



Le Retour d'Expérience d'AREVA

Thierry VARET

Directeur technique Démantèlement et
services, Business Group Aval

Le 8 octobre 2014

Les sciences du démantèlement des installations nucléaires, le retour d'expérience AREVA sur leur déploiement et les besoins.



Une large expérience reposant sur

► Diversité des métiers

- ◆ MOA, MOAd
- ◆ MOE
- ◆ Opérateur
- ◆ Exploitant
- ◆ Fournisseur

► Diversité des installations

- ◆ Des différentes étapes du cycle du combustible

► Diversité territoriale

- ◆ En France
- ◆ À l'étranger

Les sciences du démantèlement des installations nucléaires, le retour d'expérience AREVA sur leur déploiement et les besoins.

- ▶ **Présentation des activités AREVA dans le Démantèlement des Installations Nucléaires**
- ▶ **Réflexions sur les sciences et techniques du démantèlement, tirées du Retour d'Expérience**

Les sciences du démantèlement des installations nucléaires, le retour d'expérience AREVA sur leur déploiement et les besoins.

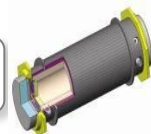
Première partie : Retour d'expérience

Les Installations AREVA en cours de démantèlement



Démantèlement de l'usine de retraitement de combustibles usés UP2 400

Emballages de transport



Démantèlement de l'usine FBFC Dessel (Belgique)

La Hague

Areva LTA
(Direction DFC)



Préparation du démantèlement de l'usine d'enrichissement GB1

Déclassement des sites SICN et finalisation des actions engagées de réindustrialisation



Veurey / Annecy

Pierrelatte

Miramas

Cadarache



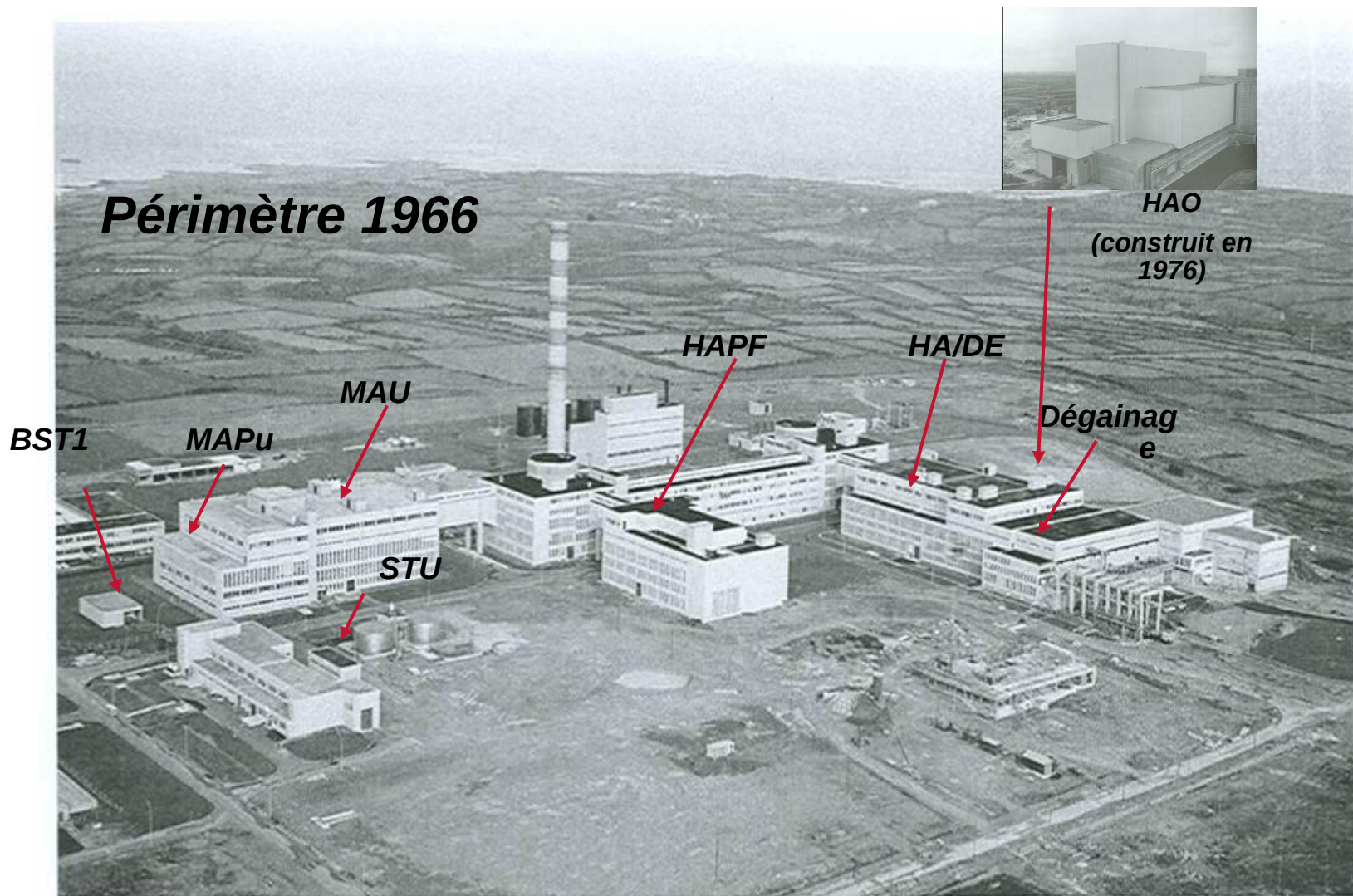
Dépollution des sols de l'usine de Miramas



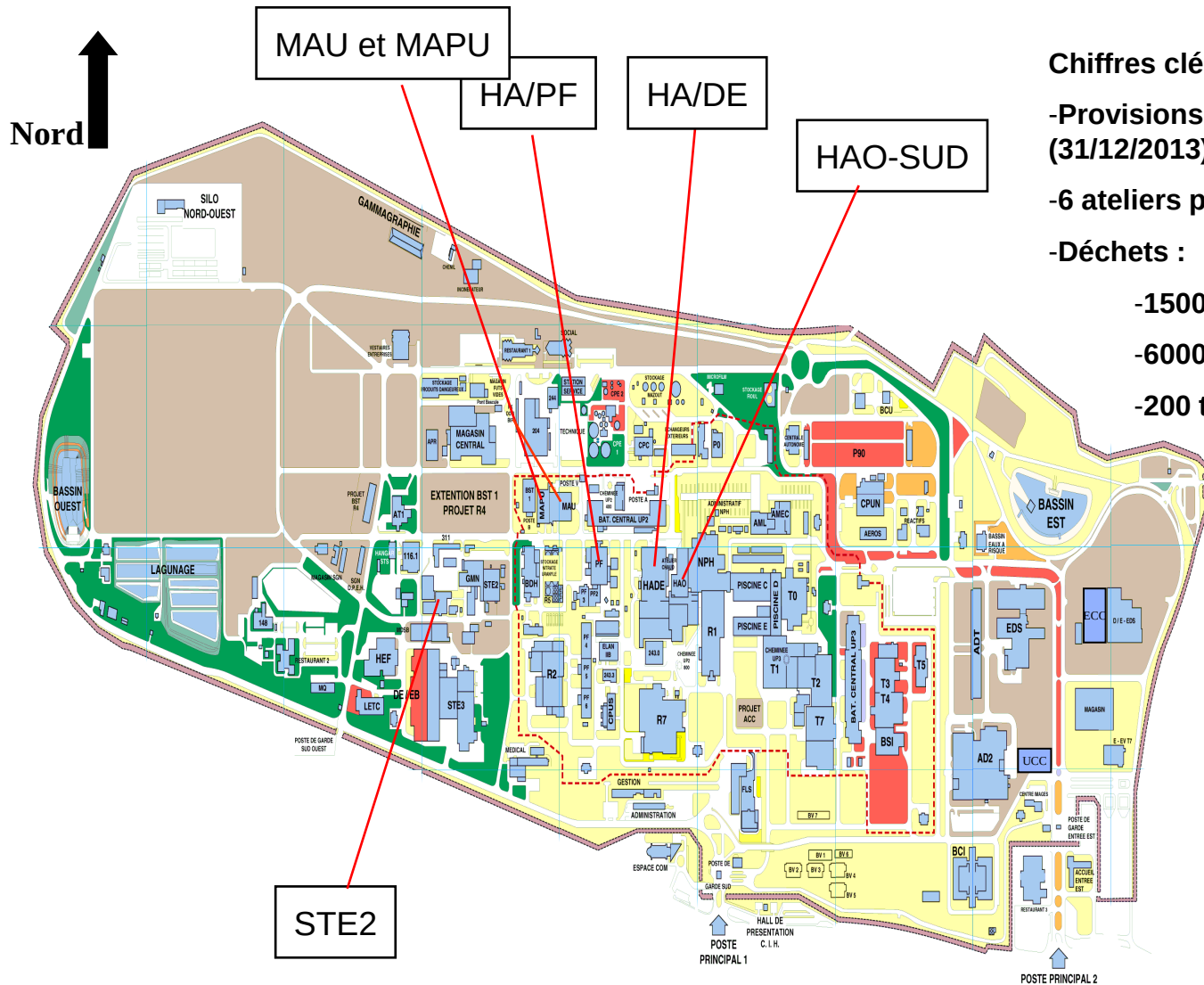
Démantèlements des ateliers ATPu1 ATPu2 et du LPC



La Hague – périmètre démantèlement UP2 400



La Hague – périmètre démantèlement UP2 400



Chiffres clé :

-Provisions actualisées : 1375 M€
(31/12/2013)

-6 ateliers principaux

-Déchets :

-15000 tonnes TFA

-6000 tonnes FA

-200 tonnes N3S

-10425 m3 effluents (liquides et boues)



La Hague – périmètre DEM exemple MAPu



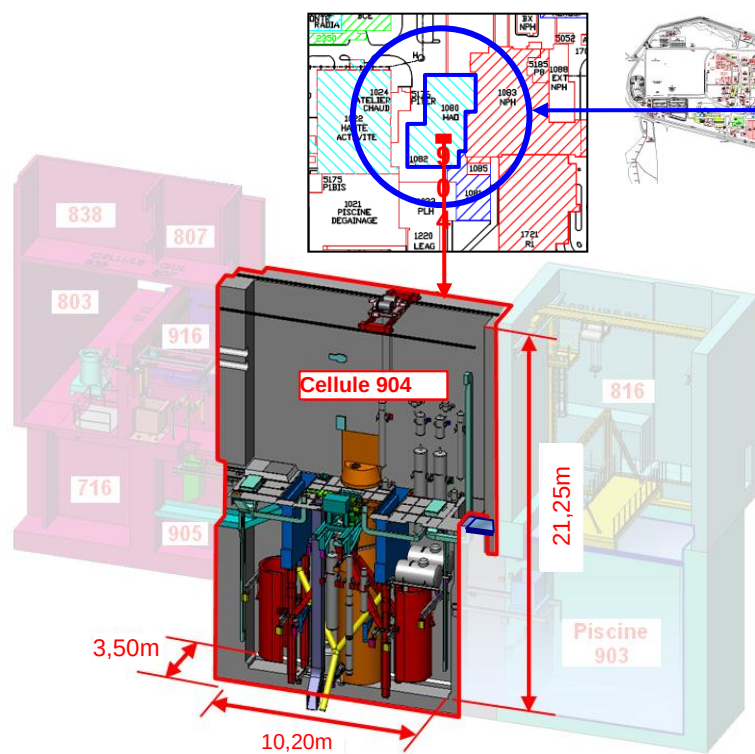
Voie sèche : 32 BâG en cellule 800



Voie humide : 27 BâG en cellule 800

41 cellules 900 béton

La Hague – périmètre DEM exemple HAO



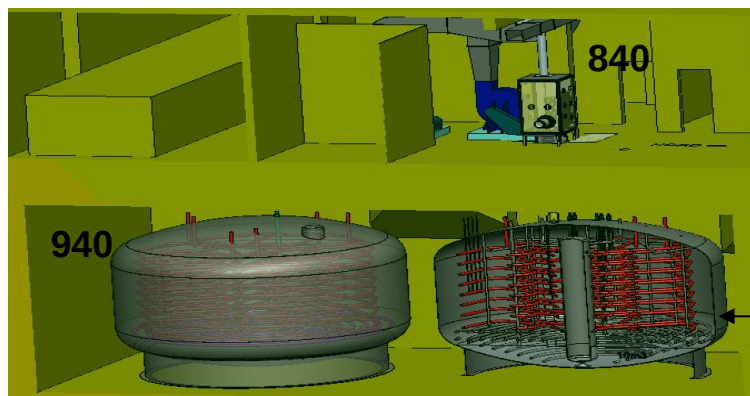
Cellule 904

Cellule de cisailage et dissolution

- MOX, UOX, filière NR
- 4465 tonnes traitées
- Exploitation de 1976 à 1998
- 50 tonnes de déchets primaires
- 2,5 km de tuyauteries
- Débits de dose ambiants
- Partie haute : 3,4 Gy/h
- Partie basse : 7,5 Gy/h
- Point chauds : jusqu'à 20 Gy/h



La Hague – périmètre DEM exemple HAPF



Cuve 2720-10

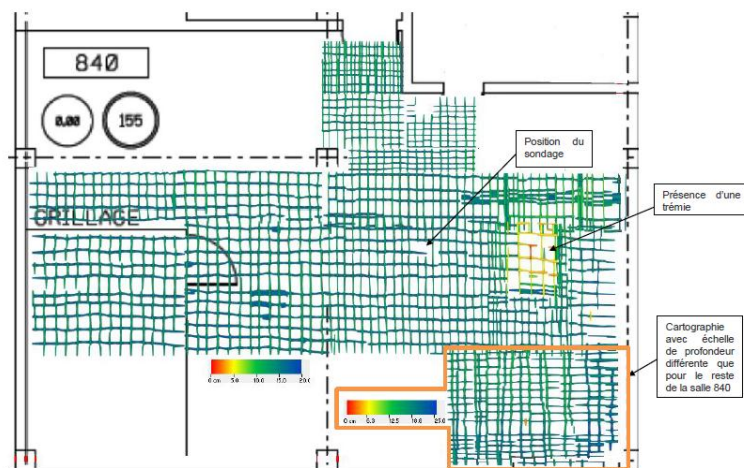
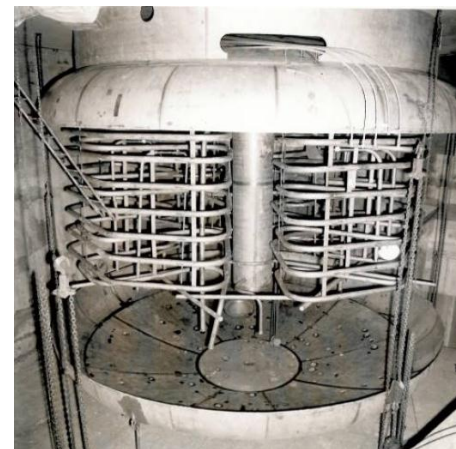
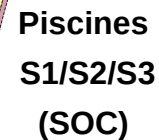


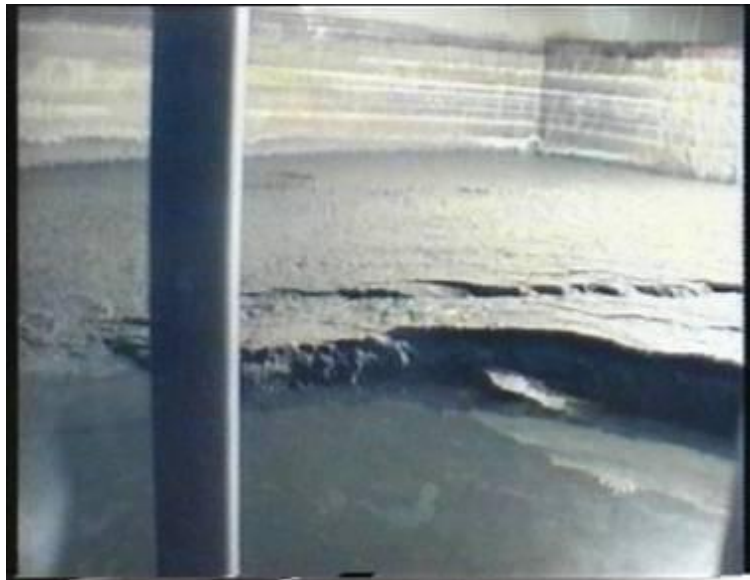
Fig. 3 : cartographie d'enrobage de la nappe supérieure de la salle 840

- ◆ Réalisation d'une analyse radar pour définir le plan de ferrailage de la dalle et constituer les données d'entrée pour analyse Experts GC

-10425 m3 effluents (liquides et boues)



La Hague – périmètre RCD exemple STE2



Données d'entrée

Déchets	Boues issues des traitements par coprécipitation chimique d'effluents FA et MA
---------	--

Quantité	9 000 m ³ (3400t de sels)
----------	---

Contenant	5 silos (fosses) et 2 cuves
-----------	-----------------------------

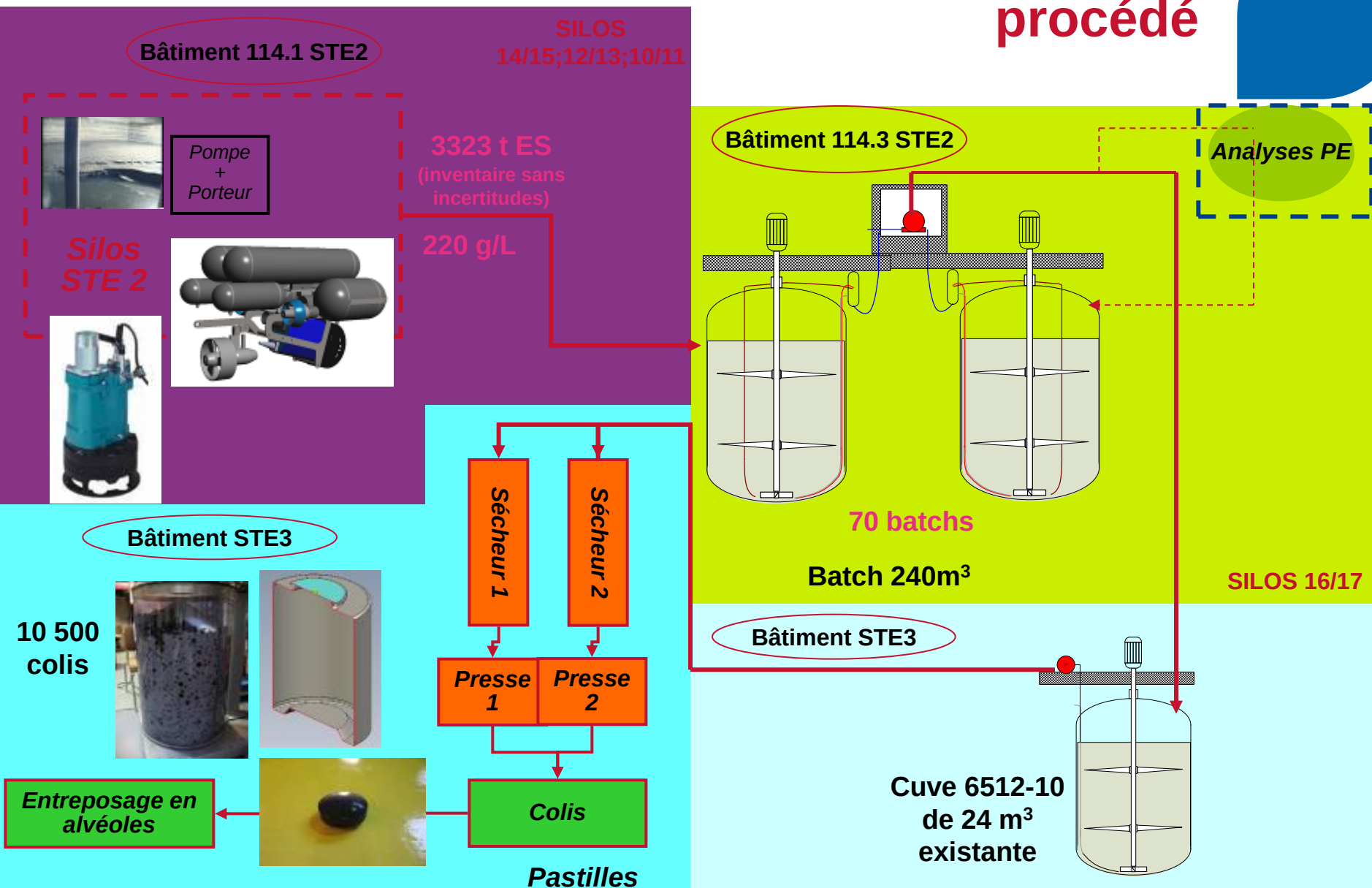
Activité	MA, vie longue
----------	----------------

Stockage	N3S
----------	-----

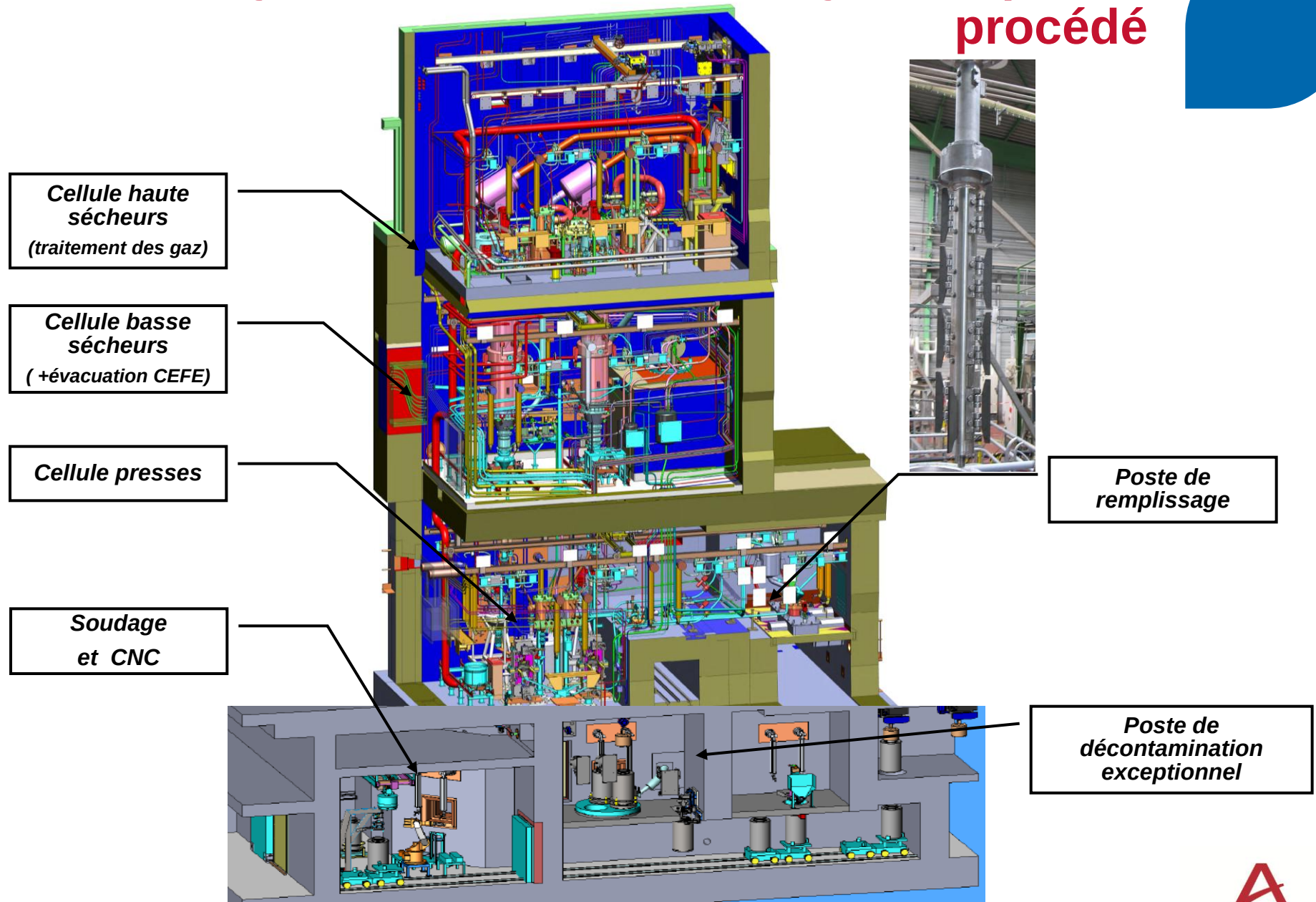
Activité $\beta\gamma$: 60 GBq/kgES

Activité α : 3,2 GBq/kgES

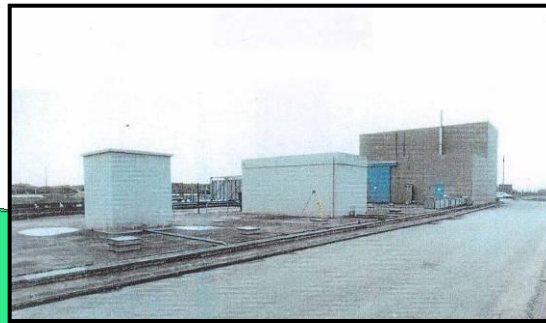
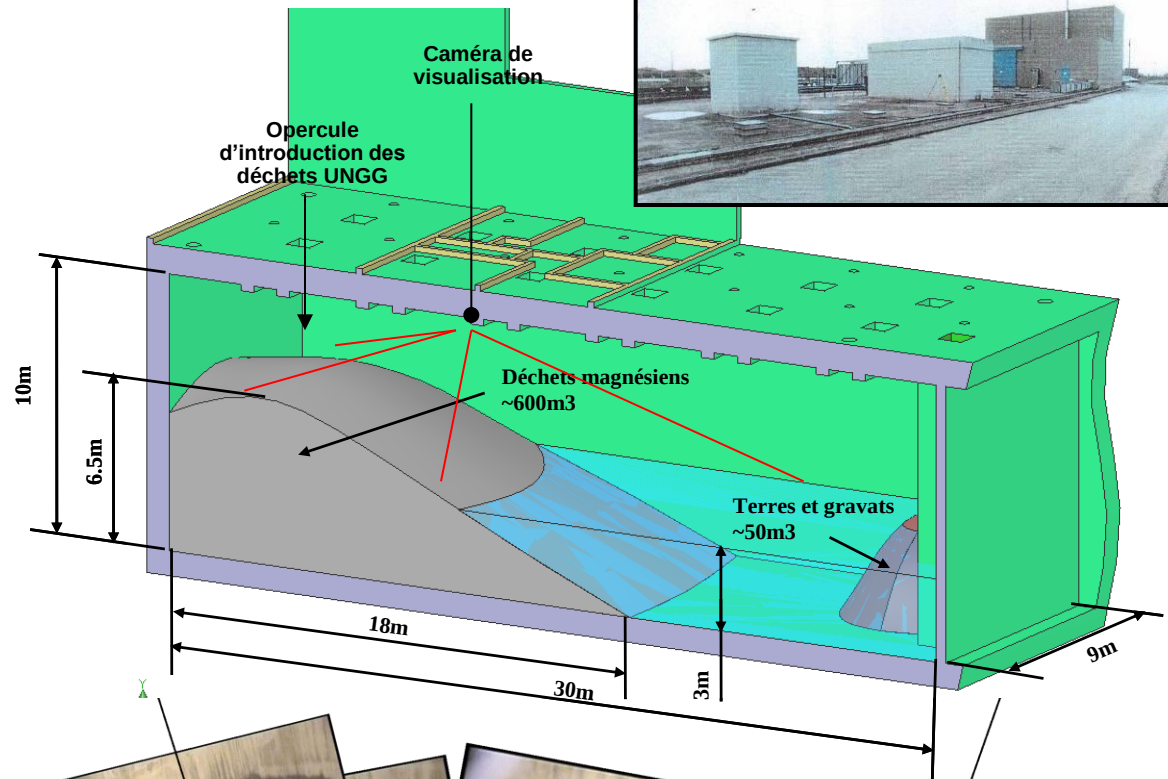
Projet RCB - Présentation synthétique du procédé



Projet RCB - Présentation synthétique du procédé



Les déchets UNGG



CORRODED END (ANOXIC, ACTIVE, OR LEAST NOBLE)

Magnesium Alloys

Zinc (plate)

Beryllium

Cadmium (plate)

Uranium (depleted)

Aluminum Alloys

Indium

Tin (plate)

Stainless Steel 430 (active)

Lead

1010 Steel

Cast Iron

Stainless Steel 410 (active)

Copper (plate)

Nickel (plate)

AM 350 (active)

Chromium (plate)

Stainless Steel 350, 310, 304 (active)

Stainless Steel 430, 410 (passive)

Stainless Steel 13-8, 17-7 PH (active)

Brass, Yellow, Naval

Stainless Steel 316L (active)

Bronze 220

Copper 110

Stainless Steel 347 (active)

Copper-Nickel 715

Stainless Steel 202 (active)

Monel 400

Stainless Steel 201 (active)

Stainless Steel 321, 316 (active)

Stainless Steel 309, 13-8, 17-7 PH (passive)

Stainless Steel 304, 301, 321 (passive)

Stainless Steel 201, 316L (passive)

Stainless Steel 286 (active)

AM355 (active)

Stainless Steel 202 (passive)

Carpenter 20 (passive)

AM355 (passive)

Titanium Alloys

AM350 (passive)

Silver

Palladium

Gold

Rhodium

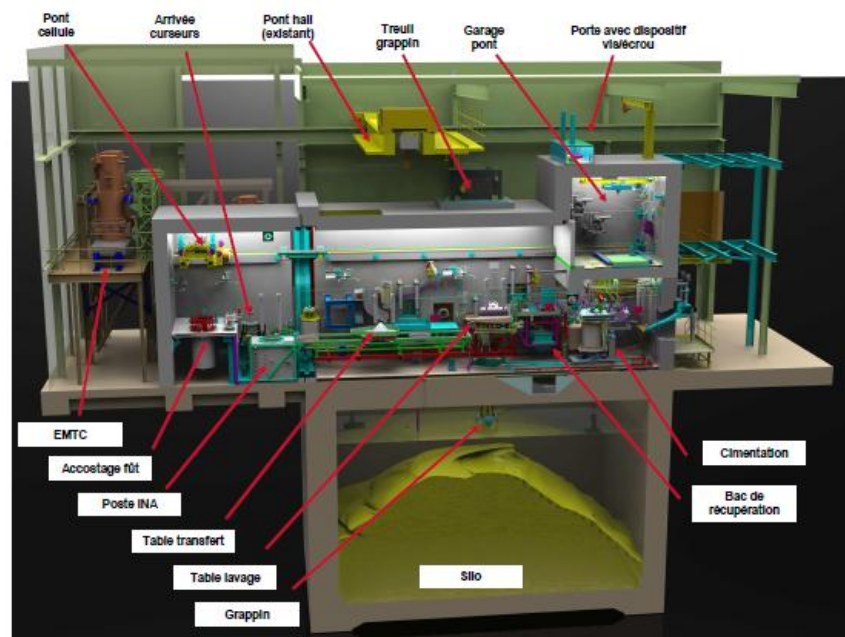
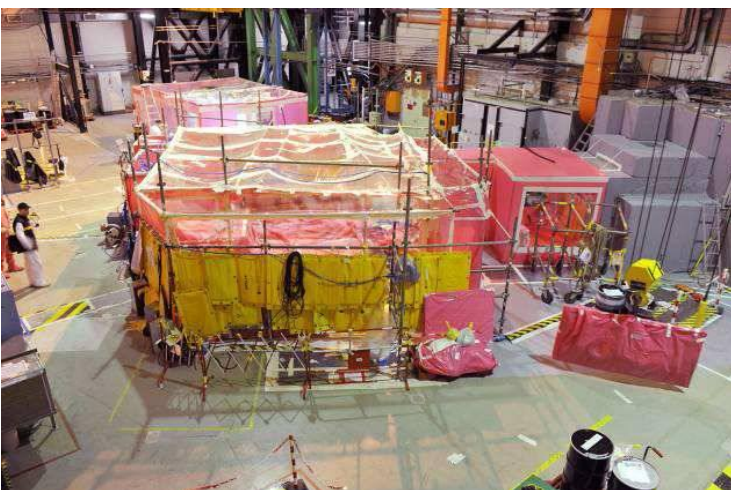
Platinum

Carbon/Graphite

PROTECTED END (CATHODIC, PASSIVE, OR MORE NOBLE)



La Hague – interface DEM - RCD



Quantités de déchets dans le Silo HAO à fin 2008			
Nature	Masse (t)	Volume (m ³)	Activité dans le Silo en 2005
Coques	708,6 t (+ 7,4 t inactives)	/	124,61 TBq/t de coques
Embout	92,0 t (+ 0,75 t inactifs)	/	124,61 TBq/t d'embouts
Fines	13,7 t	4,6 m ³	177,15 TBq/t de fines
Résines broyées	42,4 t ⁽¹⁾ 14,1 t ⁽²⁾	34,6 m ³	163,45 TBq/m ³ de résines
Déchets technologiques (couvercles de curseurs)	30,7 t (4871 unités)	/	
Déchets technologiques divers (dont quelques curseurs entiers)	/	10 m ³	

⁽¹⁾ Masse de résines humides en l'état 100% décanté

⁽²⁾ Masse de résines sèches

L'activité radiologique de l'eau du Silo HAO est de l'ordre de 10⁸ Bq/m³ en α et 10¹⁰ Bq/m³ en β (effluents A),

Démantèlement SICN Veurey et Annecy



Chiffres clé :

- 2 sites, 2 INB, 1 ICPE
- 100 000 m² de surfaces à traiter
- 16 000 t de déchets (TFA)
- 20 000 t de déchets issus de la démolition conventionnelle (employés sur les sites pour le remblai des galeries et le nivellement des terrains)



Démantèlement SICN Veurey et Annecy



Différents modes de déconstruction des bâtiments



Démantèlement sous SAS de confinement mobile (bâtiment I Annecy)

Différents modes de déconstruction des bâtiments



Démantèlement sous SAS double enveloppe sur échaffaudage (bâtiment F Veurey)

Différents modes de déconstruction des bâtiments



Démantèlement sans SAS avec dossier d'étude d'impact (bâtiment G Veurey)

Démantèlement ATPu et LPC Cadarache (cadre SWAP CEA)



Chiffres clé :

- 462 boîtes à gants et cuves à démanteler
- Réseaux de tuyauteries (3600 m dans le LPC)
- 650 t déchets TFA, 710 déchets A, 50 t déchets profonds, déchets exotiques

AVANT



APRES



Séquence de démantèlement de boîtes à gants



assainissement



Démontage des internes



Découpe de pièces massives



Assainissement final et vernissage



Déconnexion



Réduction de volume en salle de casse

Démantèlement des emballages

Chiffres clé :

- AREVA est propriétaire de plusieurs milliers d'emballages (environ 15 000)
- Grande diversité : 170 familles d'emballages
- En 2014 : 700 emballages démantelés de 30 kg à 24 t
- Attente de la filière TFA HN pour les emballages CU



FS67 : 30 kg



TN13/2 : 110 tonnes



Investigation sur l'IL24

Démantèlement de l'usine FBFC de Dessel (Belgique)



Chiffres clé :

- 5 bâtiments nucléaires
- 600 t d'équipements à démonter/démanteler
- 20 000 m² de surfaces à écrouter
- 1300 t de terres à excaver



Projet DGB

Démantèlement de l'usine Georges Besse

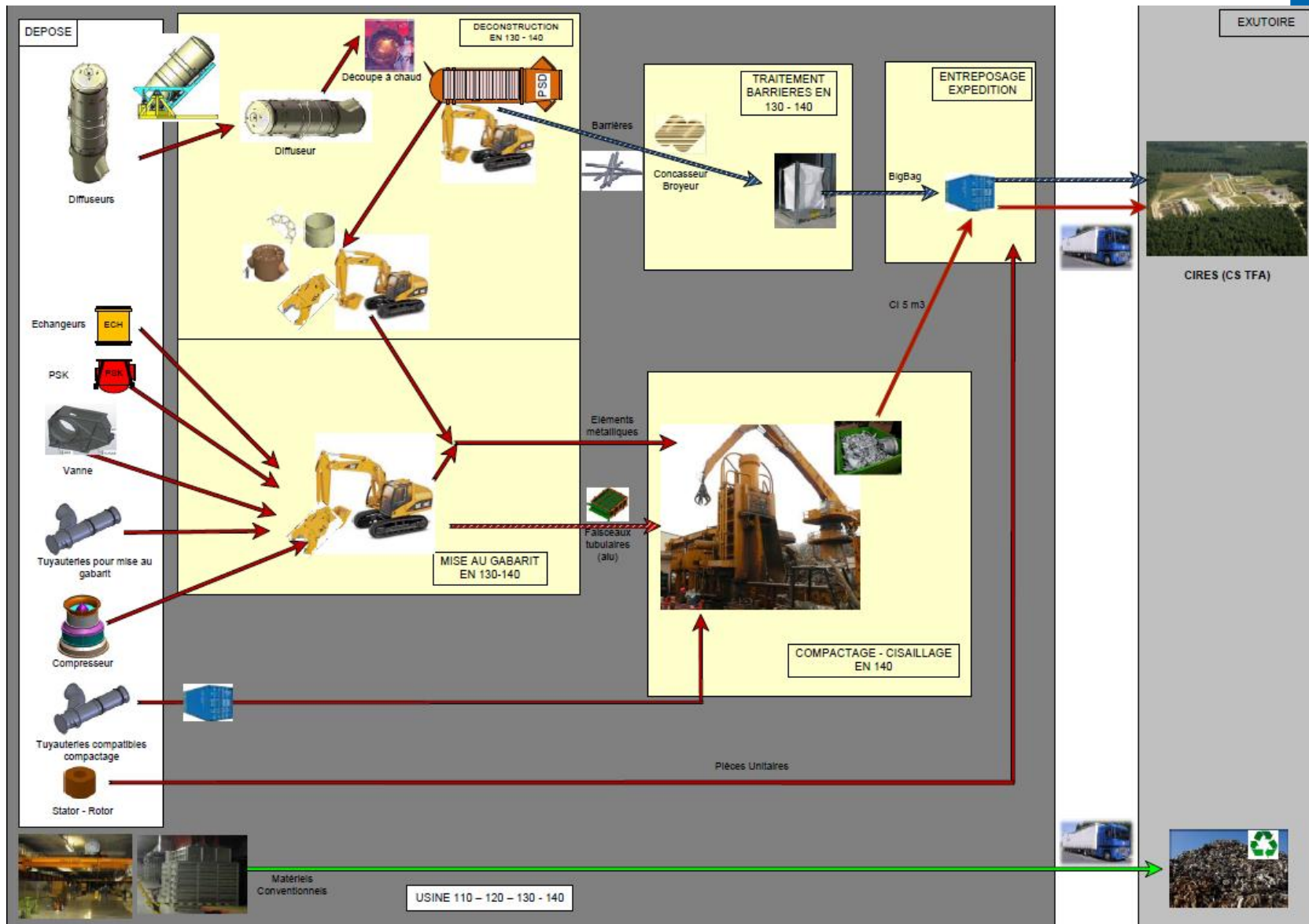


Chiffres clé :

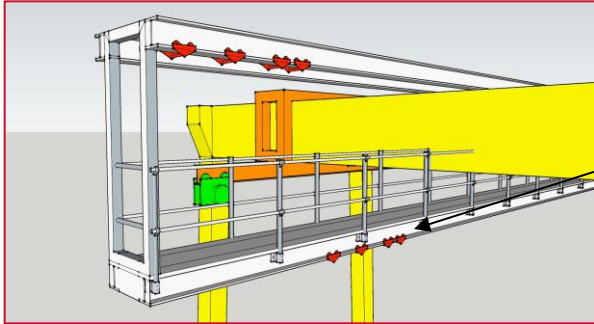
- 1400 étages répartis en 70 groupes de 20 diffuseurs
- les 4 usines occupent une surface totale de 19 ha
- 28 000 tonnes de barrières de diffusion
- 160 000 tonnes d'équipements métalliques soit 20 tours Eiffel ou 4 portes avions Charles de Gaulle

Projet DGB

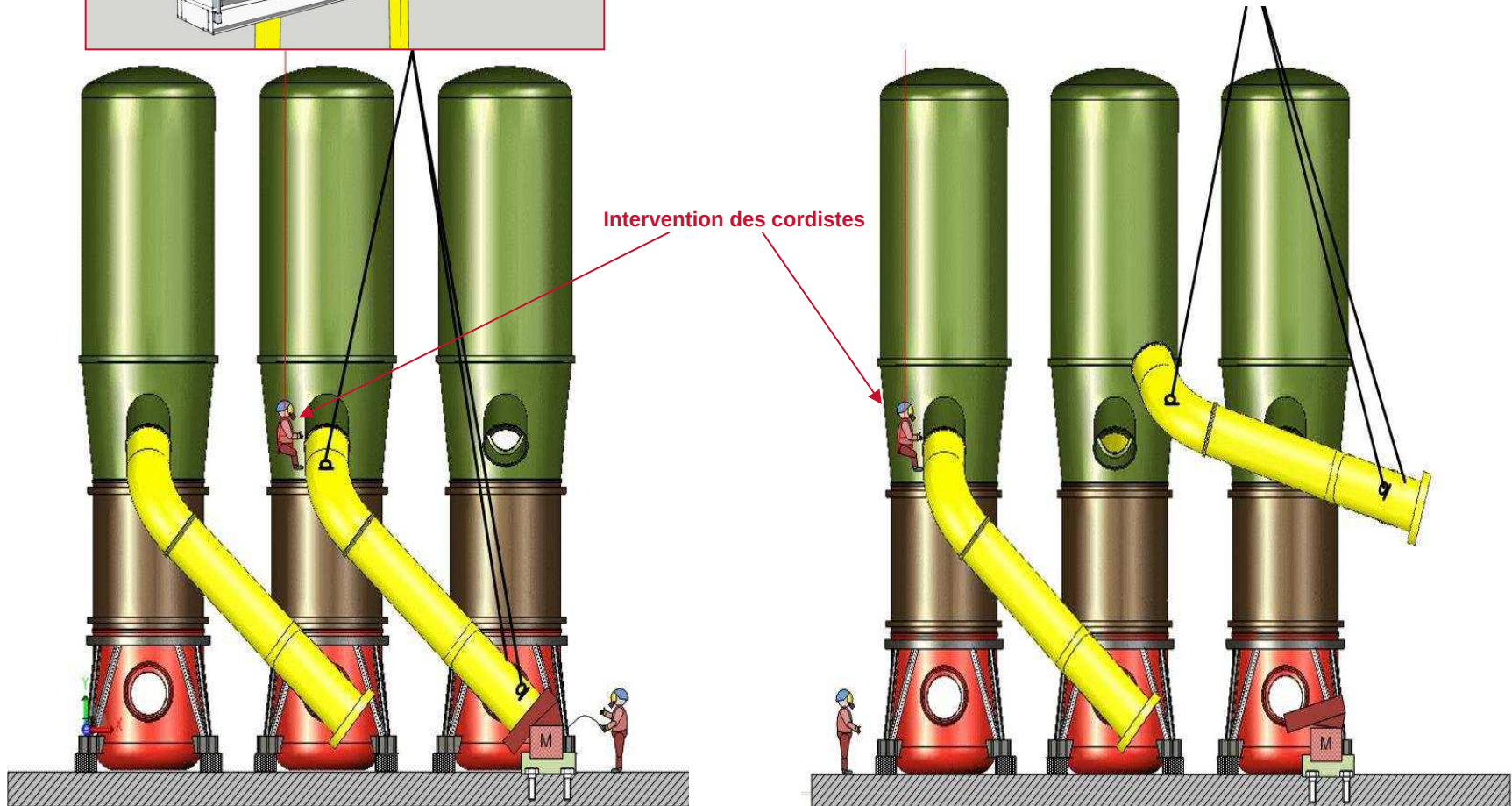
Logique des opérations de démantèlement



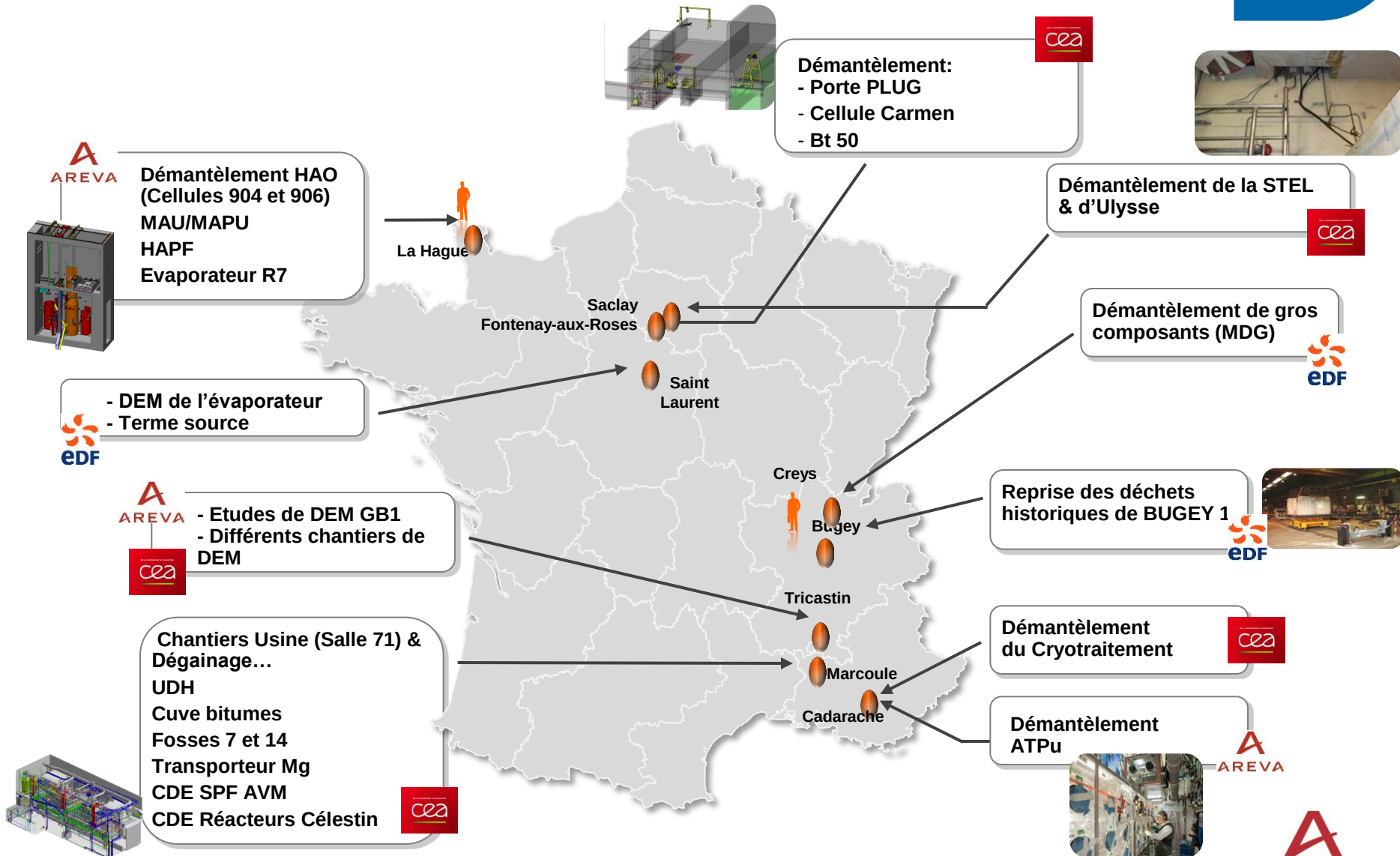
Dépose des tuyauteries Groupes



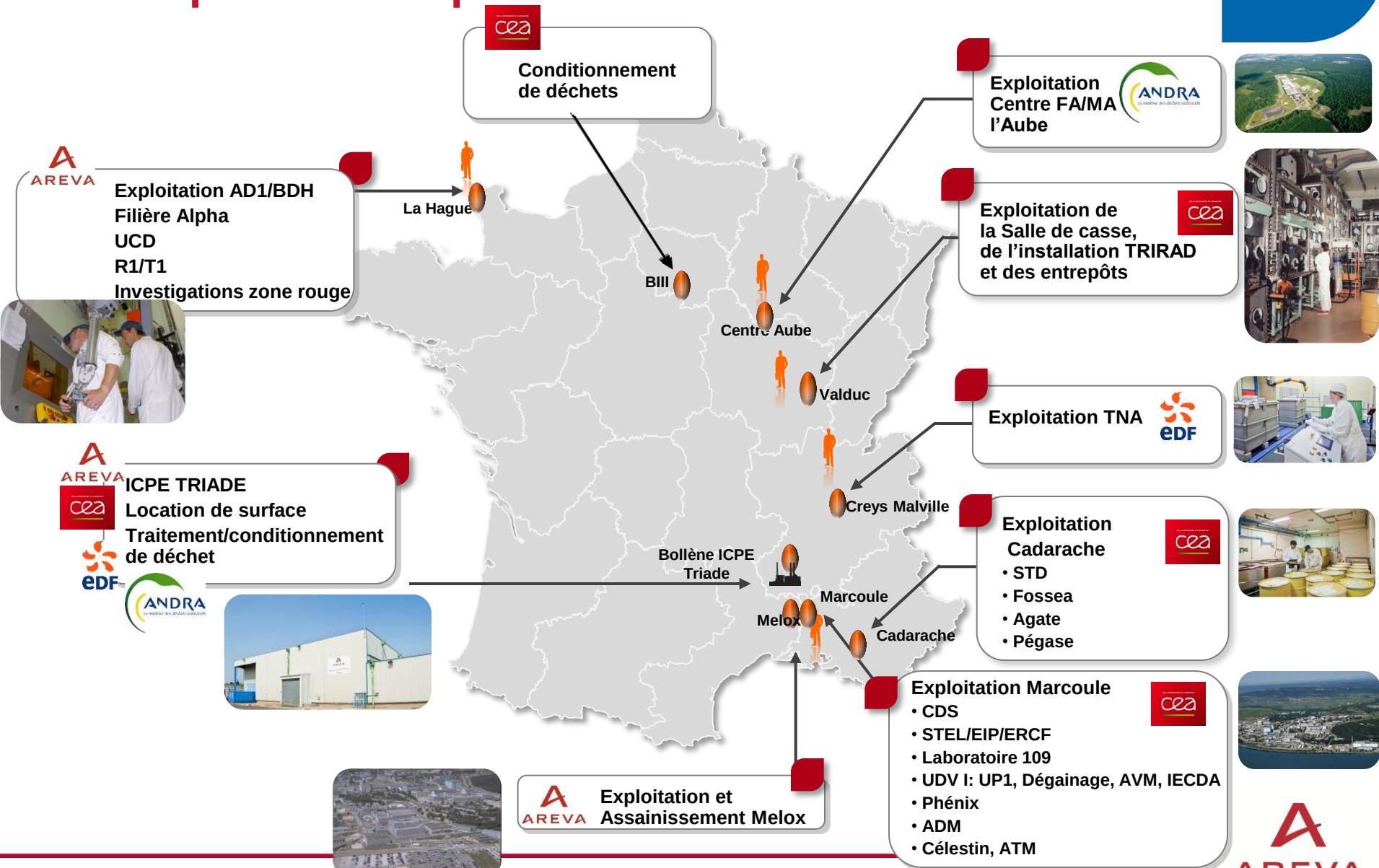
Pont aménagé pour le
travail des cordistes



Les opérations pour le compte de clients internes ou externes



Les exploitations d'atelier pour le compte de clients internes ou externes

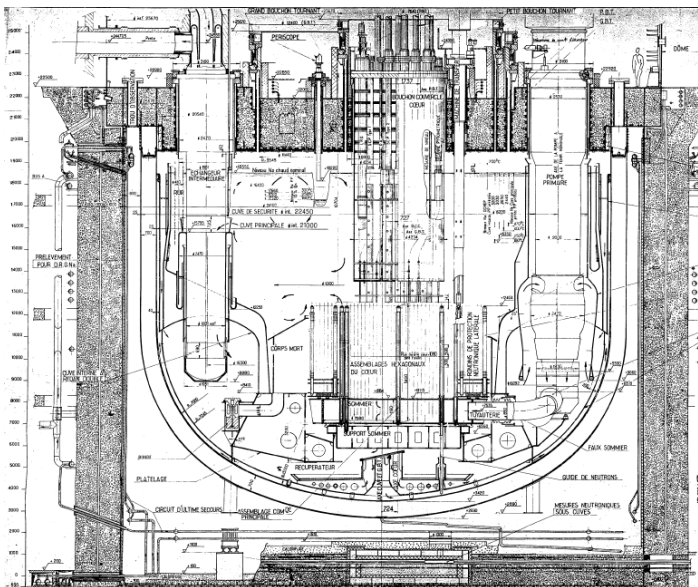


Démantèlement des réacteurs

Interventions sur SuperPhénix (EDF-CIDEN)



**ROBOT CHARLI
D'INTERVENTION DANS LES
LIPOSO**
(perçage des rétentions de sodium)



Démantèlement des réacteurs

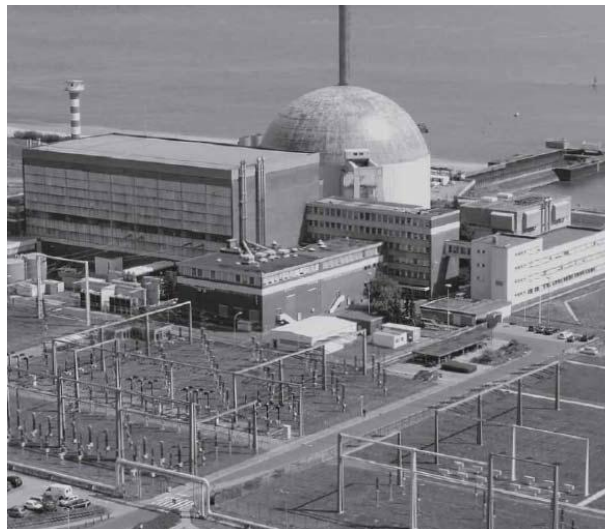
Démantèlement des internes et/ou RPV des PWR/BWR



Stade NPP (Basse-Saxe)
PWR, 670 MWe
E.ON
Objectif « green field » en 2015

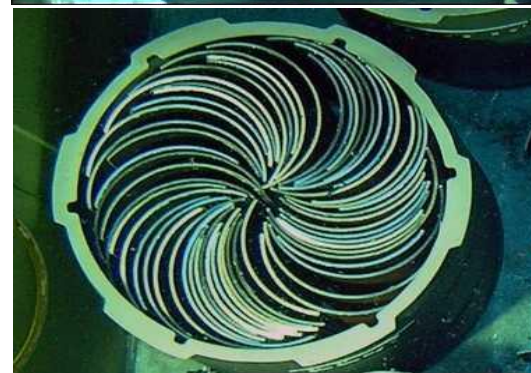


Würzgassen NPP (Rhénanie du Nord,
Westphalie)
BWR, 640MWe
E.ON



Würgassen NPP

Démantèlement des internes



Würgassen NPP

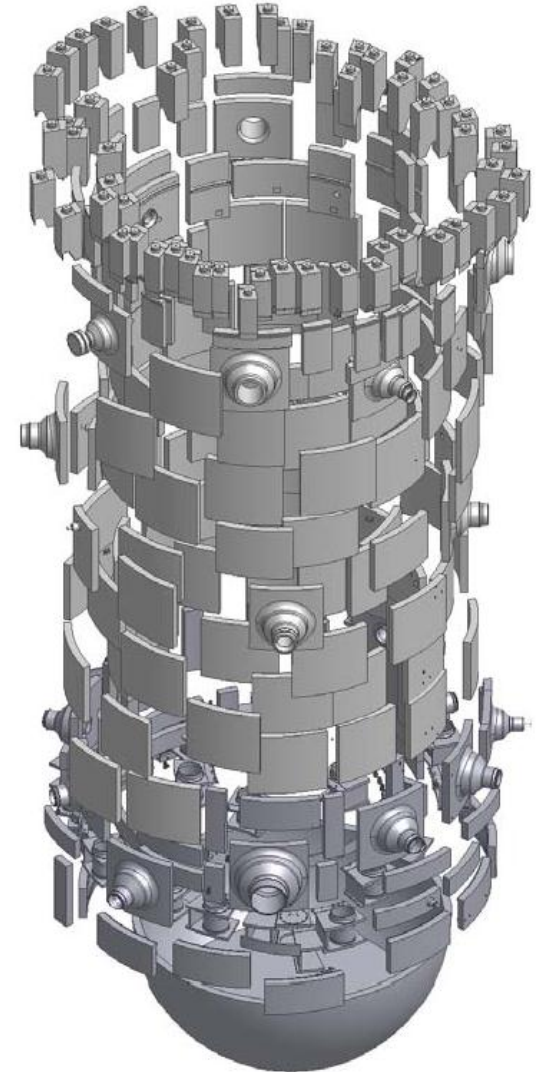
Démantèlement de RPV

► RPV

- ◆ 320 tonnes
- ◆ H = 15m
- ◆ Découpé en 252 pièces

► Technologies

- ◆ **Water Abrasive Suspension WAS (Water Jet Cutting)**
- ◆ Water pressure: 2000 bar
- ◆ Jet diameter: 0,8 mm
- ◆ Material thickness: 137 mm
- ◆ Cutting speed: 20mm/min
- ◆ **Band saw**
- ◆ Cutting height: 1100mm
- ◆ Flange thickness: 425 mm





Interventions Fukushima

► On-site

- ◆ Installation de décontamination des effluents (1^{ère} phase)
- ◆ Etudes et essais dans le cadre IRID-MRI pour
 - Décontamination eaux de l'avant-port
 - Décontamination nappe
 - Reprise du combustible utilisé

► Off-site

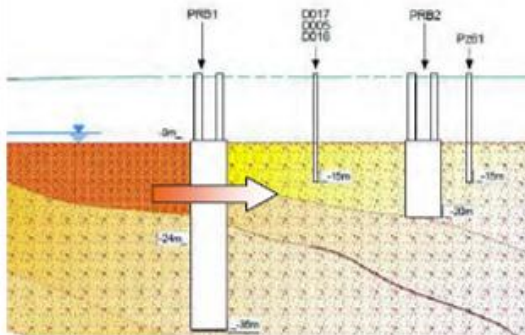
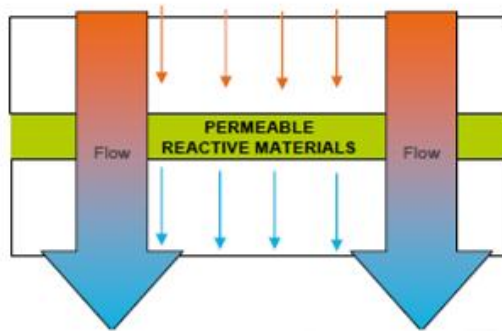
- ◆ Caractérisation (terre – air – mer)
 - ◆ Tri des terres
 - ◆ Décontamination des terres
- en partenariats avec des entreprises japonaises

► Création de la co-entreprise ANADEC (AREVA – ATOX)

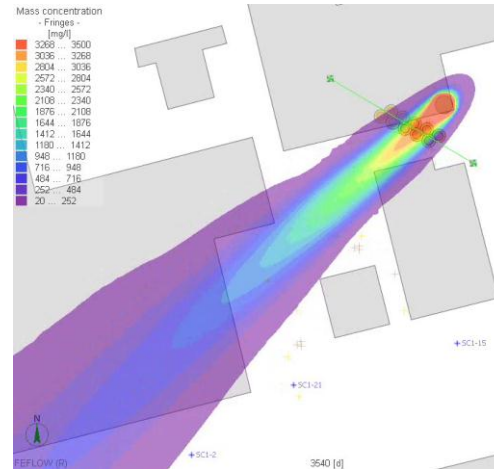
Etude et essais pour la décontamination des eaux souterraines

PERMEABLE REACTIVE BARRIER (PRB)

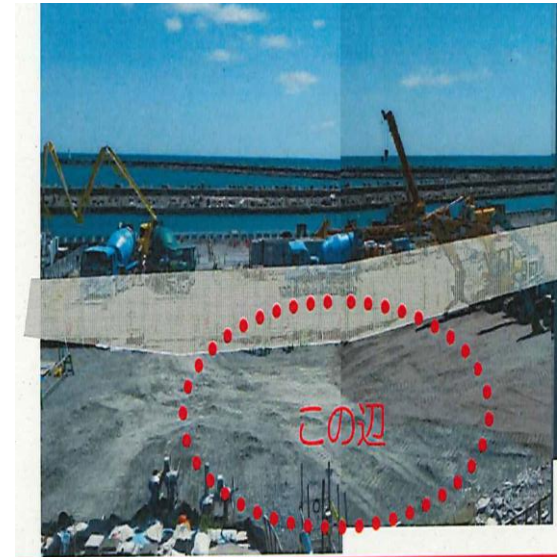
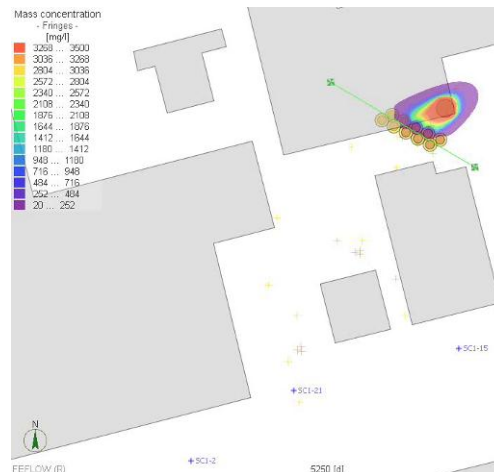
Reactive drain implementation or chemical soil grouting



► Plume without Reactive Barrier



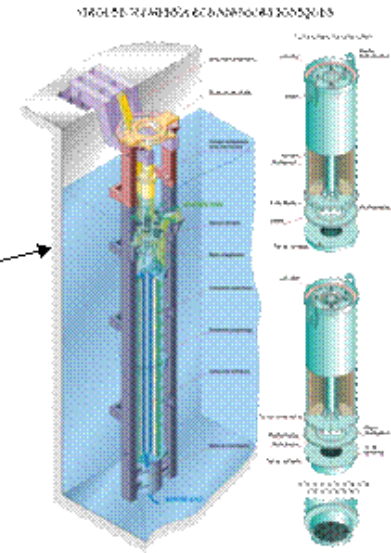
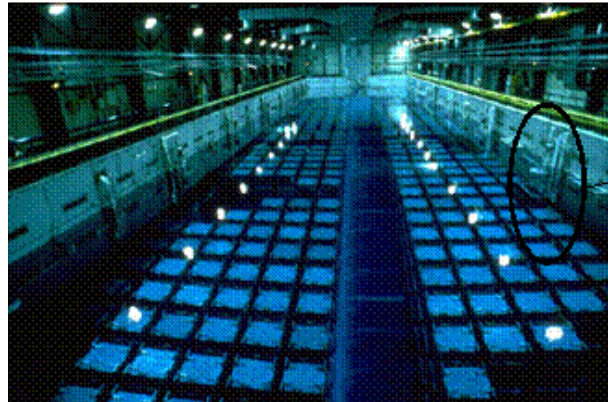
► Plume with Reactive Barrier



Etude et essais pour la décontamination des eaux de l'avant-port



ZONE DE L'AVANT PORT



NYMPHEA EN PISCINE – LA HAGUE

Intervention Fukushima off-site



Hanford, bâtiment 324, B-CELL (US – WCH pour le DOE)

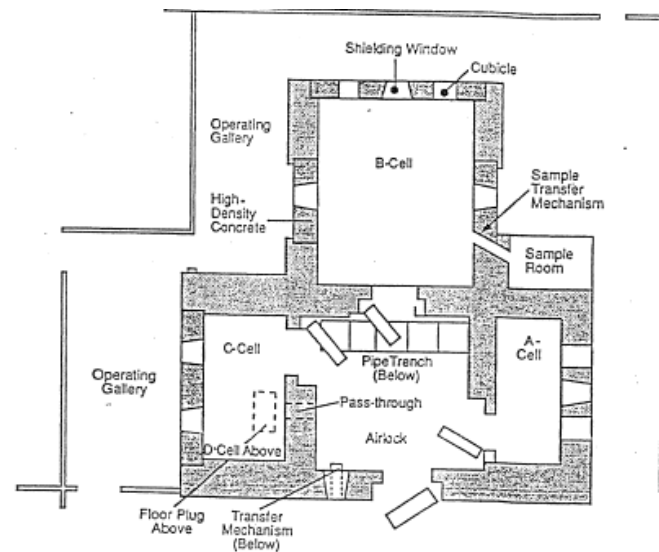
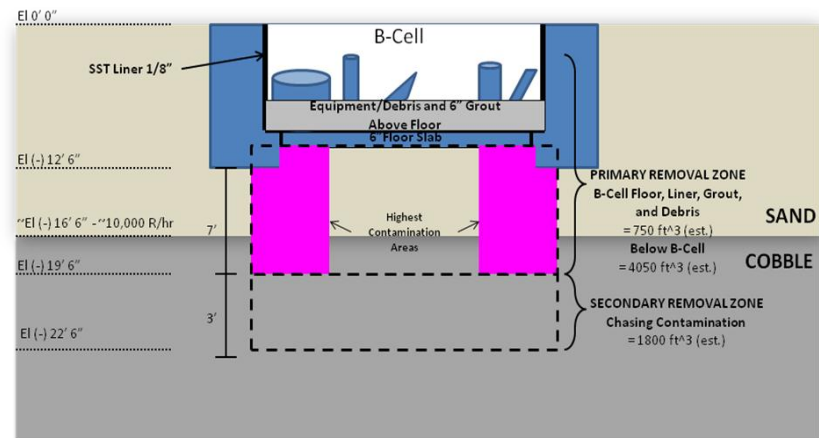
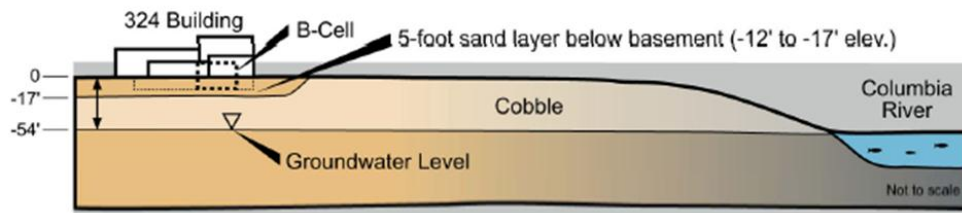
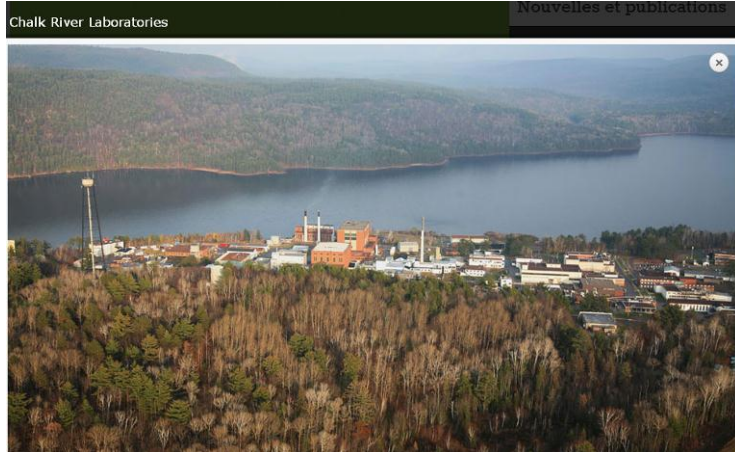


Figure 10. Radiochemical Engineering Cell Layout.

Chalk River (AECL - Canada)



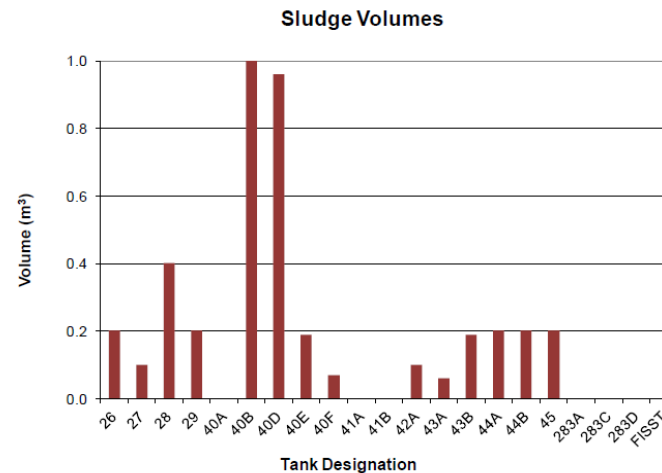
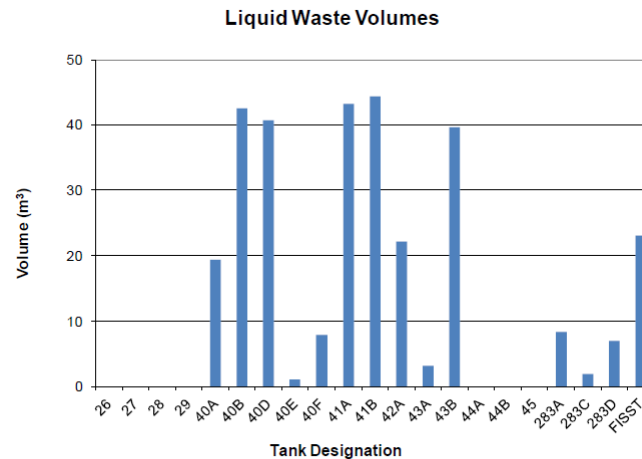
LDW Loop decontamination waste

IXRW Ion Exchange Regenerant Wastes

CPW Cobalt Processing Wastes

HFRW Historic Fuel Reprocessing wastes

IPW Isotope Processing Wastes

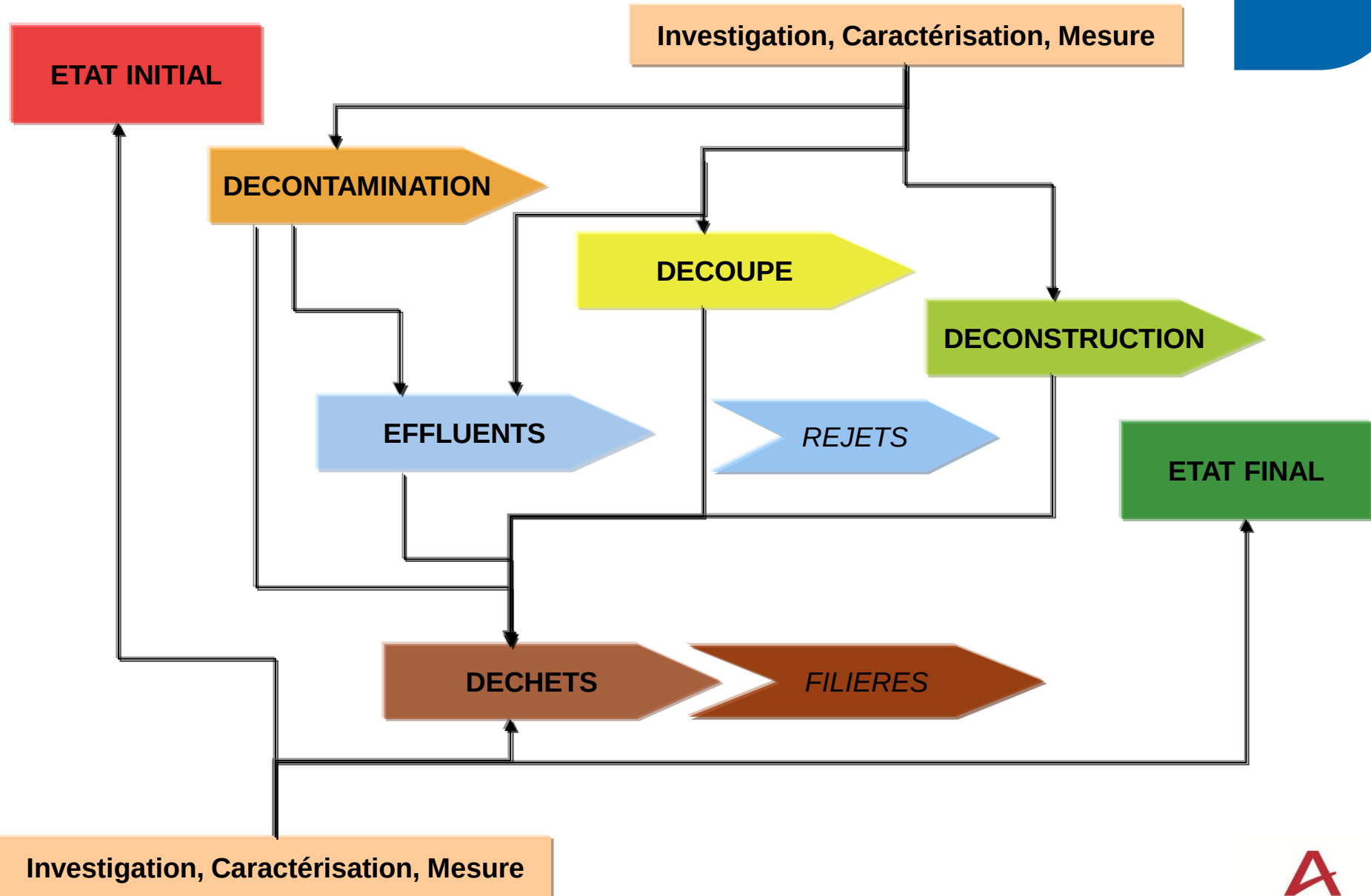


Les sciences du démantèlement des installations nucléaires, le retour d'expérience AREVA sur leur déploiement et les besoins.



Deuxième partie : quelques considérations...

Synoptique démantèlement





RAPPEL :

Optimiser un scénario de démantèlement, c'est optimiser le coût complet, pas seulement le coût des opérations :

-Coût des déchets

-Coûts fixes (planning)

En tenant compte de la date d'engagement des dépenses...

Ensuite chaque opération ainsi définie doit être optimisée...



► Objectifs de la décontamination

- ◆ Scénario au contact vs téléopéré
- ◆ Réduire la dose en intervention (ALARA)
- ◆ Décatégoriser les déchets (in situ ou en déporté)

► Enjeux de la décontamination

- ◆ Limiter les déchets induits
- ◆ Assurer la compatibilité des déchets induits avec les filières existantes
- ◆ Faire le strict nécessaire vis-à-vis de l'atteinte des résultats
- ◆ Nécessite de bien connaître les natures des supports et de la contamination, la façon dont elle s'est fixée...-> PE

► Sources de progrès ?

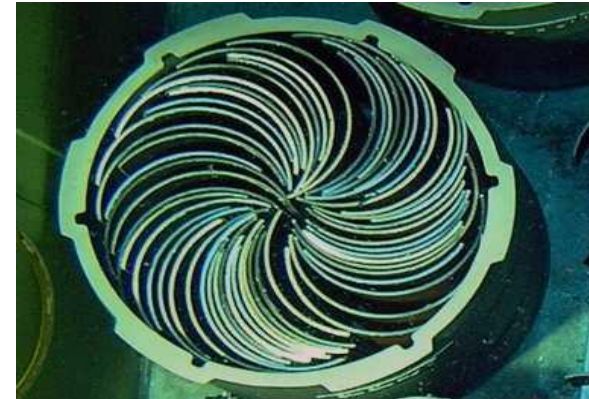
- ◆ Traitement local différencié (grâce aux investigations)
 - Moyens de mise en œuvre, à distance
- ◆ Suivi des opérations « en temps réel » et déconvolution des mesures
- ◆ Gestion des déchets HA générés (pulvérulents)
- ◆ Nouveaux environnements à traiter
 - Décontamination des sols
 - Décontamination des gravats
 - Décontamination de réseaux, galeries...enterrés

► Objectifs de la découpe

- ◆ Permettre le conditionnement des déchets dans les colis dédiés selon les filières

► Enjeux de la découpe

- ◆ Sécurité – sûreté des interventions
- ◆ Optimiser les délais
- ◆ Optimiser le remplissage des colis
 - En activité
 - En masse
- ◆ Limiter les déchets induits



► Sources de progrès ?

◆ Renforcer la sûreté lors des découpes par points chauds



◆ Etendre l'utilisation d'outils mécanisés

- Productivité
- Optimisations



◆ Réduction drastique des coûts (investissement et maintenance) des équipements téléopérés, mécanisés en zone

- Afin d'étendre leur utilisation pour les opérations à risque sécurité

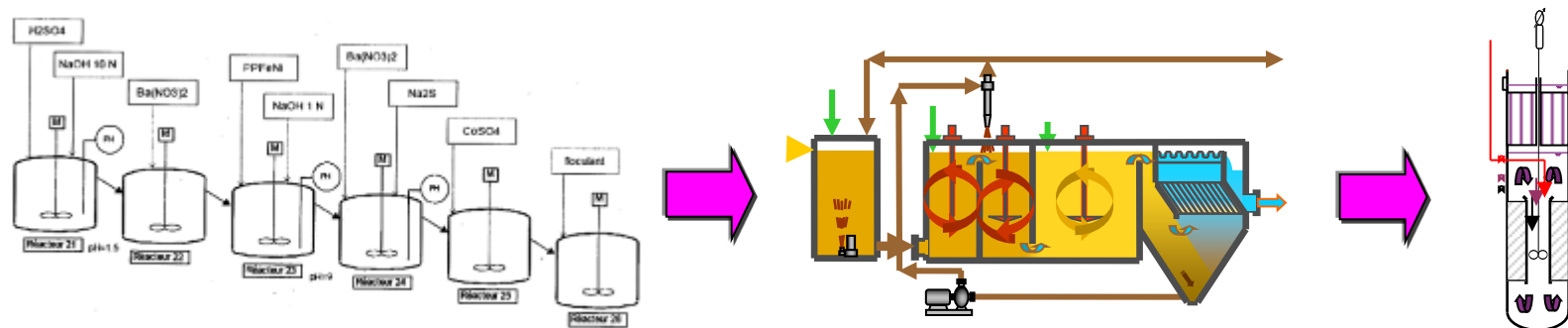


► Deux thématiques

- ◆ Décontamination des effluents
- ◆ Gestion des fluides chargés

► Décontamination des effluents :

- ◆ Pré-traiter les fluides de façon à les rendre compatibles avec les STE existantes sur site
- ◆ Développer un système de traitement autonome
 - Coût des équipements (-> modularité)

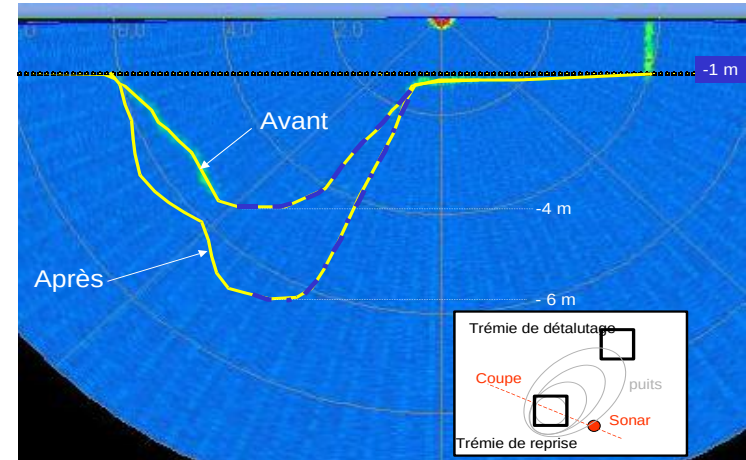
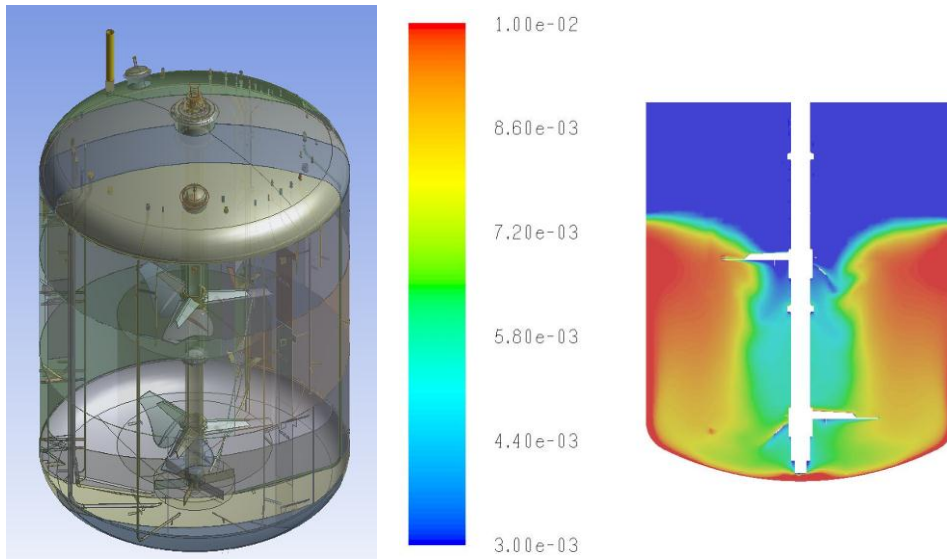


- Réduire et gérer les déchets induits
- Focus sur certains radioéléments



► Gestion des fluides chargés

- ◆ Reprise
- ◆ Homogénéisation



Que ce soit en simulation numérique ou par essais les données de base (physico-chimiques) sont essentielles => PE, représentativité des PE



► Deux thématiques

- ◆ Optimisation des filières existantes
- ◆ Ouverture de nouvelles filières

► Optimisation des filières existantes

- ◆ Traitement des déchets après découpe-dépose



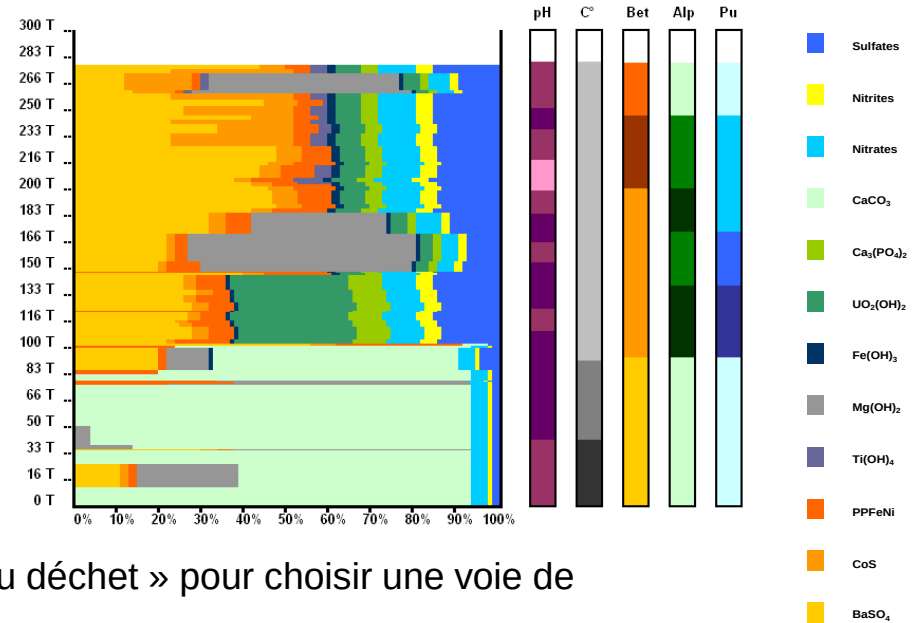
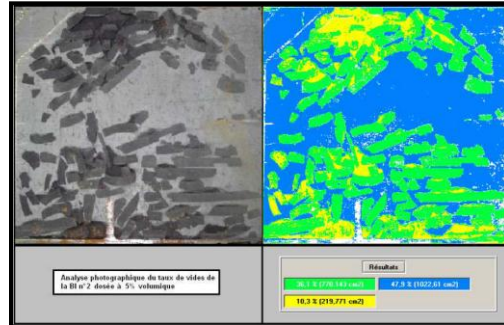
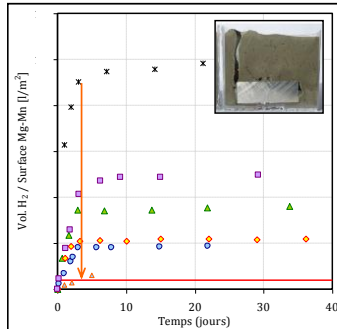
- ◆ Tri des déchets pour les orienter
selon leur nature physicochimique et/ou radiologique



- ◆ Poste de mesure polyvalent au plus près des chantiers

◆ Ouverture de nouvelles filières de traitement

- Optimisation du taux d'incorporation
- Pulvérulents
- Déchets « exotiques »
 - Métaux réactifs en matrice cimentaire
 - Organiques, huiles



- ⇒ Garder à l'esprit le « coût incompressible du déchet » pour choisir une voie de traitement économiquement acceptable !
- ⇒ Support scientifique pour le procédé
- ⇒ Support scientifique pour le CLT
- ⇒ Caractérisation pour données de base



- ◆ **La mesure au service de TOUTES les étapes du process de démantèlement**
- ◆ **Les principaux risques techniques rencontrés viennent d'une méconnaissance (partielle) d'état initial :**
 - Méconnaissance d'épaisseur de dalle conduisant à une chute de carotte béton
 - Méconnaissance de l'environnement conduisant à une interférence outil/équipement – environnement
 - Méconnaissance de la nature physico-chimique et de la quantité des résidus à reprendre
 - Méconnaissance des déchets à conditionner
- ⇒ **Favoriser la réalisation d'investigations :**
 - ⇒ Miniaturisation des équipements
 - ⇒ Porteurs embarquant plusieurs capteurs
 - ⇒ Utilisation de nouveaux porteurs
 - ⇒ Drones
 - ⇒ Bras gonflables
 - ⇒ ...
- ⇒ **Faciliter l'exploitation des données**
- ⇒ **Au-delà de la mesure radiologique : ce qui bloque aujourd'hui les chantiers c'est la présence d'amiante**



- ▶ **Le démantèlement est un processus complexe qui nécessite le support de développements techniques sinon scientifiques**
- ▶ **Attention à la surenchère des solutions**
 - ◆ Excellence technologique
- Vs
- ◆ Optimisation économique permettant l'extension des usages
- ▶ **Au-delà des sciences « dures », il ne faut pas négliger les développements sur les sciences « douces »**
 - ◆ Pilotage projets et environnements sociaux complexes
 - ◆ Collecte des connaissances
 - ◆ Travail collaboratif
 - ⇒ Acquisition/restitution des informations tablettes, puces RFID...
 - ⇒ Outils PLM
- ▶ **Même si les opérations en cours sont sur du long terme :**
 - ◆ Besoins urgent compte tenu délai introduction innovation dans le nucléaire
 - ◆ Besoins marqués temporellement : les démantèlements futurs auront leur spécificité
 - Démantèlements de flottes
 - Démantèlements d'installation de conception et d'exploitation différentes
 - Sans déchets historiques