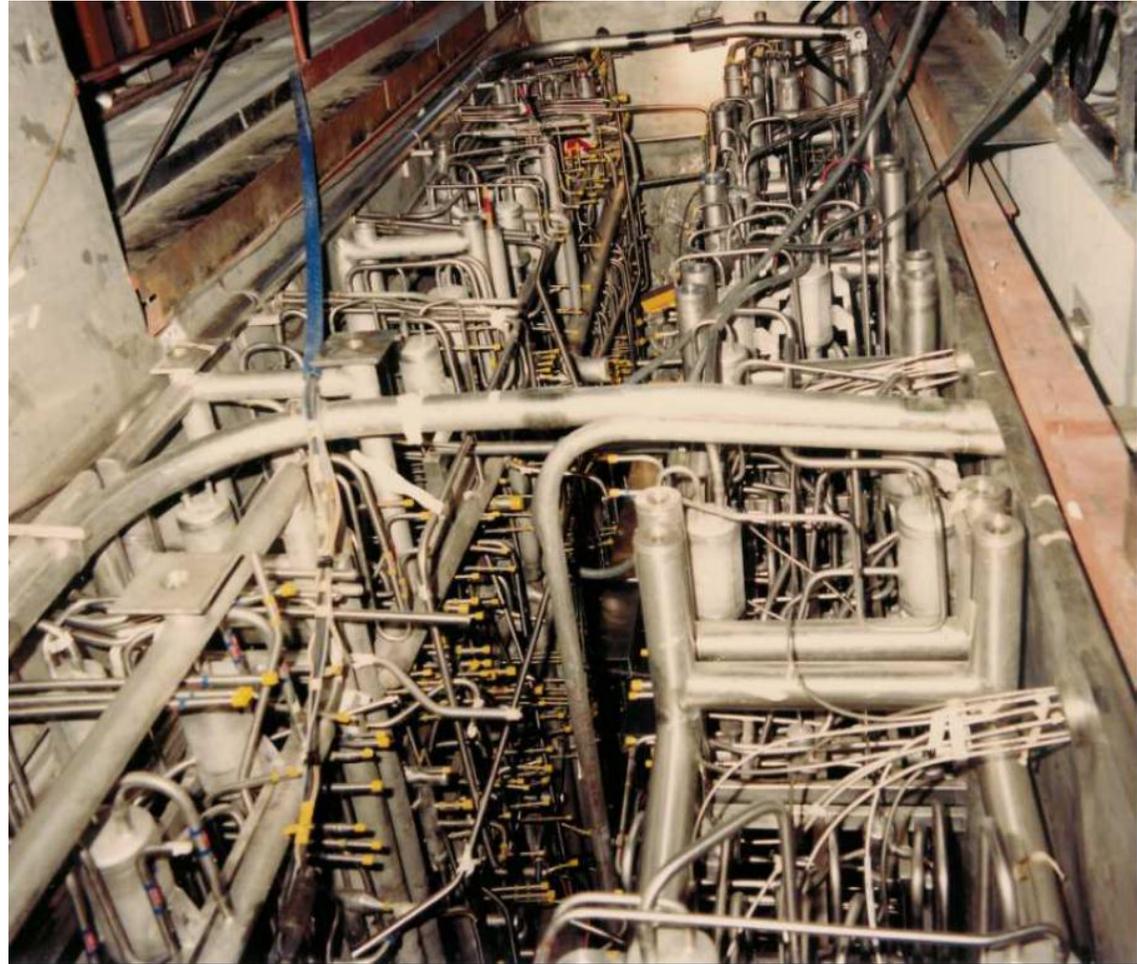
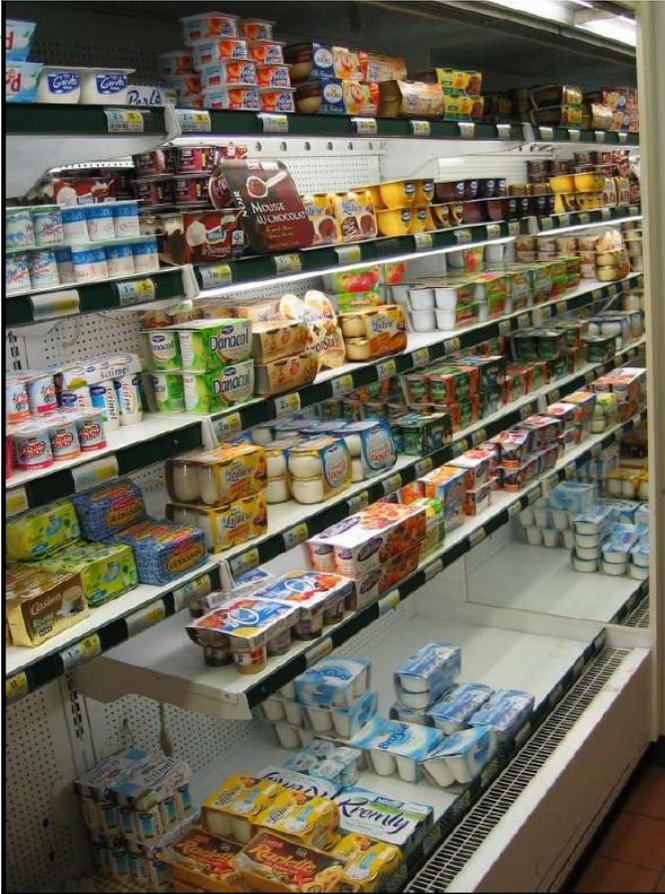




Inventaire initial d'une INB

Michel TACHON
CEA - Marcoule

Problématique d'un inventaire



A quoi sert l'inventaire ?



L'inventaire d'une INB à démanteler permet de :

définir la stratégie de démantèlement, ...chiffrer le coût de démantèlement

élaborer des scénarios de démantèlement,

prendre en compte les contraintes liées à l'état de l'installation et à l'accès aux zones d'intervention,

déterminer les moyens d'intervention, de décontamination et de démontage des équipements,

définir les « termes sources » de l'installation

effectuer l'étude d'optimisation de la radioprotection pour les interventions,

classer les déchets par catégories (TFA, FAMA, MA, HA)

Préparer les dossiers d'acceptation et d'agrément ANDRA

appréhender les risques de sûreté et de sécurité liées aux opérations de démantèlement.

Inventaire : données de sorties



L'inventaire d'une INB à démanteler est constitué principalement par :

un **état des lieux physique** de l'installation : état des équipements à démanteler, des infrastructures et superstructures, des moyens de logistique,....

un **bilan matière** complet de l'installation à démanteler : masse, volume, nature des matériaux,

un **état des lieux radiologique** le plus précis possible de l'installation à démanteler

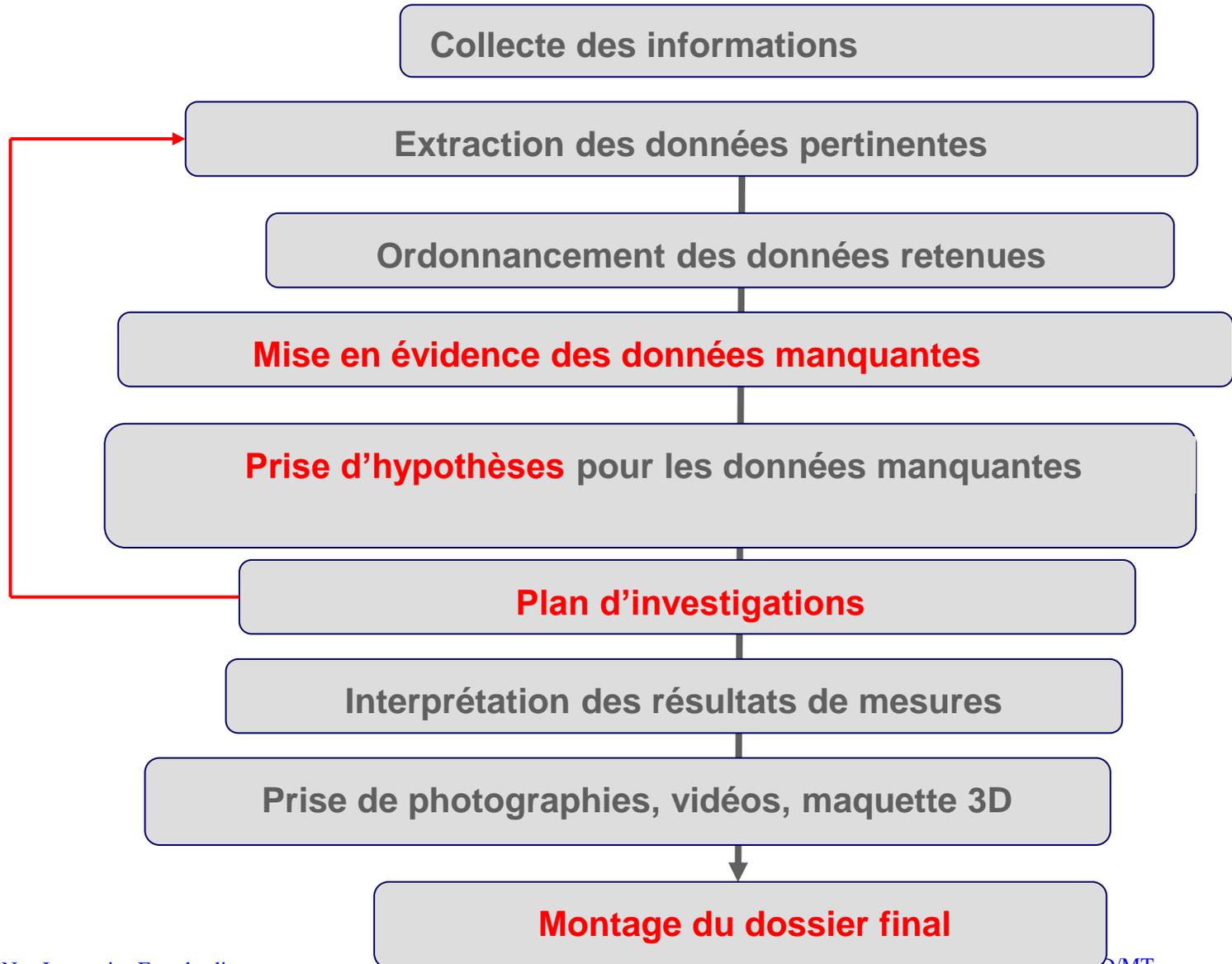
une **évaluation de l'activité radiologique** totale, par zone, massique,...

un inventaire déchets

Les grandes étapes d'un inventaire



**Processus
itératif**



Préparation inventaire : recommandations



- ◆ Visiter l'installation plusieurs fois
 - ◆ Lister les locaux concernés et leur accessibilité
 - ◆ Identifier leur fonction au sein de l'installation
 - ◆ Lister les équipements concernés
 - ◆ Repérer leur implantation et leur accessibilité
 - ◆ Prendre des photos et inscrire des commentaires
 - ◆ Visiter les salles d'archives
 - ◆ Préparer des fiches de relevés à emmener sur le terrain
 - ◆ Estimer la durée de collecte des informations
 - ◆ Estimer la durée de synthèse des données pertinentes

Inventaire physique

à partir de quelles données de base ?

L 'inventaire physique s 'établit à partir d 'informations et de données de base existantes :

- ◆ plans de l 'installation, fiches techniques
- ◆ documents de référence de l 'installation : RDS, rapport MAD
- ◆ CR d 'intervention, CR d 'activités,...
- ◆ Cahiers d 'exploitation
- ◆ Photos, vidéos
- ◆ Mémoire de l 'exploitant
- ◆ Interview de personnes parties à la retraite...

Inventaire physique : collecte des données

contraintes et difficultés



Les principales contraintes et difficultés rencontrées pour établir un inventaire sont :

- ♦ plans manquants ou non mis à jour,
- ♦ absence de système de recherche rapide de documents
- ♦ **mauvaise traçabilité** des modifications effectuées sur l'installation
- ♦ **inaccessibilité** de certaines zones du au niveau du débit de dose d'irradiation trop élevé

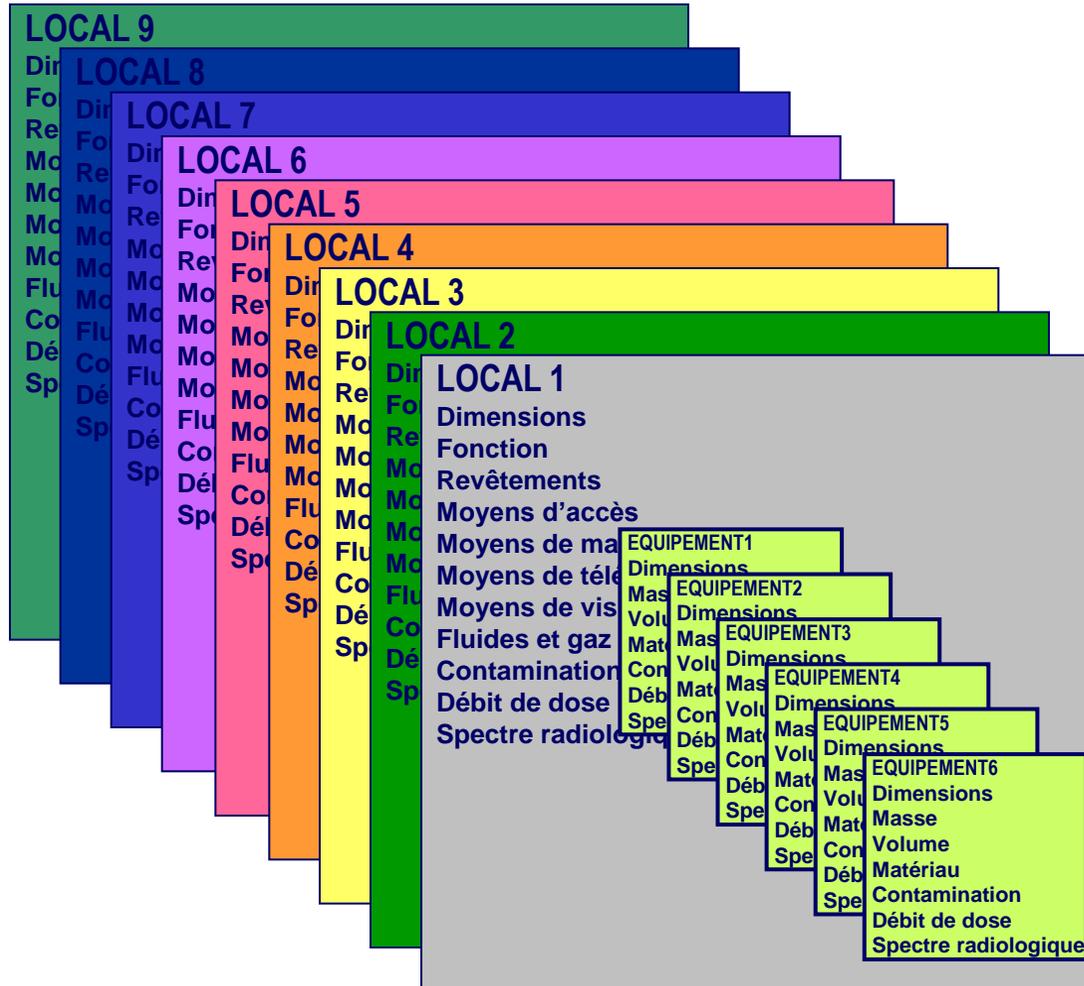
Fiche d'inventaire physique par local

INVENTAIRE DETAILLE DE L'APM			
FICHE D'INVENTAIRE PHYSIQUE			FIP 1-1-1-1
			LOCAL 239
Indice phase Création	0	Date	15/09/05
Indice phase modification	0	Date	19/09/05
LOCALISATION			
bâtiment :	Bâtiment 214	niveau :	0
zonage déchets :	ZNC	zonage RP :	Zone contrôlée/Vert
DESCRIPTION DU LOCAL			
fonction du local :	atelier électronique		
forme du local :	Parallépipédique		
largeur du local :	4		
longueur du local :	5		
hauteur de local :	3		
revêtement sol :		état :	
revêtement murs :		état :	
revêtement plafond :		état :	
traversées de gaines :		diamètre :	Volume : 0
traversées de tuyauteries :		diamètre :	volume :
fluides et gaz disponibles :			
mode d'accès :	porte		
dimensions de l'accès :			
moyens de téléopération :			
moyens de vision :			
moyens de manutention :			
ventilation :			
locaux adjacents :			
CONTENU DU LOCAL			
	a / Armoires électriques		
masse des composants (en kg)	500		
volume des composants (en m ³)	10		
C f. Compléments d'information			
<i>lien vers les plans et les photos du local :</i>			
\\TIKAL\RESSOURCE\S\DDCO\Base Démantèlement DDCO\Application Inventaire\Projet1\Batiment1\Ensemble1\Lo			
<i>lien vers la modélisation 3D du local :</i>			
\\TIKAL\RESSOURCE\S\DDCO\Base Démantèlement DDCO\Application Inventaire\Projet1\Batiment1			
	rédacteur		vérificateur
créé par	DOUTRELUINGNE		
Modifié par	DOUTRELUINGNE		
visa			

Inventaire : ordonnancement des données



Inventaire : ordonnancement des données



Inventaire physique : collecte des données

outils d'acquisition

Acquisition de propriétés physiques

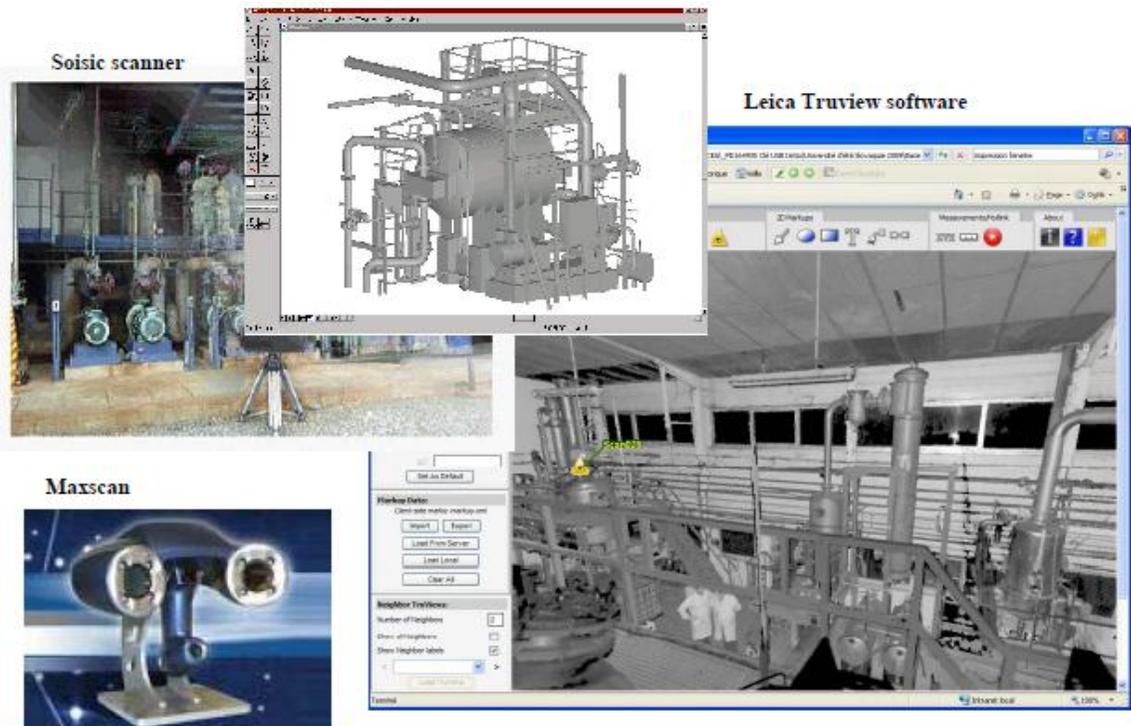
Evolution très rapides des systèmes laser-scanning 3D

Les télémètres laser sont largement utilisés dans la reconnaissance la modélisation d'objets et d'environnements existants en 3 Dimensions.

La technologie **3D scanners** constitue le coeur des démarches dites de « reverse engineering » : elle offre une haute précision de numérisation par nuages de points d'environnements complexes avec des modes de balayage à 360 degrés.

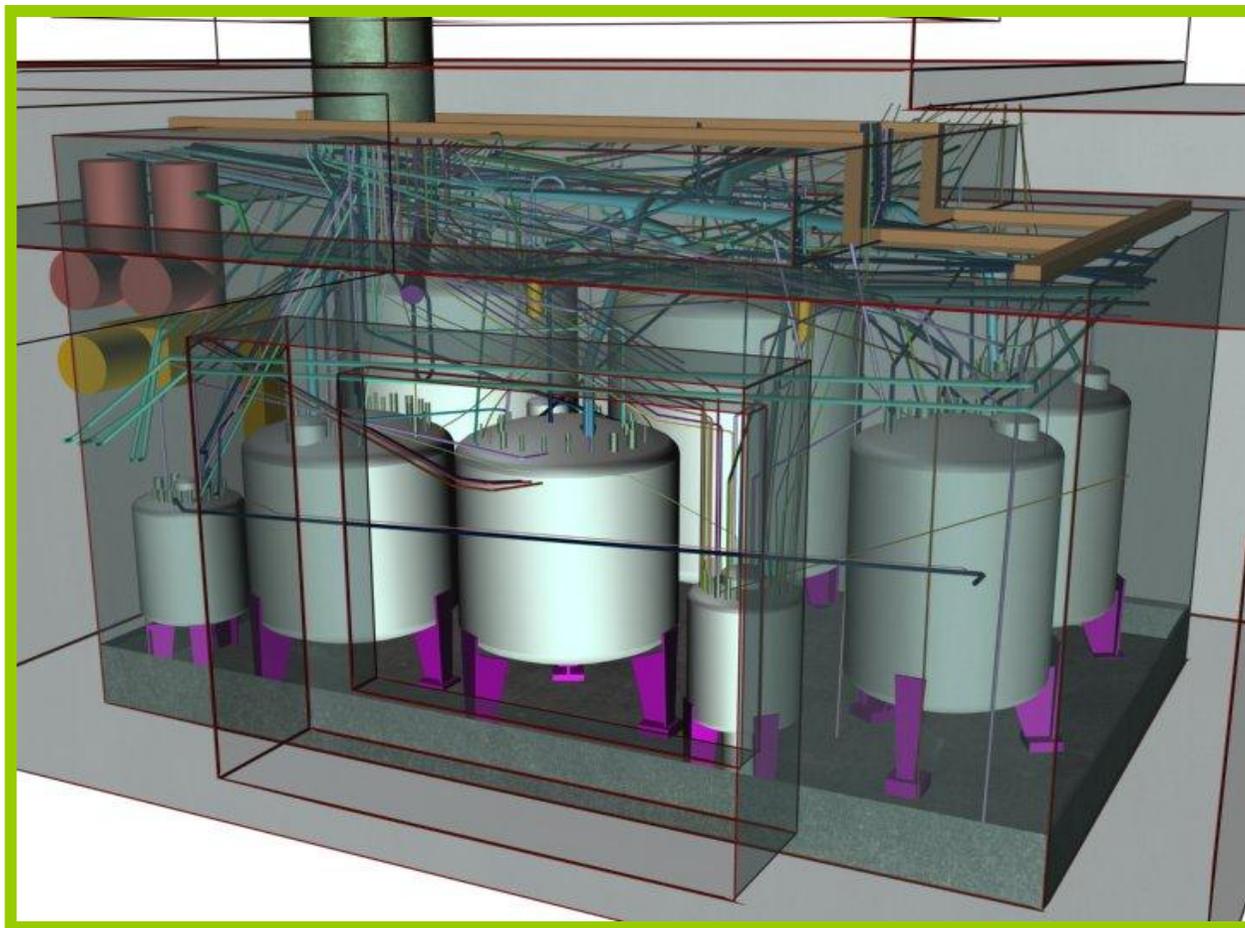
Exemples de systèmes:

- The SOISIC scanner from [MENSI](#) used by EDF
- [Leica](#) geosystems
- [creaform](#) Maxscan: handheld laser scan



REX d 'opérations de démantèlement

maquette 3D : Elan 2B





Inventaire radiologique

à quoi sert-il ?

L 'inventaire radiologique sert à :

- ♦ déterminer le « **terme source** », qui va servir à évaluer les risques de sûreté en cas d 'accident,
- ♦ **classer les déchets** produits lors du démantèlement par catégorie : TFA,...
- ♦ à dresser un **inventaire complet des déchets** et à définir une stratégie de gestion des déchets (tri, traitement, exutoires, recyclage,...),
- ♦ établir un **zonage déchets opérationnel**,
- ♦ établir **un ou des spectres isotopiques** de référence,
- ♦ établir une évaluation de la dosimétrie des scénarios de démantèlement (ALARA)
- ♦ évaluer l 'efficacité de rinçages ou de procédés de décontamination.

Inventaire radiologique que doit-il comporter ?



L'état des lieux (ou inventaire) radiologique doit être **précis** et le plus exhaustif possible. Il doit comporter plusieurs caractéristiques essentielles :

- ♦ le **débit de dose d'irradiation** de toutes les zones d'intervention, à proximité des équipements à démanteler,
- ♦ le **spectre isotopique** des radioéléments contaminants pour chaque zone ou équipement,
- ♦ la **contamination** surfacique, labile et fixée, des équipements,
- ♦ l'**activité massique** de chaque composant, et la **classification des déchets**
- ♦ l'**activité radiologique** totale.

L'établissement de l'inventaire radiologique doit être basé d'abord sur l'historique radiologique de l'installation.

Inventaire radiologique : plan d'investigation

cartographie d'irradiation



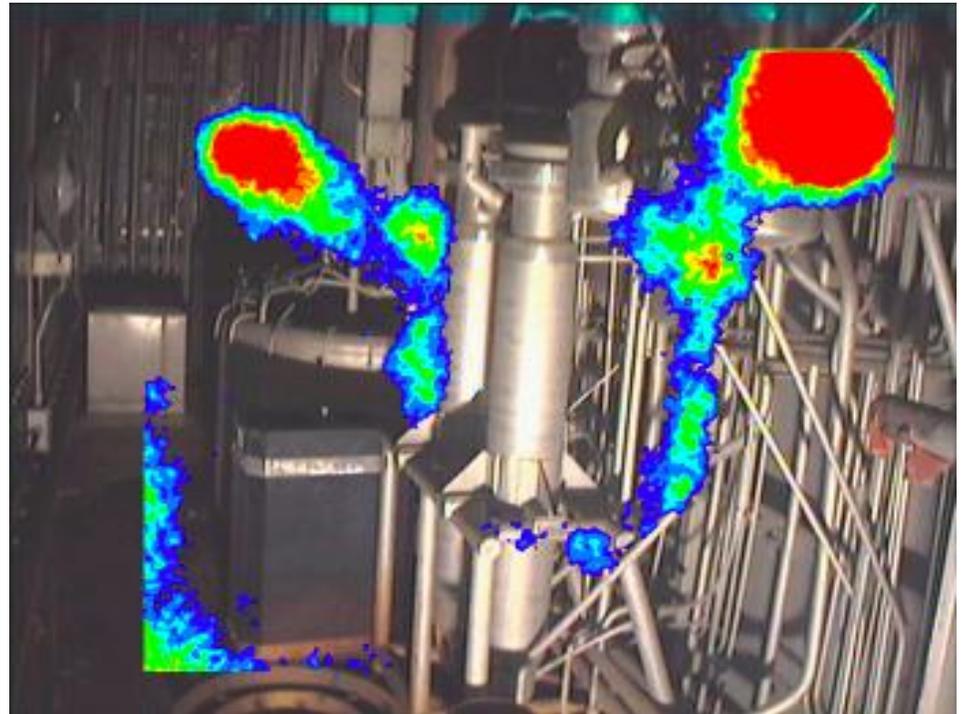
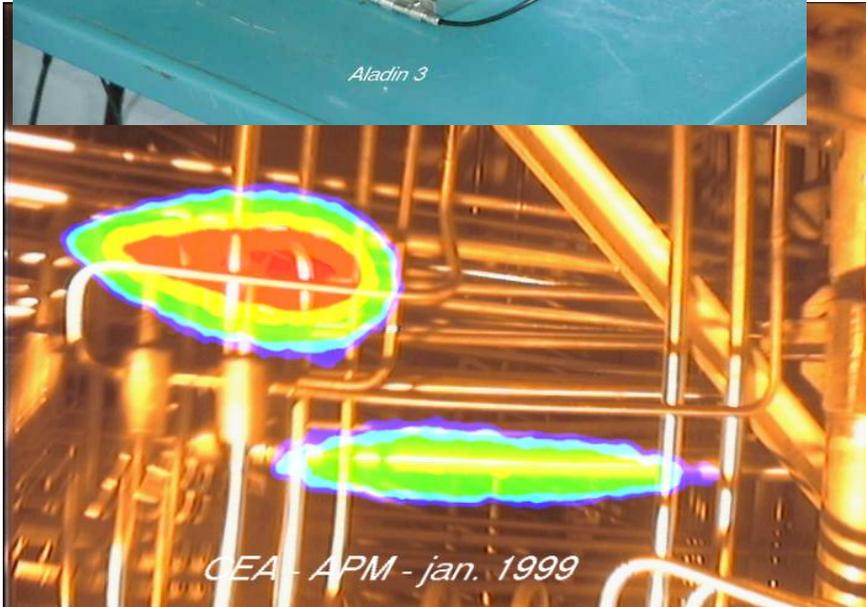
Le débit de dose d'irradiation d'une zone ou d'un équipement se mesure à partir d'appareils type Geiger-Muller ou autre.

Lorsqu'il y a plusieurs «**points chauds**», il est nécessaire de les identifier, par :

- ♦ des sondes collimatées et directionnelles
- ♦ des systèmes associant l'image et la mesure du débit de dose (gamma-caméra)
- ♦ des prélèvements d'échantillons (si possible)
- ♦ des frottis

L'activité massique d'un élément permet d'établir aussi le débit de dose.

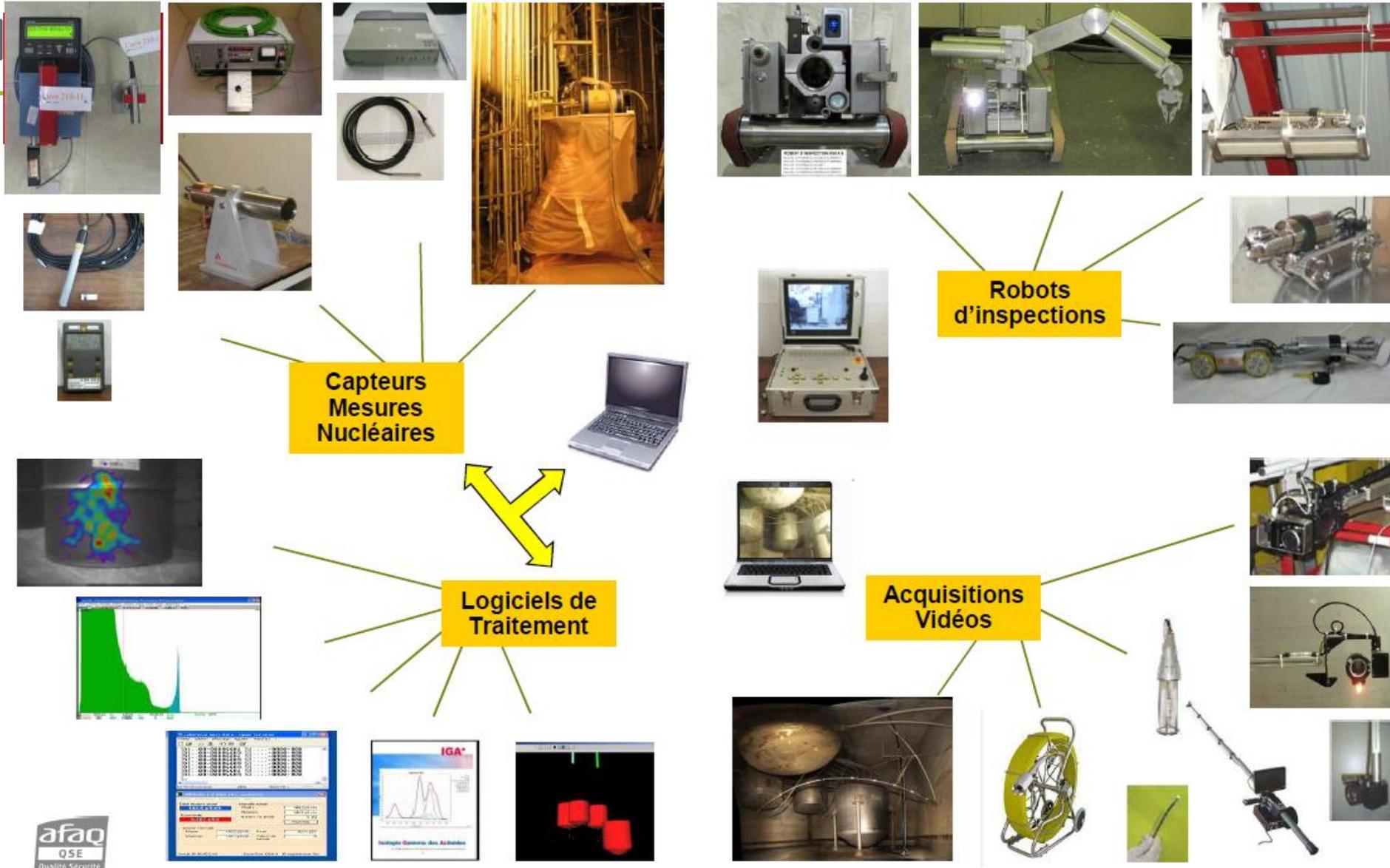
Inventaire radiologique : plan d'investigation gamma caméra



Inventaire radiologique

outils, engins et appareillages de mesure

cea





Inventaire radiologique

calcul d'activation

Pour les réacteurs nucléaires et les accélérateurs de particules, possibilités d'effectuer des calculs d'activation :

- ◆ logiciels puissants de calcul (*Mercur*e, ...)
- ◆ connaissance parfaite de l'historique de fonctionnement (flux neutronique)
- ◆ connaissance parfaite de la nature des matériaux et de leur géométrie
- ◆ calculs physique complexes (services spécialisés de calcul : SERMA,...

Le calcul d'activation est un élément important dans l'évaluation de l'activité et des débits de dose d'irradiation, mais doit être validé par des mesures et des analyses sur des échantillons représentatifs.



Inventaire radiologique

spectre isotopique

Le spectre isotopique est composé de tous les radioéléments présents dans l'installation ou la zone concernées.

Il sert à mieux interpréter les mesures et à caractériser les déchets radioactifs produits

Il s'établit sous forme d'une liste de radioéléments, avec leur pourcentage (en activité ou en masse) respectif.

Exemple : Spectre isotopique en activité (**à un instant donné**) :

$^{90}\text{Sr} = 12 \%$

$^{137}\text{Cs} = 34,5 \%$

$^{134}\text{Cs} = 0,5 \%$

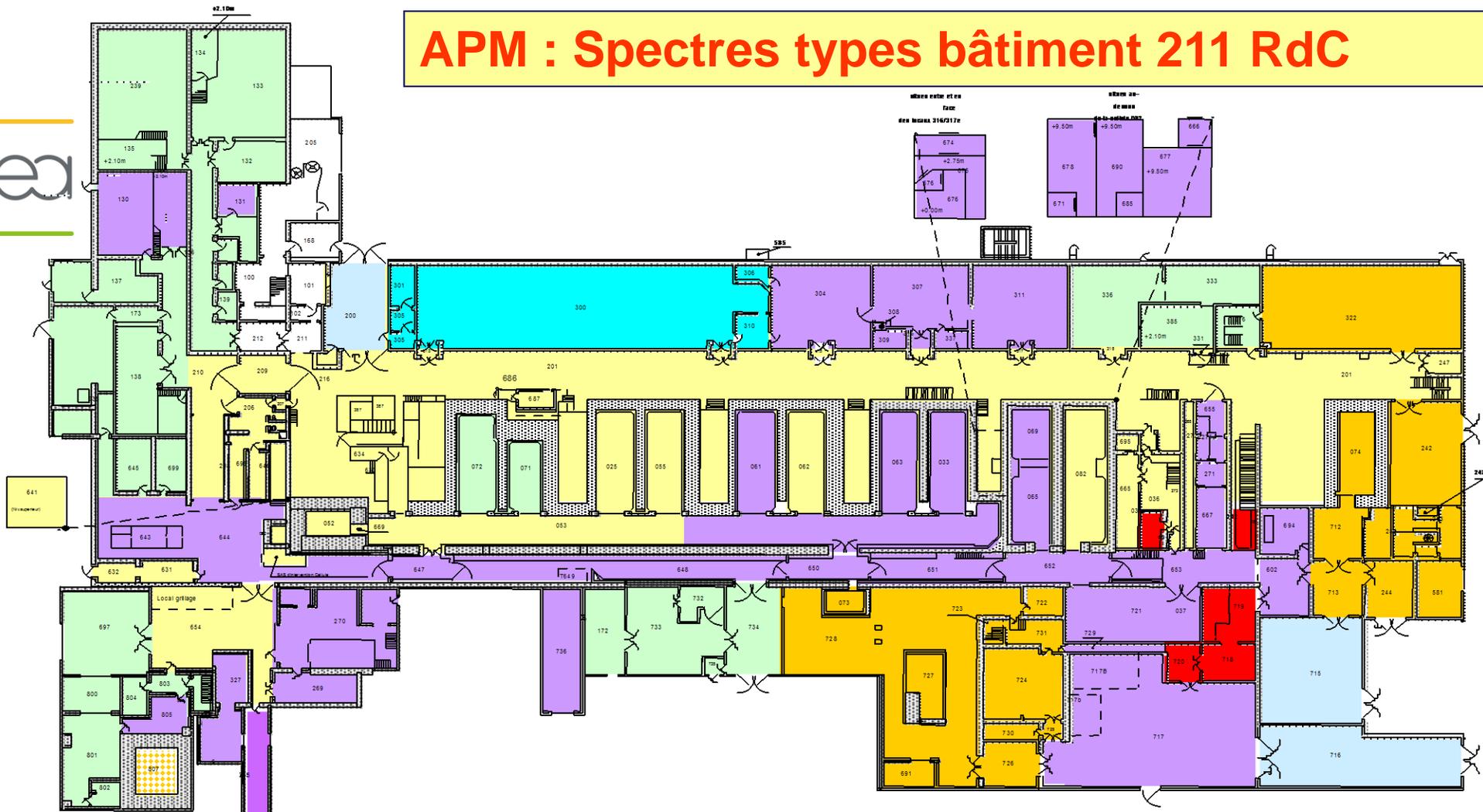
$^{60}\text{Co} = 4,8 \%$

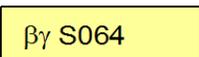
$^{238}\text{Pu} = 0,02 \%$

$^{239}\text{Pu} = 12,8 \%$

$^{240}\text{Pu} = 12,5 \%$

APM : Spectres types bâtiment 211 RdC



 α Pu	 βγ S061	 βγ S063
 α U	 βγ S062	 βγ S064



Inventaire radiologique

contamination surfacique

La contamination surfacique se décompose en :

- ♦ contamination labile
- ♦ contamination fixée

Elle s 'exprime généralement en **Bq/cm²**. Elle sert à :

- ♦ évaluer le risque de dispersion atmosphérique lors du démantèlement
- ♦ définir les conditions d 'intervention du personnel intervenant
- ♦ déterminer les procédés de décontamination les plus adaptés et efficaces
- ♦ calculer les activités massiques et donc à classer les déchets par catégories.

Elle se mesure par :

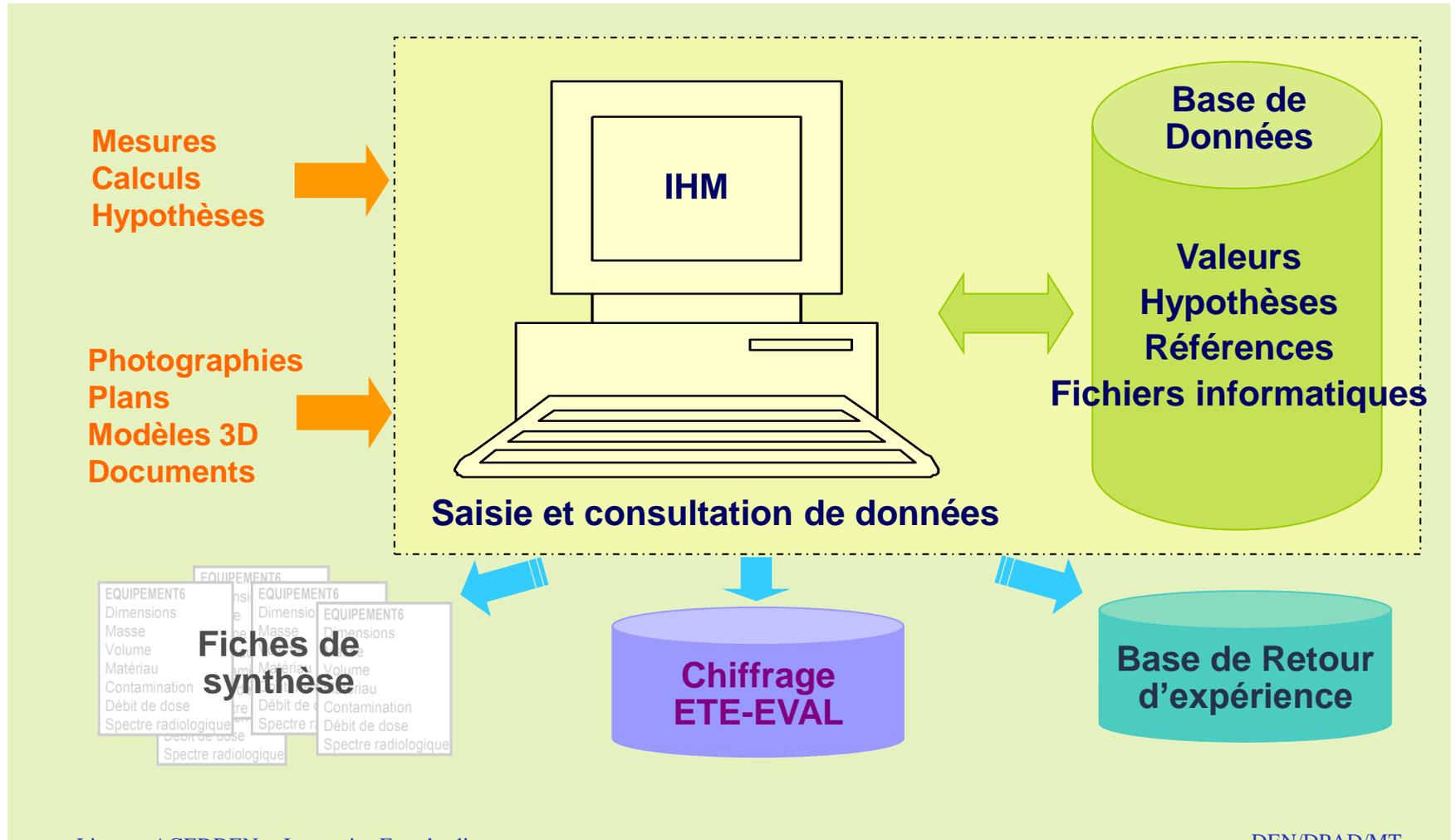
- ♦ analyse de frottis
- ♦ mesure directe sur le support
- ♦ prélèvement d 'échantillons (solide ou liquide)

Fiche d'inventaire radiologique par local

INVENTAIRE DETAILLE DE L'APM PHASE ETUDE DE FAISABILITE					
FICHE D'INVENTAIRE RADIOLOGIQUE					FIR 1-1-1-1
					LOCAL 239
Indice phase Création	0	Date	15/09/05		
Indice phase modification	0	Date	19/09/05		
LOCALISATION					
bâtiment :	Bâtiment 214	niveau :	0		
zonage déchets :	ZNC	zonage RP :	Zone contrôlée/Vert		
SPECTRE RADIOLOGIQUE					
Réf. du spectre radiologique :					
Date de référence :					
% de l'activité totale					
C f. Compléments d'information					
CARTOGRAPHIE RADIOLOGIQUE DU LOCAL					
Réf. de la cartographie radiologique :					
Date de la mesure :					
Débit de dose ambiant ($\mu\text{Gy/h}$) :	0,00E+00				
Surface contaminée :	0				
Débit de dose au contact ($\mu\text{Gy/h}$)					
Débit de dose à 1m ($\mu\text{Gy/h}$)					
Contamination Labile (Bq/cm^2)					
Contamination fixée (Bq/cm^2)					
suspicion de rétention de matière nucléaire : Non					
C f. Compléments d'information					
CARTOGRAPHIE RADIOLOGIQUE DES COMPOSANTS					
	équipement				
Débit de dose au contact ($\mu\text{Gy/h}$)	0,00E+00				
Contamination Labile (Bq/cm^2)	0,00E+00				
Contamination fixée (Bq/cm^2)	0,00E+00				
activité massique (Bq/kg)	0,00E+00				
Réf. cartographie radiologique					
Date mesure					
C f. Compléments d'information					
		rédacteur	vérificateur		
	créé par	DOUTRELUINGNE			
	Modifié par	DOUTRELUINGNE			
	visa				

Inventaire : saisie des données

Schéma de principe de la méthode IDEA du CEA





Inventaire radiologique

contraintes et difficultés

L 'inventaire radiologique se heurte souvent à des difficultés techniques et des contraintes d 'intervention :

- ◆ **la mesure du débit de dose** d 'une zone où le bruit de fond est important, du à une (ou plusieurs) source (s) « chaude », ne permet pas d 'établir une cartographie d 'irradiation représentative,
- ◆ **la détermination du spectre isotopique** des radioéléments contaminants pour chaque équipement nécessite souvent des prélèvements d 'échantillons sous forme de carottages, de frottis ou de découpe de matière,
- ◆ **la mesure de la contamination surfacique** des équipements nécessite souvent des frottis et des mesures à proximité, voire au contact des équipements, ce qui n 'est pas toujours possible.
- ◆ **la détermination de l 'activité massique** de chaque composant, pose les mêmes problèmes que ceux liés à la détermination du spectre ; dans le cas de tuyauterie ou d 'équipements à corps creux, la difficulté réside aussi dans la connaissance de l 'activité interne, pas toujours accessible.

- **HYPOTHESES...**



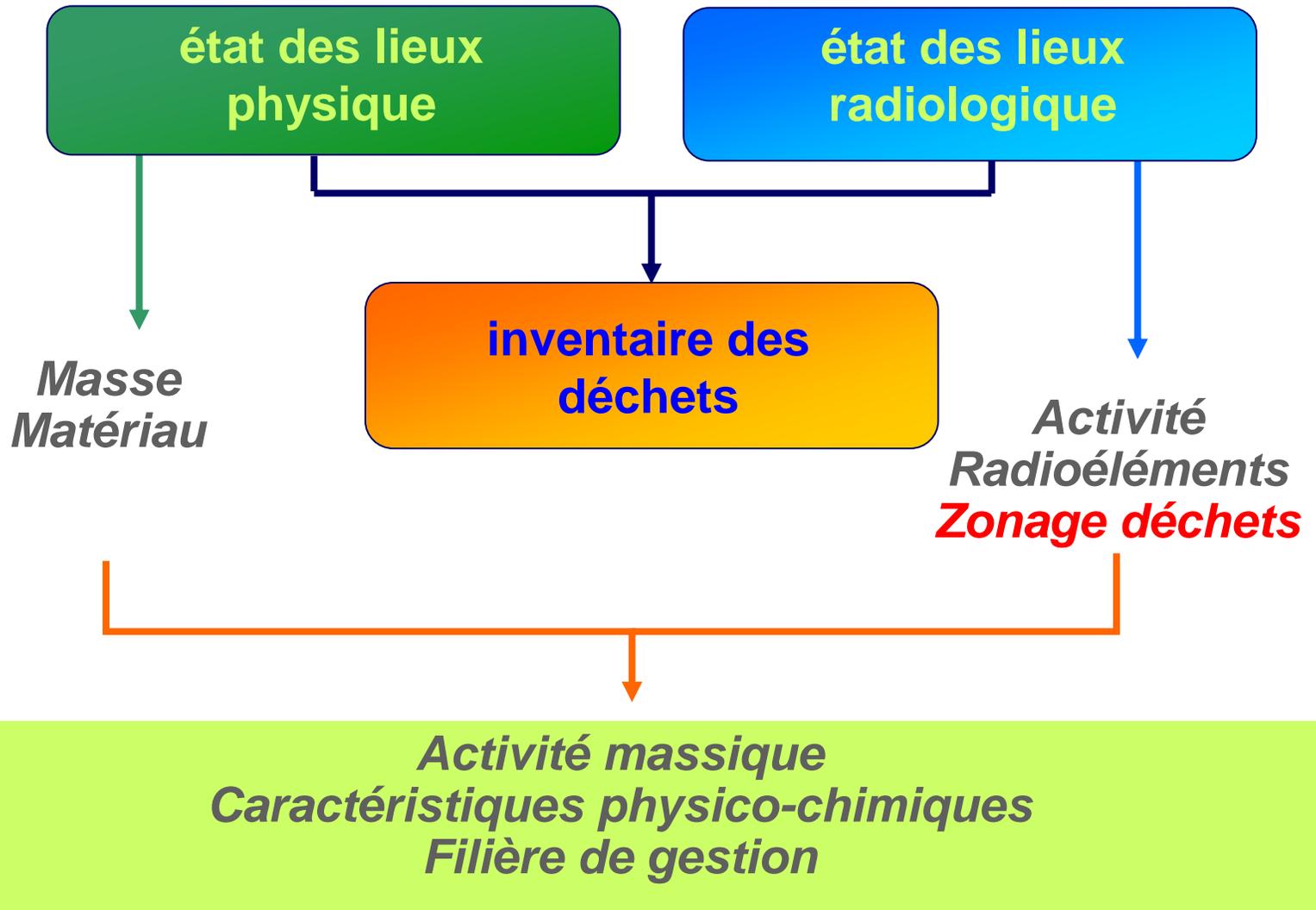
Inventaire déchets

à quoi cela sert-il ?

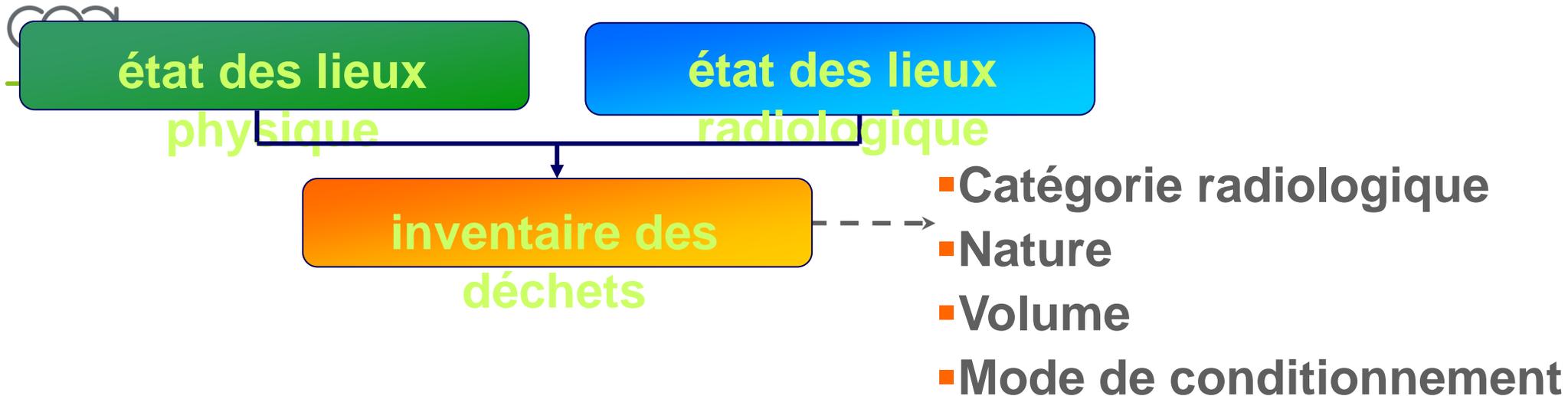
L'inventaire déchets va permettre :

- ◆ de connaître les quantités de déchets pour chaque catégorie,
- ◆ de **confirmer ou de rechercher les filières**,
- ◆ d'évaluer les coûts liés à la gestion globale de ces déchets
- ◆ de **constituer l'étude déchets**
- ◆ de prévoir éventuellement des traitements de déchets (réduction de volume, décontamination,...),
- ◆ de prévoir des entreposages de déchets
- ◆ de déterminer les dimensions des déchets produits (scénario),
- ◆ de prévoir les emballages de transport agréés.

Inventaire déchets



Inventaire déchets : prévisionnel déchets



- ✓ **Catégorie radiologique :** nucléaire ou conventionnel
- ✓ **Nature :** solides, liquides, présence de déchets dangereux, ...
- ✓ **Volume à conditionner :** notion de « Foisonnement » : Augmentation ou diminution du volume suite au démontage, à la découpe ou au concassage de l'équipement
- ✓ **Mode de conditionnement :** type de colis (fût 200 l, caisson 5 m², fût 50 l, ...)



Inventaire déchets

classification des déchets radioactifs

La classification des déchets radioactifs s'évalue à partir de la détermination de l'activité massique des éléments à démanteler

La classification des déchets est déterminée à partir :

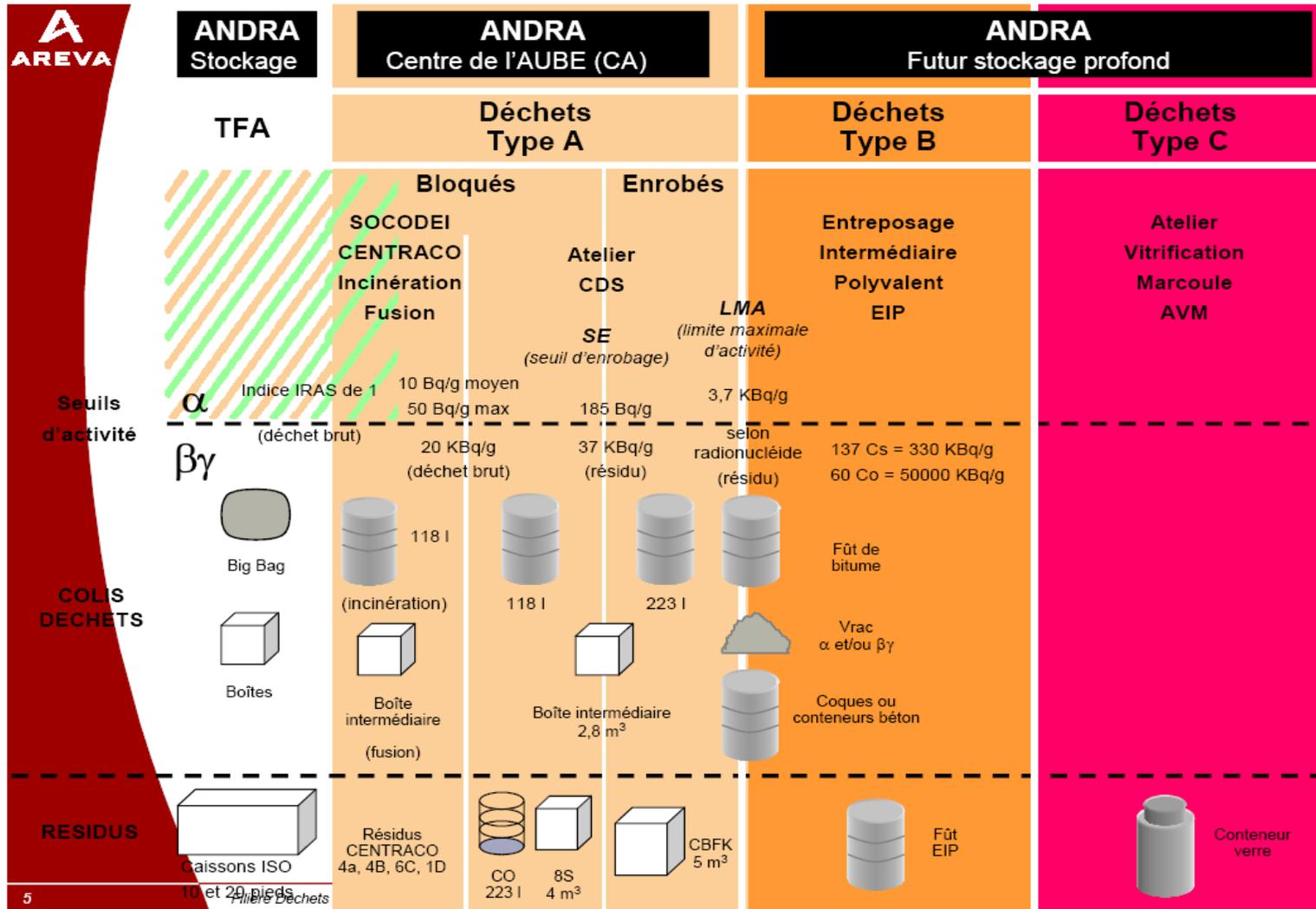
- ♦ du spectre isotopique de référence
- ♦ de l'activité massique

Pour les déchets conventionnels, la classification des déchets se fait essentiellement par nature et en fonction des filières (stockage, recyclage)

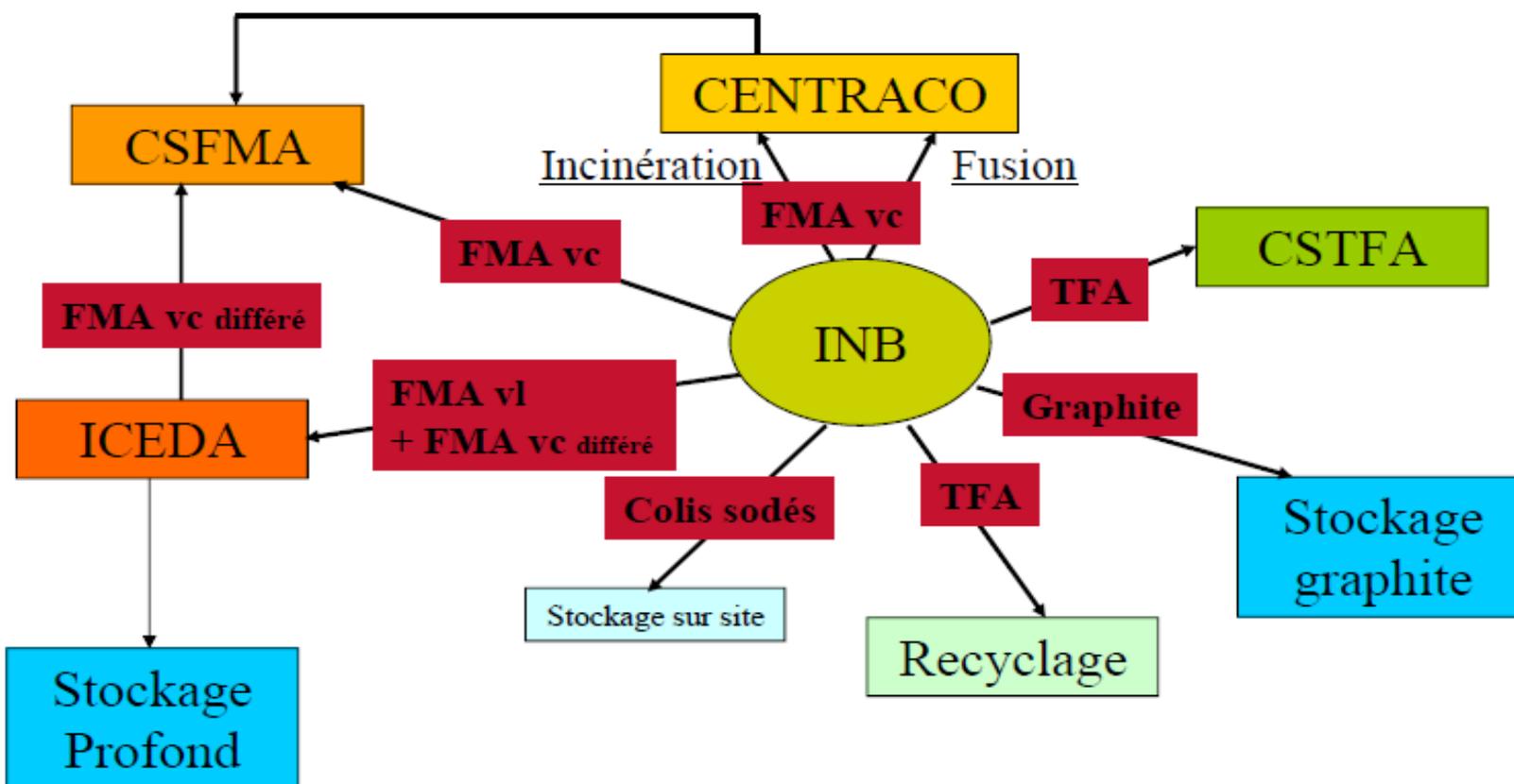


Inventaire déchets

filière déchets radioactifs : exemple AREVA Marcoule



Filières de gestion des déchets radioactifs à EDF



Prévisions déchets : exemple

INVENTAIRE UP1

Usine HA (Bât.100) : inventaire de toutes les salles

	Masse :	Déchets ADM (fusion ou déconta.) :	Déchets vers CDS :	Déchets socio- dérisables :	Déchets vers ETFA :
Tuyauteries phase MAD :	4,1 t	0,5 t	3,6 t		
Tuyauteries phase Dém. :	432,9 t	30,6 t	167,6 t	19,8 t	214,9 t
Câbles et chemins de câbles phase MAD :					
Câbles et chemins de câbles phase Dém. :	277,5 t		30,0 t		247,5 t
Armoires et coffrets phase Dém. :	286,7 t		5,8 t		281,0 t
Charpente phase MAD :	18,5 t		11,5 t	0,8 t	6,2 t
Charpente phase Dém. :	548,4 t	29,1 t	40,6 t	150,9 t	327,9 t
Ventilation phase MAD :					
Ventilation phase Dém. :	899,2 t		144,5 t	302,8 t	451,9 t
Baryte phase MAD :	38,4 t		32,3 t		6,1 t
Baryte phase Dém. :	1876,3 t		1361,4 t		514,9 t
Plomb phase MAD :	415,2 t	415,2 t			
Plomb phase Dém. :	2306,0 t	2263,1 t			42,9 t
Fonte/acier phase MAD :	27,0 t		27,0 t		
Fonte/acier phase Dém. :	755,4 t	410,6 t	31,5 t	248,1 t	65,2 t
Cuves phase MAD :	3,2 t	0,8 t	2,4 t		
Cuves phase Dém. :	279,3 t	140,6 t	84,4 t	45,0 t	9,3 t
Equipements mécaniques phase MAD :	31,1 t	25,3 t	5,8 t		
Equipements mécaniques phase Dém. :	156,9 t	7,4 t	57,1 t	44,1 t	48,3 t
Equipements de manutention phase MAD :	3,7 t		0,4 t		3,3 t
Equipements de manutention phase Dém. :	41,2 t		12,2 t	6,6 t	22,4 t
Revêtements inox ou acier phase MAD :					
Revêtements inox ou acier phase Dém. :	3,8 t		3,8 t		
Lêchefrite inox ou acier phase Dém. :	45,4 t		39,2 t	3,9 t	2,3 t
Sable phase Dém. :	2,8 t		2,8 t		
Divers phase MAD :	0,4 t		0,3 t		0,0 t
Divers phase Dém. :	309,8 t		22,2 t	12,0 t	275,7 t
Gravats (avec assainissement) phase MAD :	1,2 t		1,2 t		
Gravats (hors assainissement) phase Dém. :	460,6 t		268,5 t		192,1 t
	9225 t	3323 t	2356 t	834 t	2712 t

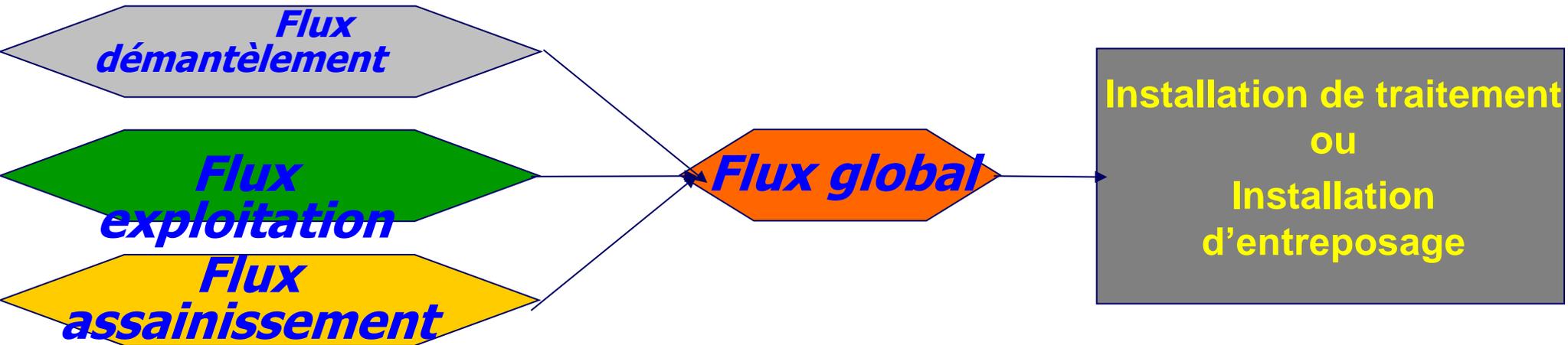
Observations :

maire présentation – Intervenant/réf. - 30 septembre 2010 - p.16



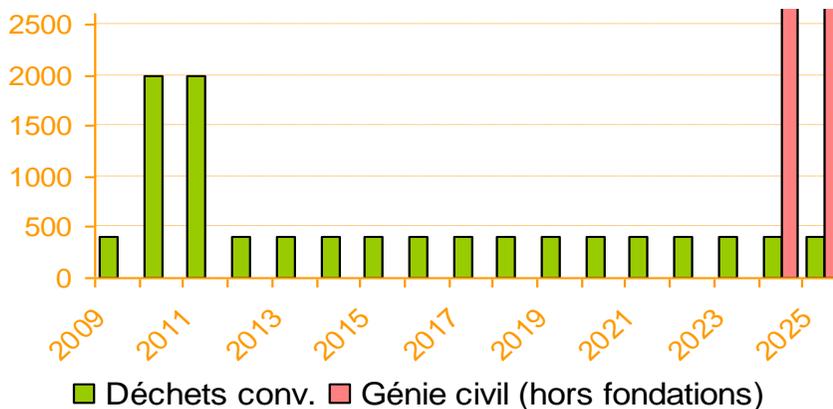
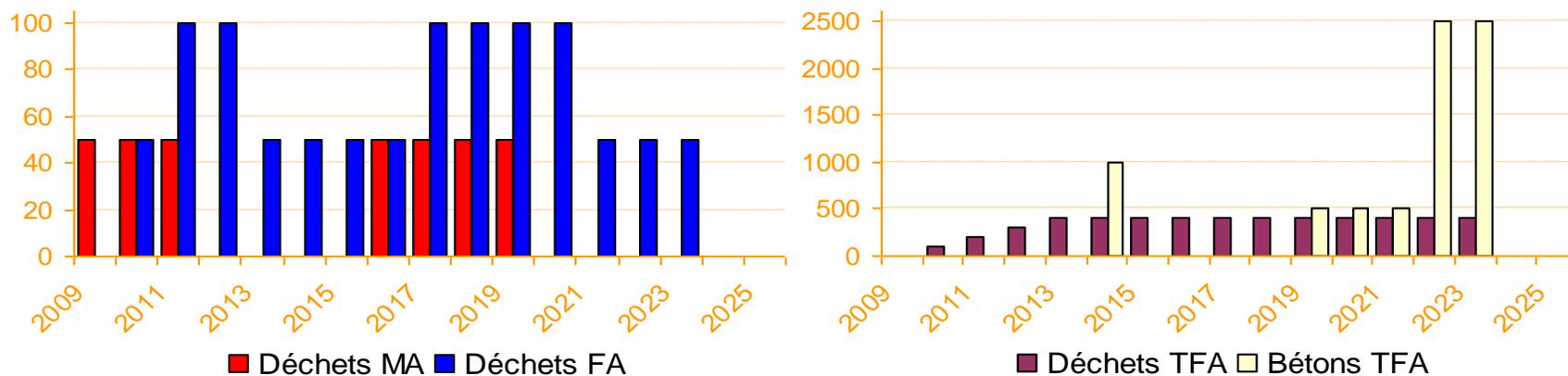
La prévisions des flux de déchets

Les flux de déchets de démantèlement sont ajoutés à ceux d'exploitation et d'assainissement (reprise de déchets anciens).



- Vision globale des flux de déchets et de leur gestion
- Vérification de l'adéquation avec les capacités d'accueil des installations destinataires.

Flux de déchets par catégories : exemples





Inventaire déchets

exemple de déchets radioactifs sans filière

- **le graphite : stockage dédié prévu en ??? Ou décontamination du graphite**
- **déchets fortement irradiants (« non FMA ») : entreposage de décroissance**
- **amiante (libre) contaminée : pas de filière aujourd'hui**
- **certains déchets toxiques : mercure,...**

Inventaire déchets

Cas des déchets de gros volume

- L'exploitant nucléaire cherche à limiter les découpes de déchets
- L'ANDRA impose des conditions pour ce type de déchets





Inventaire déchets

Déchets conventionnels

Ce sont les déchets produits dans des zones non nucléaires.

- **Au départ, cela concerne surtout les bâtiments auxiliaires inactifs, les bureaux, et certaines zones contrôlées.**
- **A la fin du démantèlement électro-mécanique, cela concerne les infrastructures (murs,...), à condition d'avoir déclasser au préalable. Il s'agit dans ce cas surtout de gravats de bétons ou de structures métalliques.**
- **La définition préalable du zonage déchets est donc importante**



Inventaire déchets

Déchets conventionnels : structures

Pour déclasser les bâtiments avant de les démolir, il faut :

- **Effectuer une cartographie précise et logique, y compris dans la profondeur du béton,**
- **Constituer un dossier de déclassement destiné à l'ASN, qui décrit les opérations d'assainissement effectuées, les méthodes utilisées pour établir les cartographies, et les résultats obtenus,**
- **L'autorisation de l'ASN avant de démolir**

La maîtrise de l'inventaire déchets



La maîtrise de l'inventaire déchets repose essentiellement sur :

- La réalisation d'un « inventaire » de l'installation
- L'établissement d'un prévisionnel déchets
- **La planification de la production – flux des colis de déchets**
- La mise à jour périodique des prévisions et des flux
- La recherche de la filière de gestion la mieux adaptée
- **L'identification des déchets sans filière**
- La mise en œuvre de nouvelles filières pour un mode de conditionnement mieux adapté (*caisson 5m³ au lieu de fût 200l*)
- **La mise en œuvre de nouvelles filières pour un déchet**



Inventaire initial

conclusions et REX

- ◆ L ' inventaire physique et radiologique est une étape incontournable
- ◆ Plus l 'inventaire radiologique est précis, plus l 'étude technico-économique des scénarios pourra être précise
- ◆ Aller voir sur place les zones à démanteler, si elles sont accessibles, est souvent très utile
- ◆ Un inventaire n'est jamais complet : il faut faire des hypothèses et/ou procéder à des investigations (prélèvements, cartographies,...;),
- ◆ L'inventaire doit être optimisé au fur et à mesure de l'avancement du projet (méthode itérative)