



Démantèlement INB 43-48 (accélérateurs)

Zonage et Filières Déchets

Sûreté de l'Etat Final

Extension aux Réacteurs (INB 44)

Caractéristiques des accélérateurs

- **Accélérateur Linéaire de Saclay (INB 43)**
électrons, 700 MeV
- **Synchrotron Saturne (INB 48)**
ions, 3 GeV (protons)



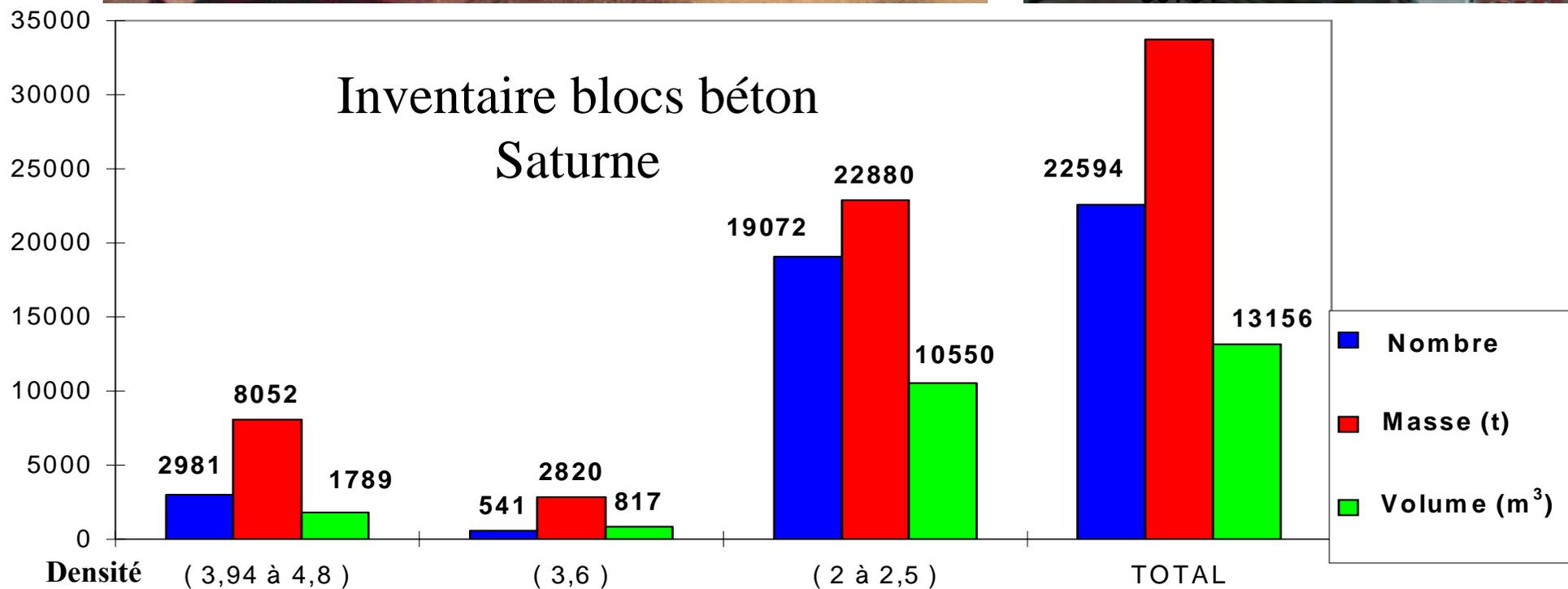
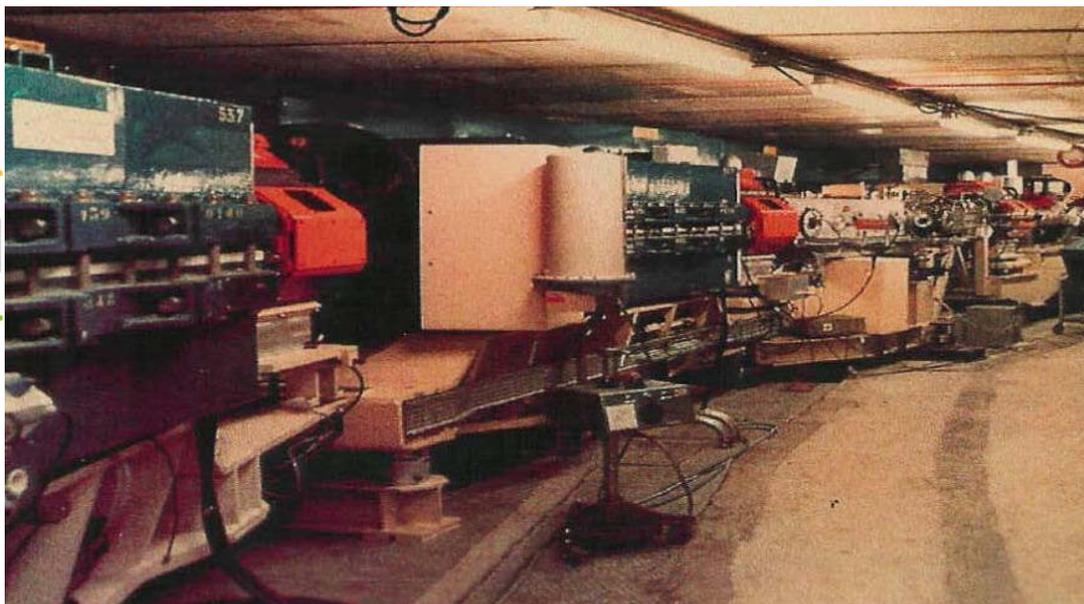
- ➔ absence de contamination
- ➔ plusieurs types d'activation
- ➔ masse ($4 \cdot 10^4$ t)- volume ($3 \cdot 10^4$ m³)- objets ($2 \cdot 10^4$)
- ➔ surfaces INB ($4 \cdot 10^4$ m²)



Création d'une entité spécifique :

***Service de Déclassement des
Accélérateurs***

Déchets nucléaires ou conventionnels? Valorisation?



QUELS DEVOIRS ?

Autorités

Respect

Clients

➤ **ASN + Expertise IRSN**

- ❑ Application circulaires et guides N° SD3 - DEM - 01
N° SD3 - DEM - 02
DGSNR SD3-D-01 (arrêté 31/12/99)
- ❑ Respect Articles Décret MAD/DEM
- ❑ Respect Prescriptions Techniques, RSGE, Etudes déchets...
- ❑ **Dossiers de demande « autorisation spécifique »**

➤ **ANDRA**

- ❑ Obtention agréments colis FA, certifications colis TFA
- ❑ Respect produit fini

➤ **MAITRISE D 'OUVRAGE**

- ❑ Contrat d 'objectifs
- ❑ Revue de projet (Jalons techniques et financiers)

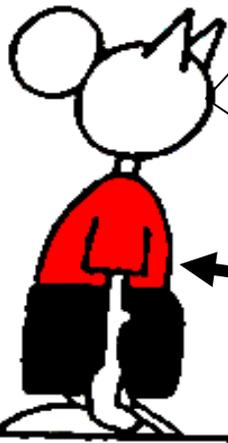
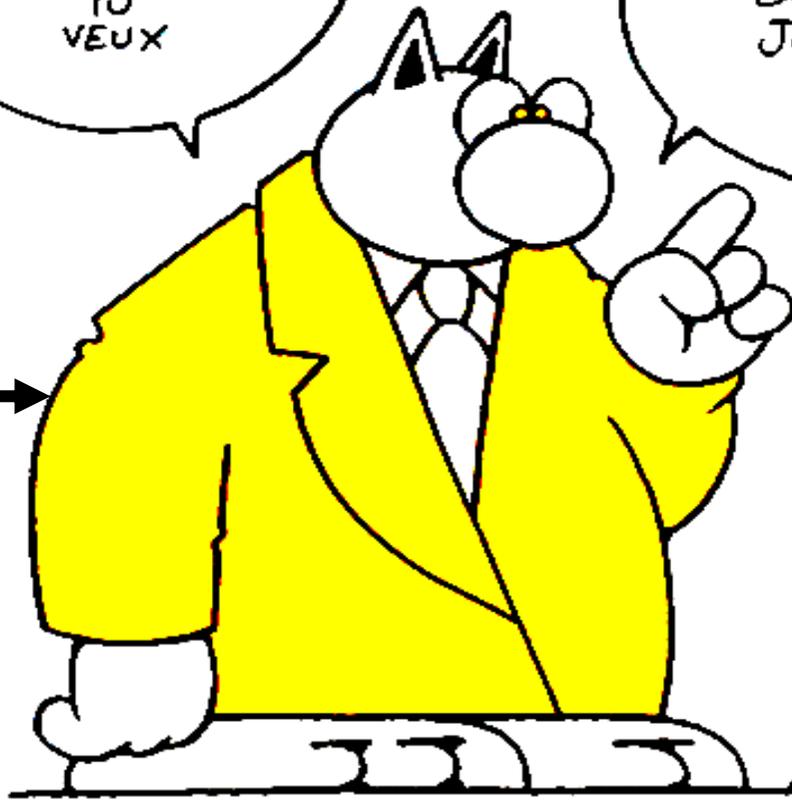
QUELS DROITS ?



TU PEUX FAIRE TOUT CE QUE TU VEUX

SI TOUTEFOIS ÇA RESTE DANS LE CADRE DE CE QUE JE VEUX BIEN QUE TU FASSES

Contrôleur



- Sortie matériaux actifs ?*
- En France ? A l'étranger ?*
- Obligation stockage rubrique 2799 ?*
- Tout en déchet ANDRA ?*
- ... ?*

Chef INB

Ne pas subir → *Etudier, proposer une solution*



➤ **DEMARCHE ANALYTIQUE**

- ◆ **Conception des installations**
- ◆ **Règles de fonctionnement**
- ◆ **Historique**

➤ **NORMALISATION DE METHODES**

- ◆ **INB 43: - linéaire**
 - électrons, 700 MeV
- ◆ **INB 48: - anneaux synchrotrons**
 - protons - ions, 3 GeV
- ◆ **Extension aux REACTEURS (activation)?**

Méthodologie Zonage

- 
- Identification interaction faisceau/matière
 - ❑ secteurs de pertes de faisceaux
 - ❑ Composition des matériaux

où ?
dans quoi ?
 - Caractérisation des rayonnements énergie/intensité des particules...
 - Quantification des radionucléides
 - ❑ Modélisation Monte Carlo
 - ❑ Calculs semi empiriques

comment ?
combien ?
 - Vérification état radiologique des zones
 - ❑ Cartographies (débits de dose absorbée...)
 - ❑ Mesures sur échantillons en laboratoires

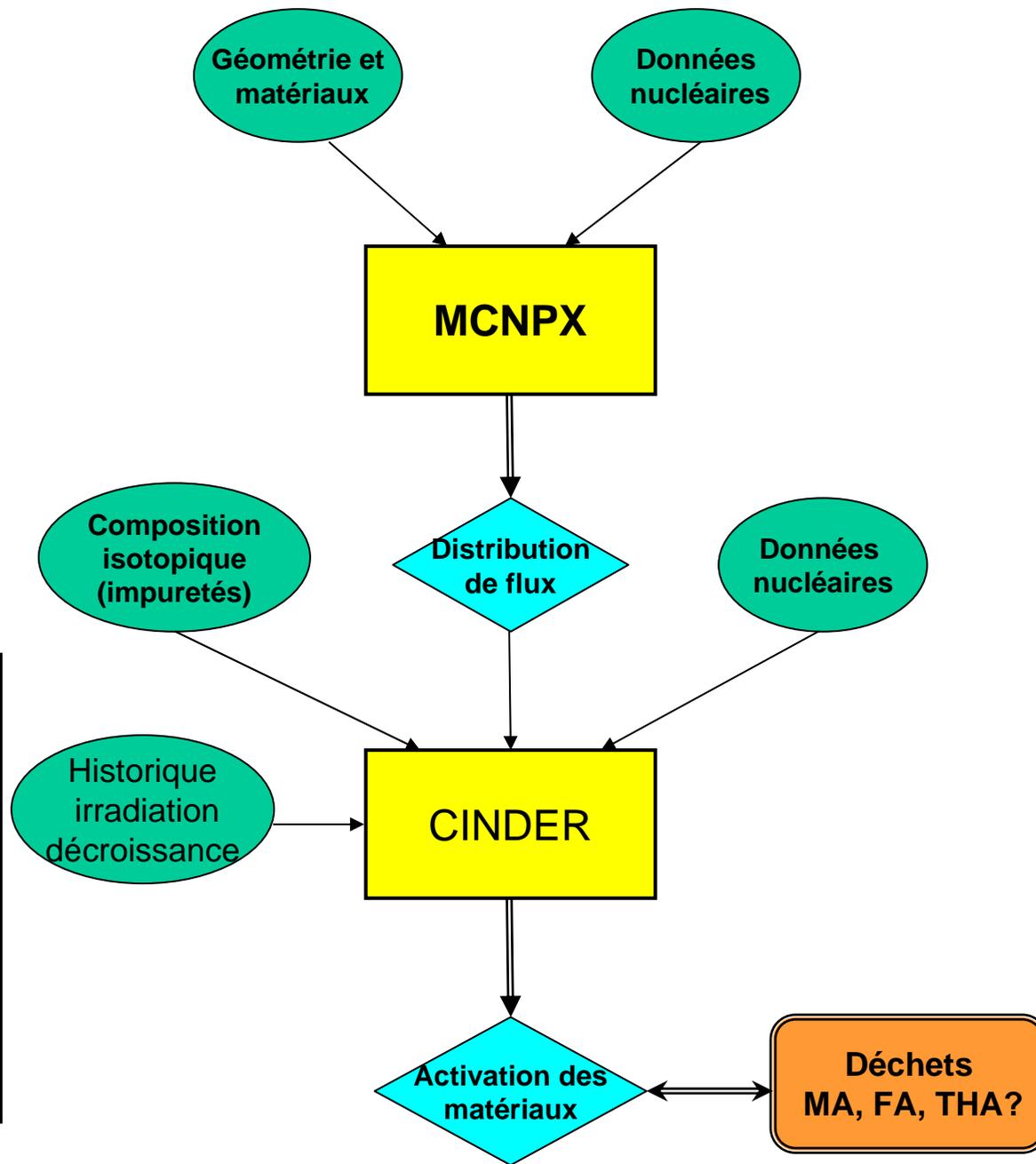
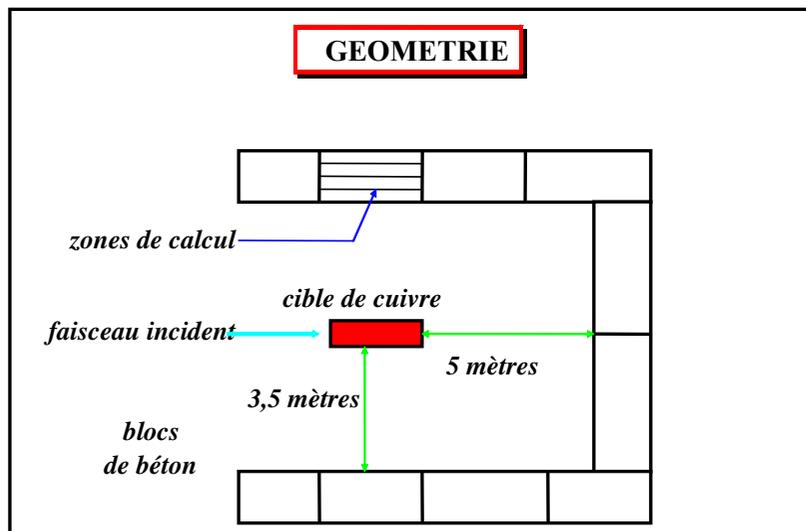
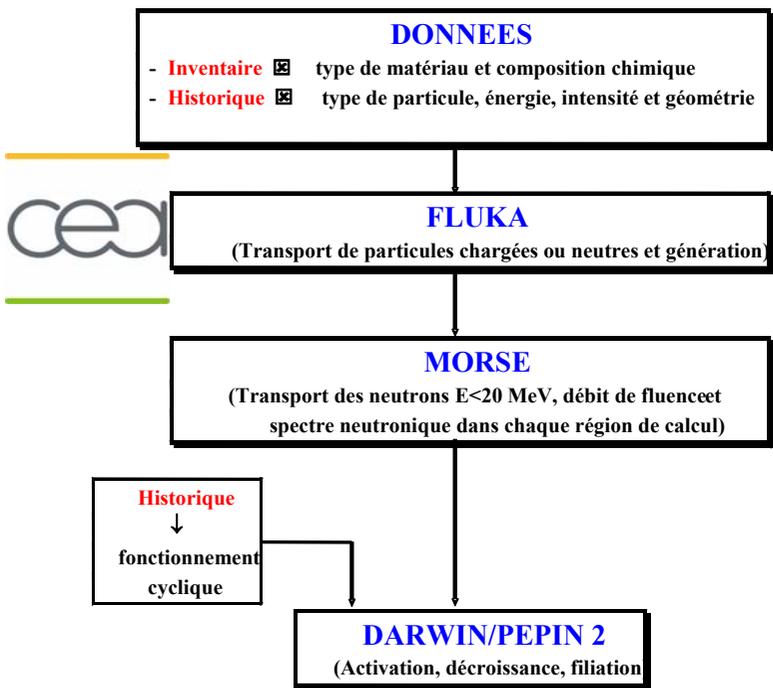
vrai ?
 - Établissement fonctions de transfert
 - Contrôle, tri et gestion des déchets
- déTECTable ?

Radionucléides susceptibles d'être présents dans les matériaux de SATURNE

Nom de l'élément final	Période Radioactive $T_{1/2}$	Réaction probable	Nom de l'élément initial	Pourcentage isotopique (α_i)	Section efficace max. (barn)	Type de matériau
$^{22}_{11}\text{Na}$	2,602 a	(n,2p4n)	$^{27}_{13}\text{Al}$	100	10.10^{-3}	aluminium, béton ordinaire
"	"	(n,2n)	$^{23}_{11}\text{Na}$	100	40.10^{-3}	béton
$^{54}_{25}\text{Mn}$	312,20 j	(n,p)	$^{54}_{26}\text{Fe}$	5,8	0,588	fer, aluminium, acier inoxydable, cuivre, béton riblonné
"	"	(n,2n)	$^{55}_{25}\text{Mn}$	100	0,910	fer, aluminium, acier inoxydable, cuivre
$^{57}_{27}\text{Co}^*$	271,77 j	(n,2n)	$^{58}_{28}\text{Ni}$	68,077	0,082	acier inoxydable, cuivre
$^{55}_{26}\text{Fe}$	2,73 a	(n, γ)	$^{54}_{26}\text{Fe}$	5,8(1)	$2,25 \pm 0,18$	fer, aluminium, acier inoxydable, cuivre, béton riblonné
"	"	(n, α)	$^{58}_{28}\text{Ni}$	68,077	0,120	acier inoxydable, cuivre
$^{60}_{27}\text{Co}$	5,271 a	(n, α)	$^{63}_{29}\text{Cu}$	69,17	0,046	aluminium, cuivre
"	"	(n,p)	$^{60}_{28}\text{Ni}$	26,223	0,157	acier inoxydable, cuivre
"	"	(n, γ)	$^{59}_{27}\text{Co}$	100	$37,18 \pm 0,06$	béton
$^{63}_{28}\text{Ni}$	100,1 a	(n, γ)	$^{62}_{28}\text{Ni}$	3,634	$14,5 \pm 0,3$	acier inoxydable, cuivre
"	"	(n,p)	$^{63}_{29}\text{Cu}$	69,17	0,133	aluminium, cuivre
$^{65}_{30}\text{Zn}$	244,1 j	(n, γ)	$^{64}_{30}\text{Zn}$	48,6	$0,76 \pm 0,02$	aluminium, cuivre
"	"	(n,2n)	$^{66}_{30}\text{Zn}$	27,9	0,920	aluminium, cuivre
$^{108m}_{47}\text{Ag}$	127 a	(n, γ)	$^{107}_{47}\text{Ag}$	51,839	$0,33 \pm 0,08$	plomb
$^{110m}_{47}\text{Ag}$	249,76 j	(n, γ)	$^{109}_{47}\text{Ag}$	48,161	$4,7 \pm 0,02$	plomb
$^{152}_{63}\text{Eu}$	13,53 a	(n, γ)	$^{151}_{63}\text{Eu}$	47,8	9200 ± 100	béton
$^{154}_{63}\text{Eu}$	8,59 a	(n, γ)	$^{153}_{63}\text{Eu}$	52,2	312 ± 7	béton
$^{45}_{20}\text{Ca}$	163 j	(n, γ)	$^{44}_{20}\text{Ca}$	2,13	$0,88 \pm 0,05$	béton ordinaire
$^{133}_{56}\text{Ba}$	10,5 a	(n, γ)	$^{132}_{56}\text{Ba}$	0,101	$7 \pm 0,08$	béton baryté
$^{134}_{55}\text{Cs}$	2,06 a	(n, γ)	$^{133}_{55}\text{Cs}$	100	$29 \pm 1,5$	béton
"	"	(n,p)	$^{134}_{56}\text{Ba}$	2,417	0,002	béton baryté
$^{137}_{55}\text{Cs}$	30,2 a	(n,p)	$^{137}_{56}\text{Ba}$	11,23	0,011	béton baryté
"	"	(n, γ)	$^{136}_{56}\text{Ba}$	7,854	0,4	béton baryté
^3_1H	12,35 a	$X+n \rightarrow Y+^3\text{H}$ (évaporation lors de spallation),				béton

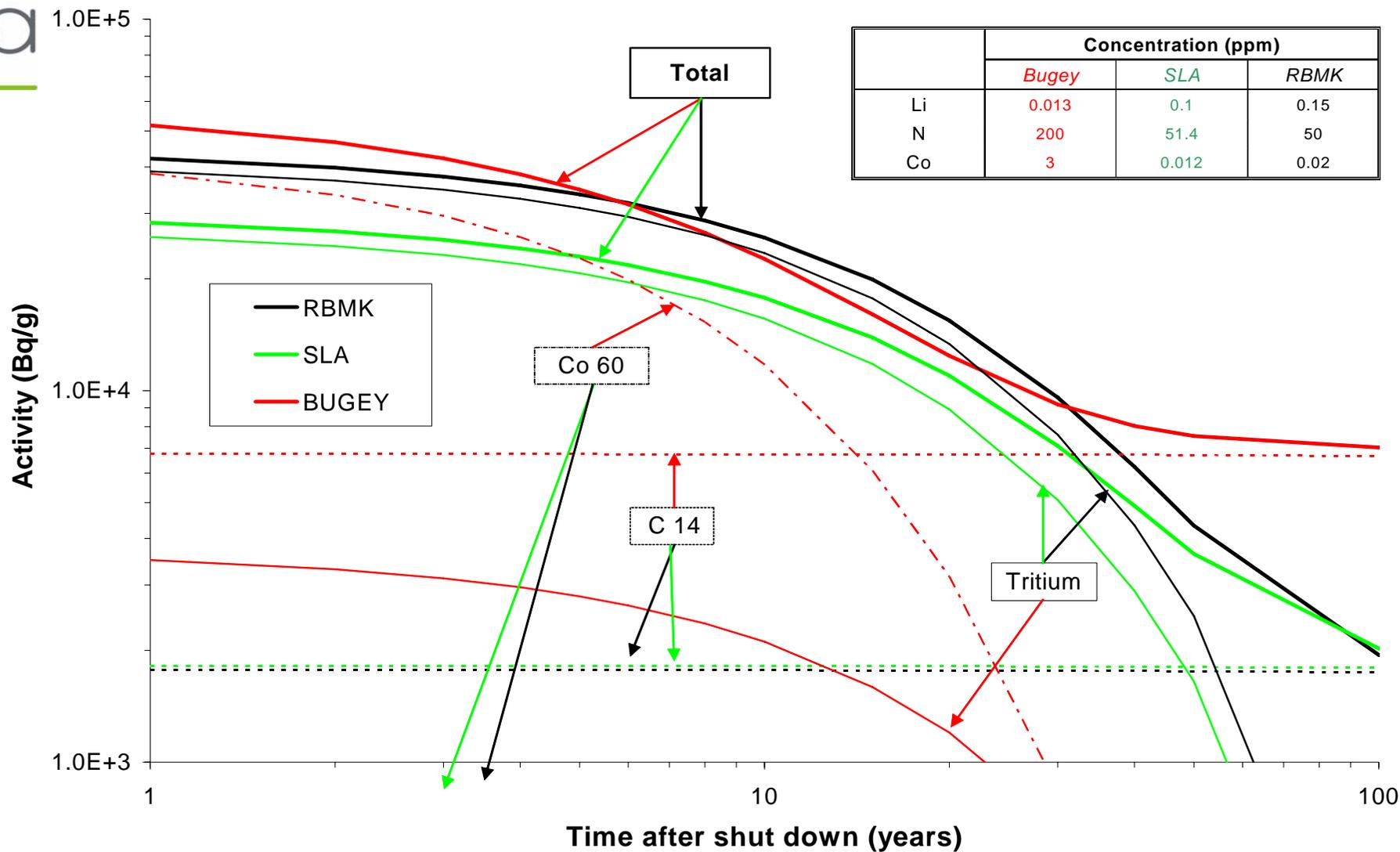


Quantification des activités (modélisation)

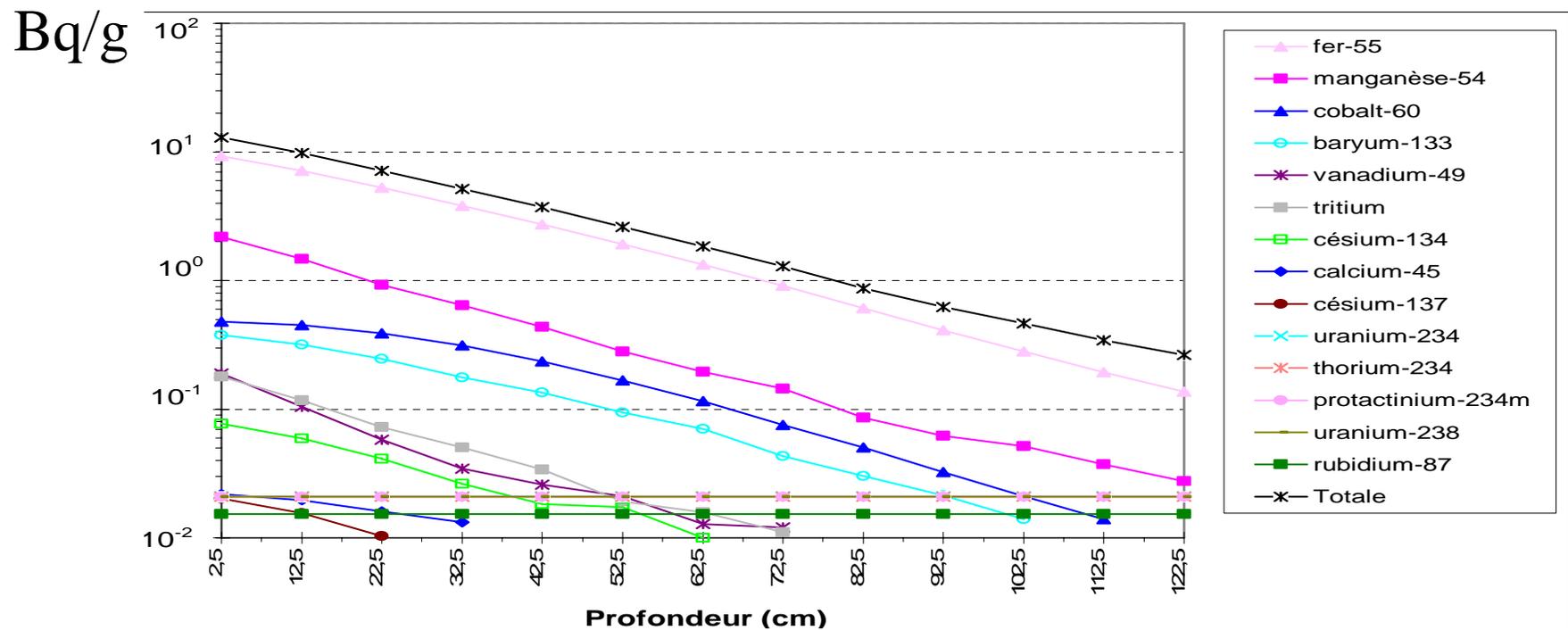
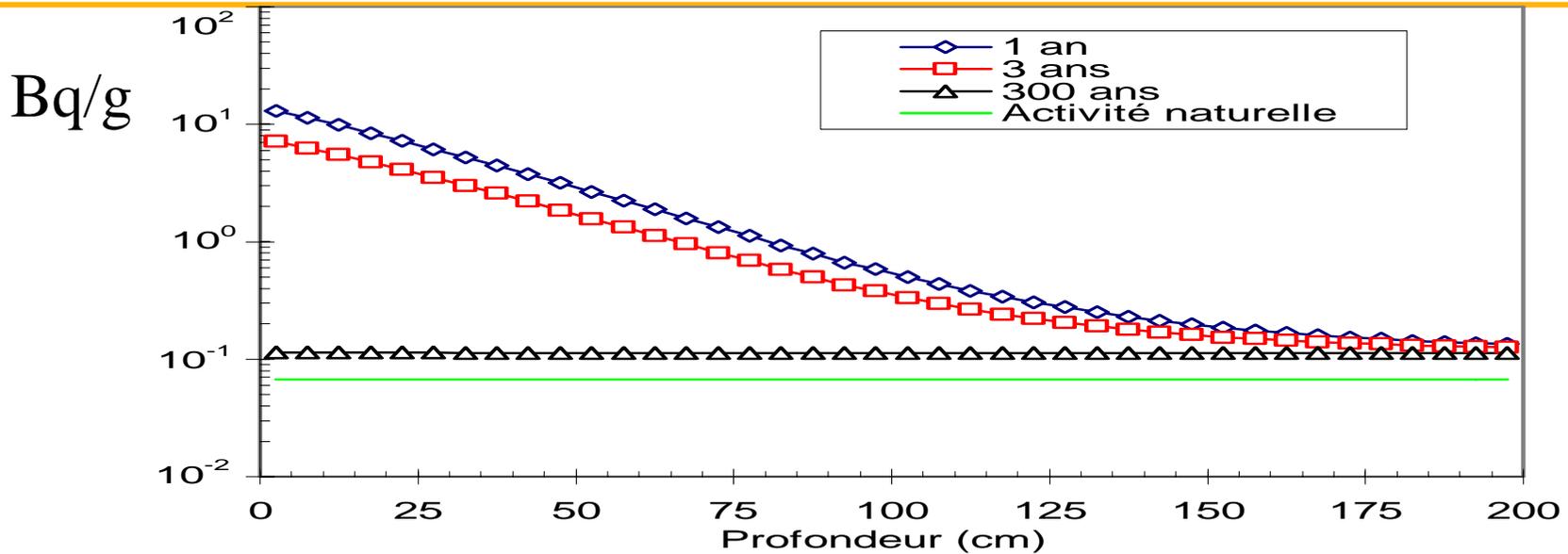


Incertitudes dans la composition chimique: impact sur l'activation

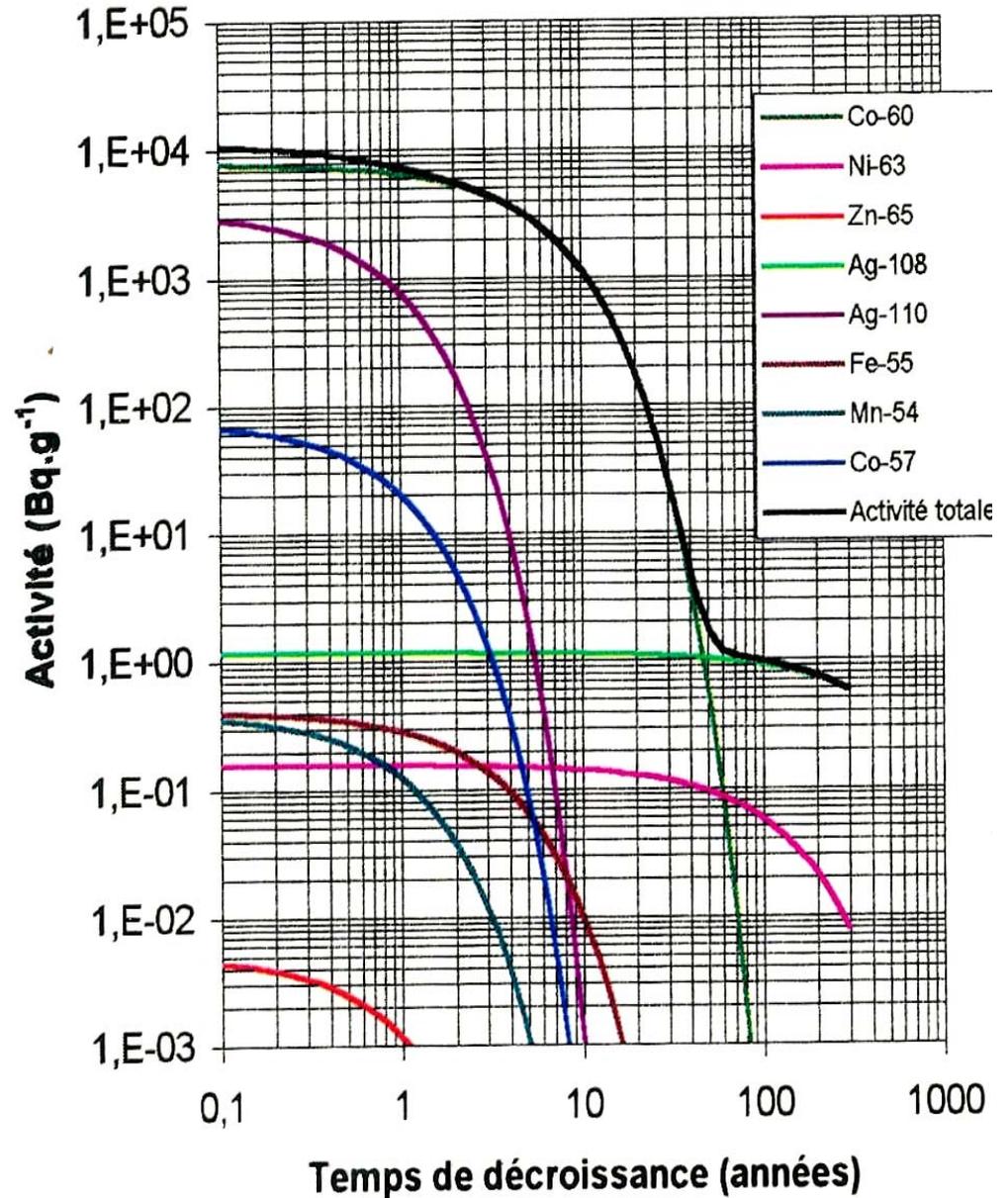
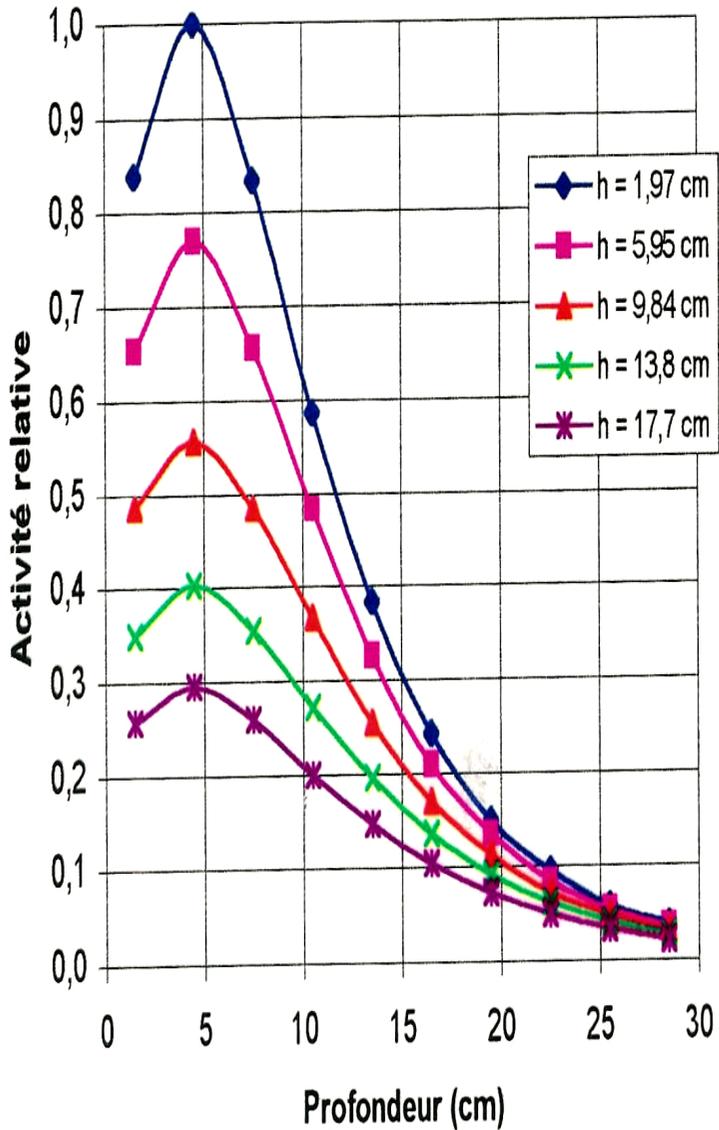
Activation du réflecteur graphite interne



Activité massique du béton ordinaire de Saturne

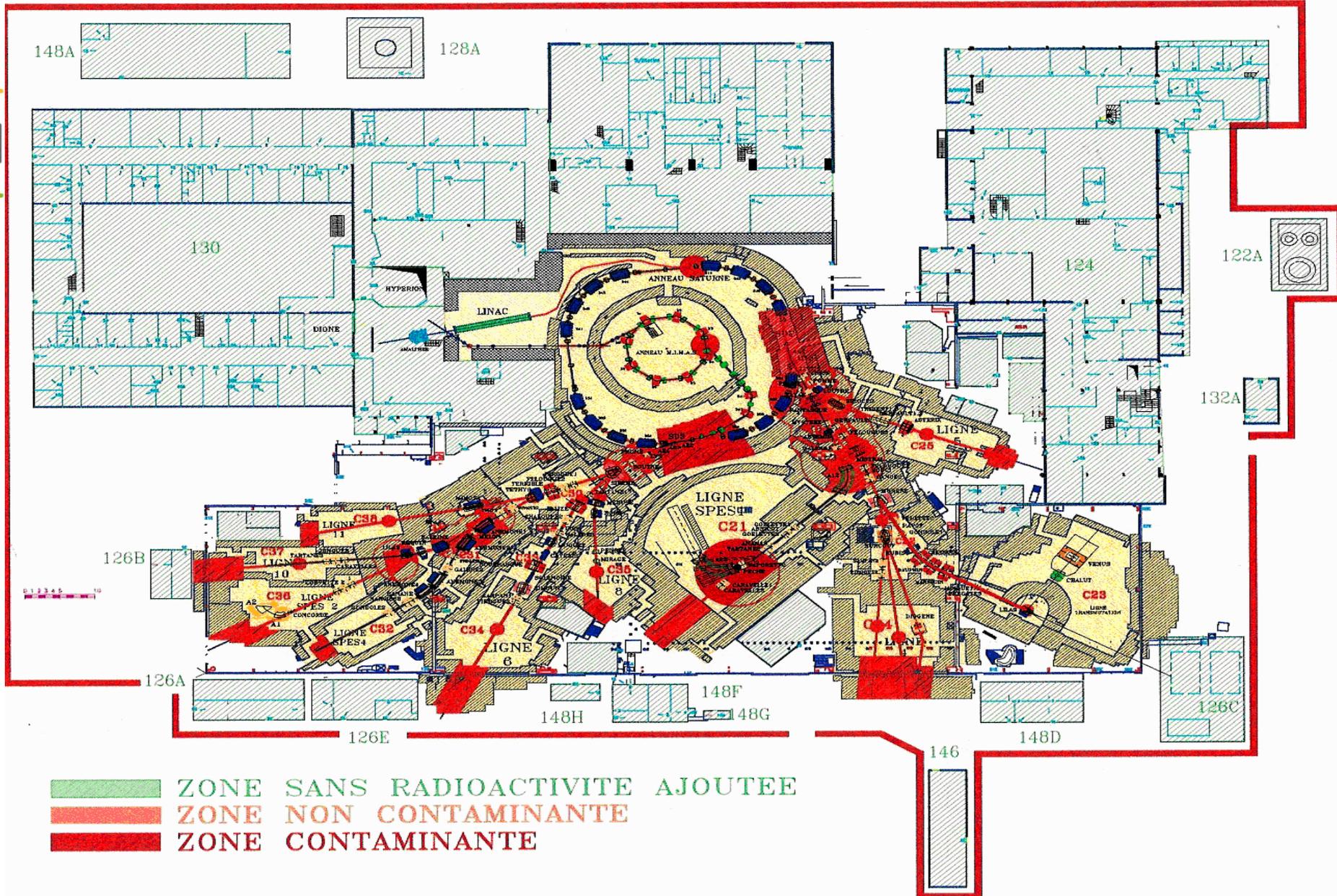


Activation des métaux: cuivre de l'ALS

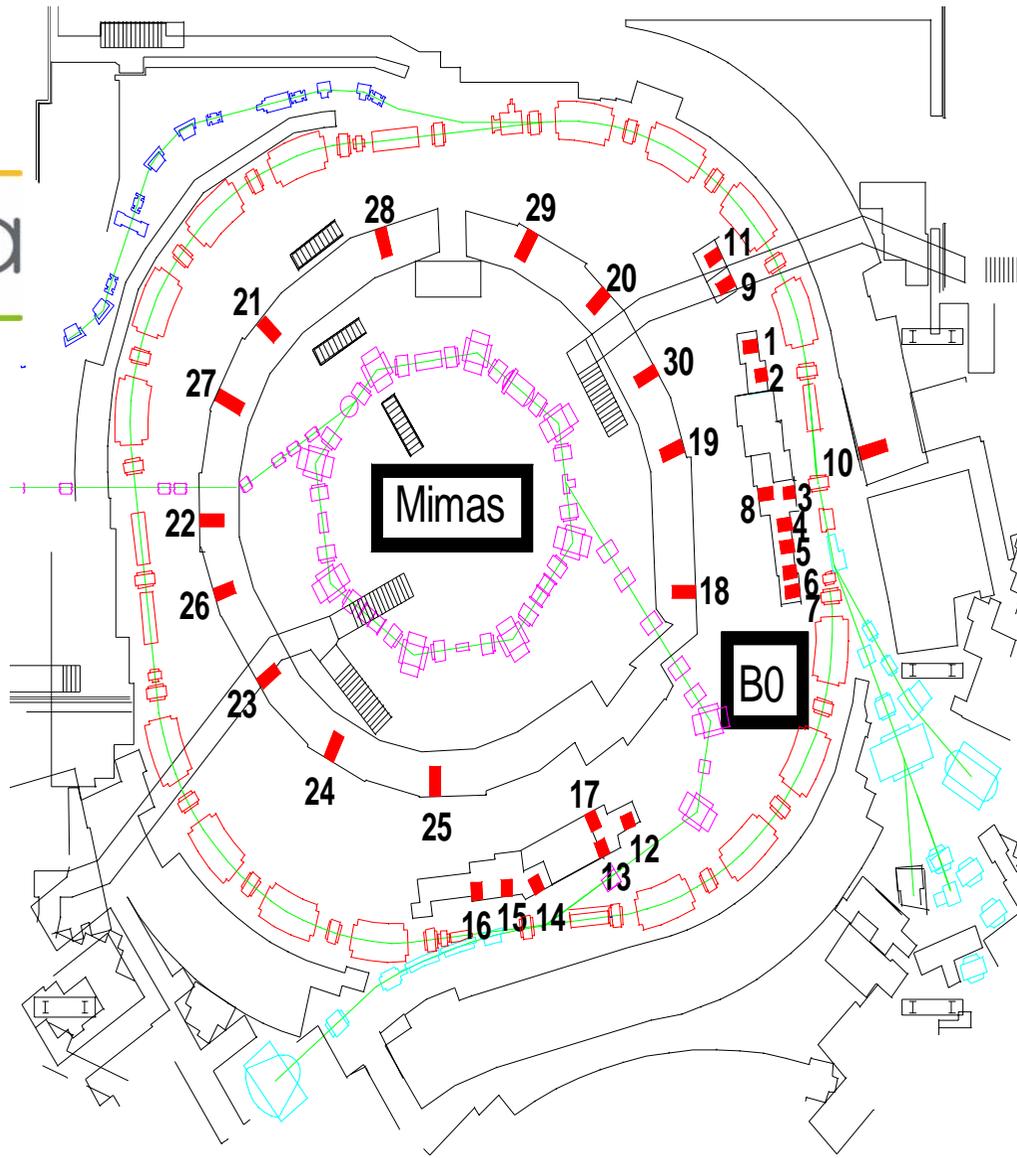


h: hauteur par rapport à l'axe du faisceau

Zonage déchets



EMPLACEMENTS DES CAROTTAGES AUTOUR DU SYNCHROTRON SATURNE



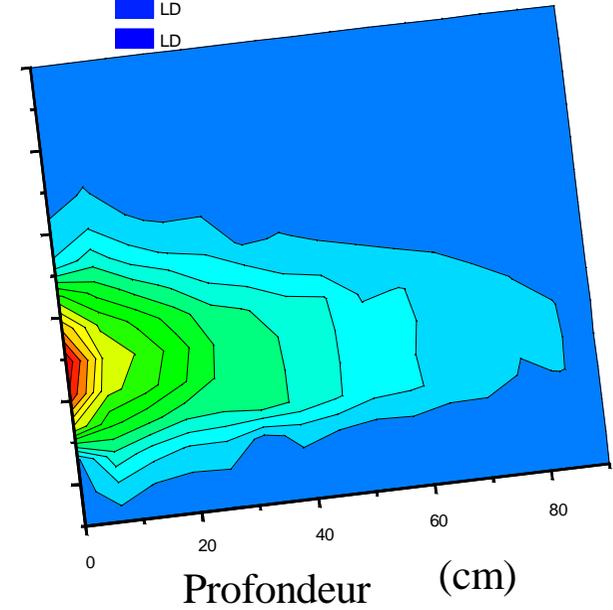
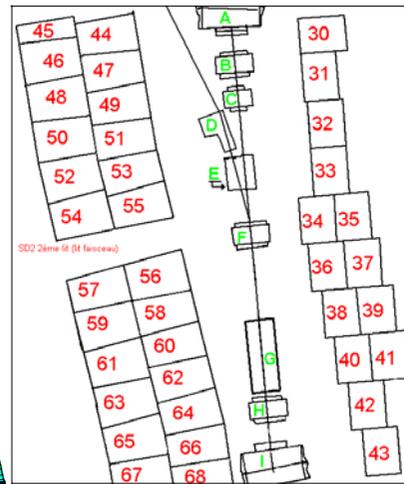
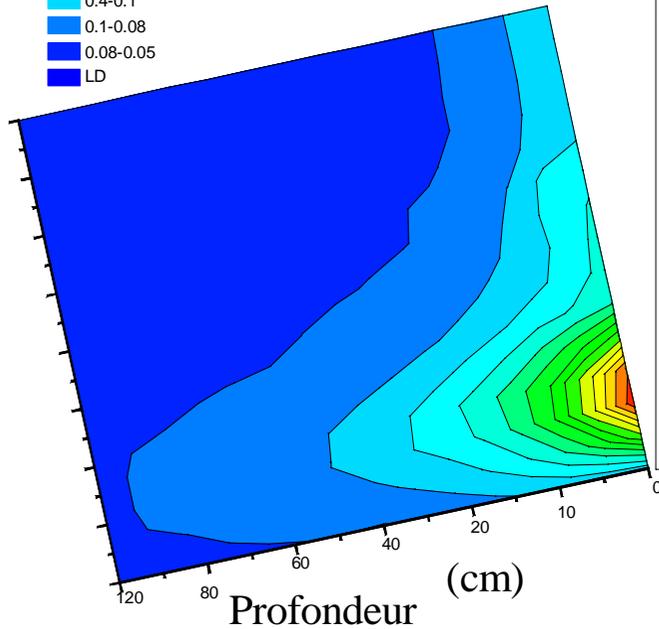
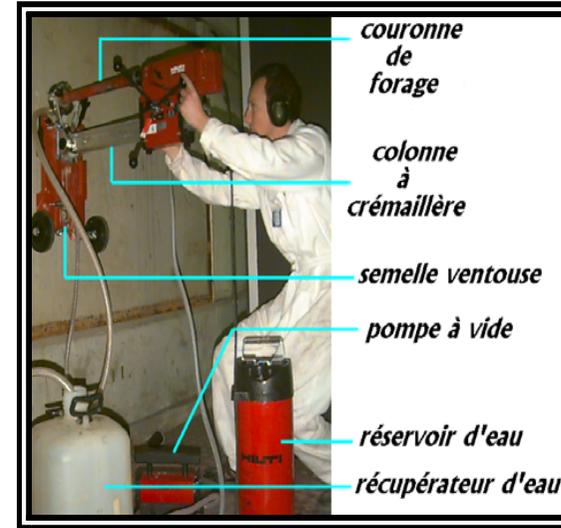
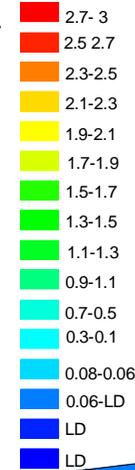
Vérification expérimentale du zonage modélisé



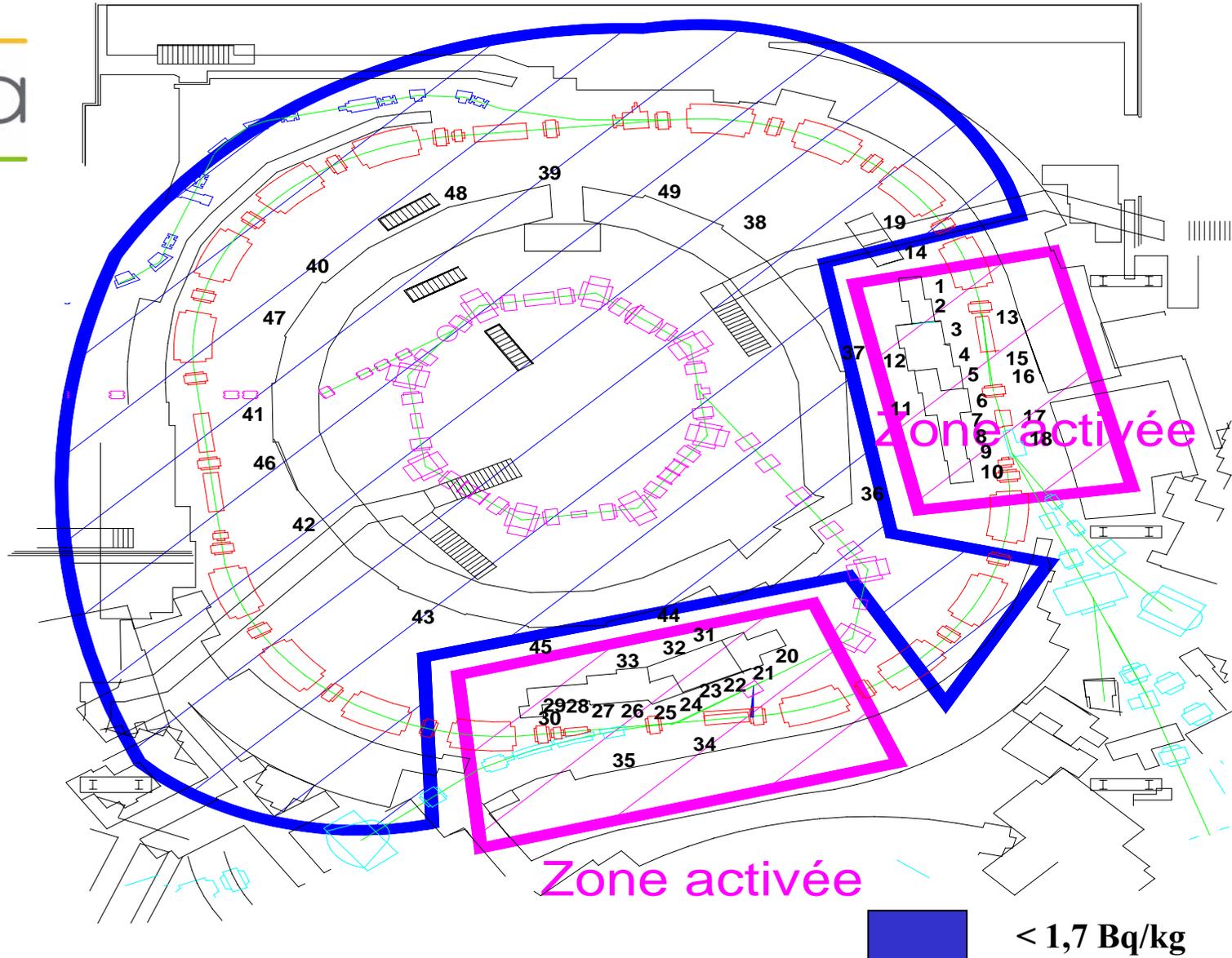
Concentration Bq/g



Concentration Bq/g



Béton: limites zones activées autour de Saturne



FONCTIONS DE TRANSFERT (béton)



Catégorie	Couleur		Caractéristiques
1			Zone ZSRA, ZNC Mesures < 1,2 fois le BDF
2 TFA			Zone ZC Mesures < 1,2 fois le BDF
3 TFA			Zone ZC Mesures < à 1 Bq/g
4 TFA			Zone ZC 1 < activité massique < 100 Bq/g
5 FA			Zone ZC activité massique > 100 Bq/g

Type	Sonde γ du Mip 10		Sonde X du Mip 10		SPP2	
de béton	FT (Bq.g ⁻¹ pour 1 c.s ⁻¹)	LD (Bq.g ⁻¹)	FT (Bq.g ⁻¹ pour 1 c.s ⁻¹)	LD (Bq.g ⁻¹)	FT (Bq.g ⁻¹ pour 1 c.s ⁻¹)	LD (Bq.g ⁻¹)
ordinaire	$1,9 \cdot 10^{-3} \pm 0,9 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3} \pm 1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3} \pm 1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$
baryté	$1,9 \cdot 10^{-2} \pm 0,6 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2} \pm 1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$6,7 \cdot 10^{-2} \pm 1,5 \cdot 10^{-2}$	$9,7 \cdot 10^{-1}$
riblonné	$9,4 \cdot 10^{-3} \pm 3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2} \pm 1,3 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2} \pm 2,6 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$

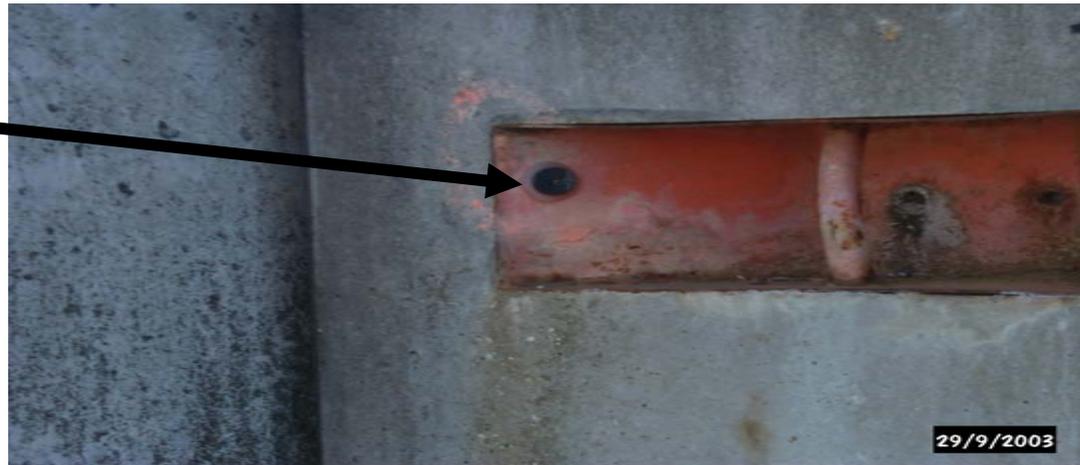
Valorisation Béton (~15000 t)

- **Campagne 2001- Société SCREG-COSSON**
7000 t aéroport d'ORLY (réfection d'une piste)



- **Campagne 2002/2003 – Société DLB (8200t)**
 - ❖ **1200 t remblais drainant hélicoptère CEA/Saclay**
 - ❖ **1000 t aire 500 CEA/Saclay**
 - ❖ **5500 t sous-couche de forme sous voirie**
Communes VALENTON, LIMEIL, BOISSY St LEGER
 - ❖ **500 t murs de séparation matériaux**
site DLB de VERT LE GRAND

Traçabilité
Puce électronique





1. Contrôle radiologique des blocs de béton



2. Transport des blocs de béton



5. Concassage des blocs



3. Déchargement des blocs



4. Préconcassage des blocs



6. Départ des granulats de béton

Impact radiologique - concassage béton

➤ *Terme source (spectre type)*

3H (29,3%), 39Ar (15,9%), 55Fe (15,5%),
152Eu (12,5%), 154Eu (10,9%), 60Co (8,3%)
22Na (4,3%), 134Cs (3%), 54Mn (0,3%)
Naturels 40K, 232Th, 238U ... (0,2 Bq/g)

➤ *Scénario réutilisation en technique routière*

- (1) Transport blocs (INB48 - station concassage)
- (2) Concassage blocs
- (3) Transport granulats vers chantier type parking
- (4) Réalisation couche de forme parking
- (5) Séjour 20 min/semaine du public sur parking

➤ *Bilan dosimétrique*

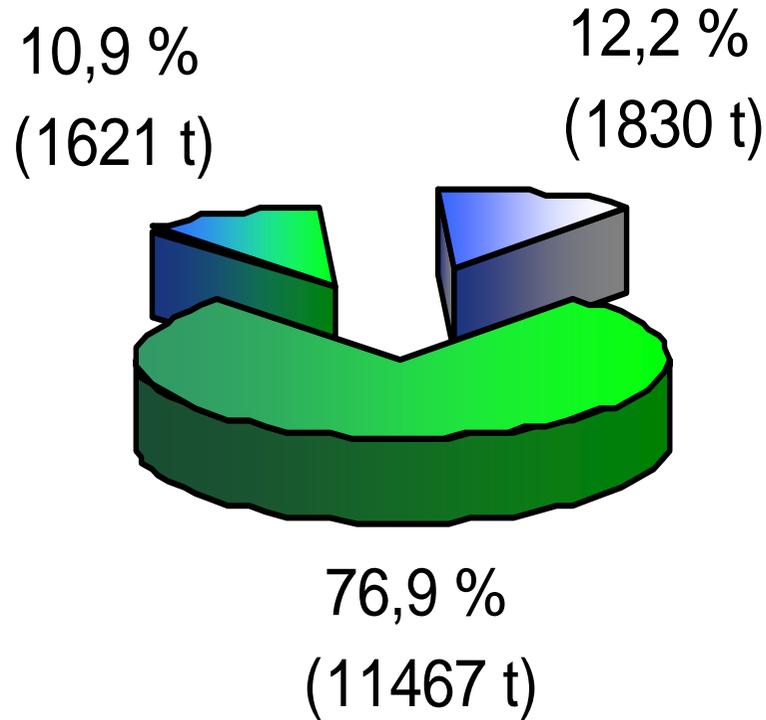
- Activation induite: 0,4 Bq/g (2 fois activité naturelle)
- Mauvais contrôles sur 20 % des blocs
- (1) + (2) + (3) + (4) : $1,1 \cdot 10^{-6}$ Sv
- (5) : $2 \cdot 10^{-8}$ Sv/an



REPARTITION PAR CATEGORIE DES BLOCS BETON SATURNE



Phase MAD-DEM



■ Catégorie 1 ■ Catégorie 2 ■ catégories 3 & 4

VALORISATION DU PLOMB EN PROVENANCE DES INB 43 et 48



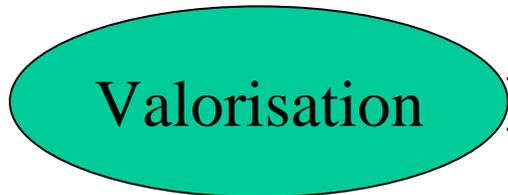
Marie-Madeleine
3t de plomb



Dehel – 1t de plomb



Files – 7 t de plomb



Conventionnel
(centaines de tonnes)

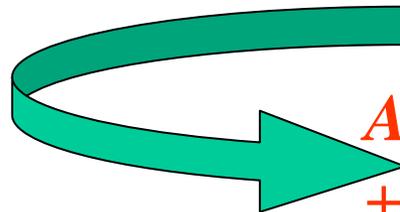
Association Honfleuraise
des vieux gréements

Blindage de cellules (CEA/Cad)

Nucléaire
(centaines de tonnes)

Blindage Irradiateurs
(CEA/Sac-Far)

Blindage accélérateurs
(CEA/DAM)

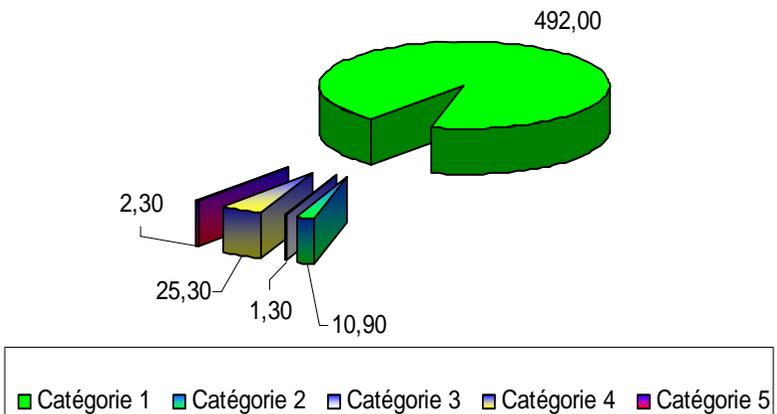


**Autorisation ASN + habilitation INB, ICPE...
+ engagement mise en déchets nucléaires**

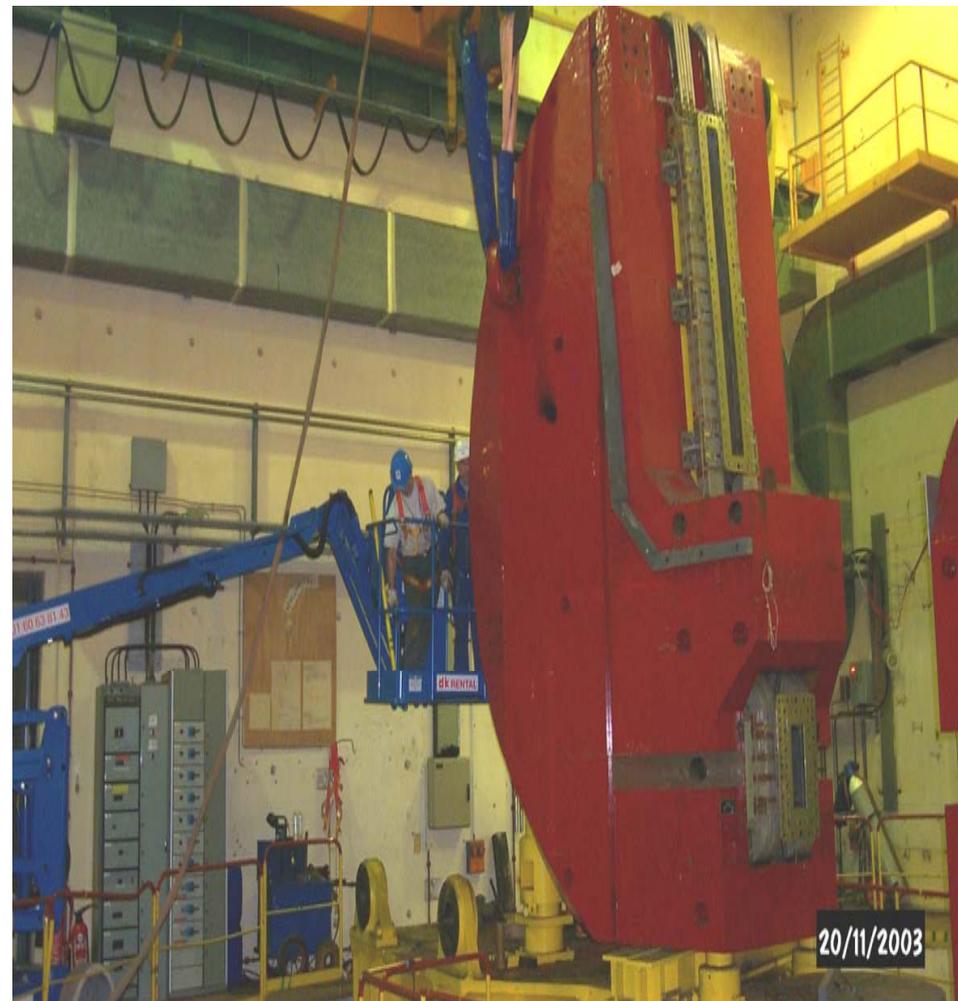
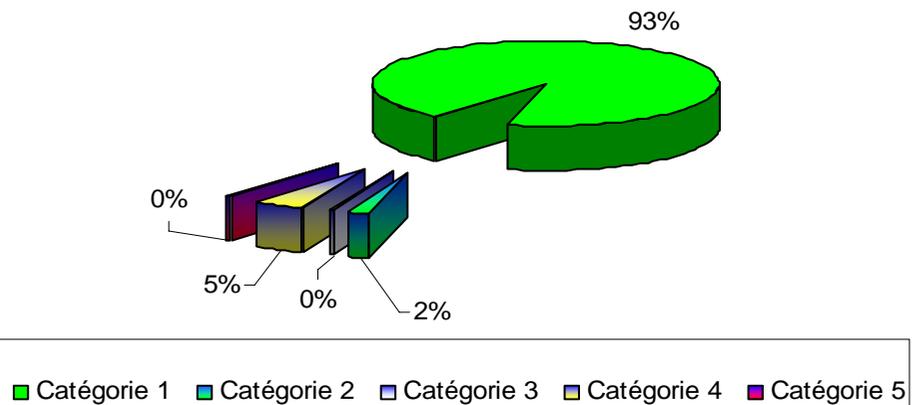
Exemple: bilan métaux d'une salle expérimentale de l'ALS



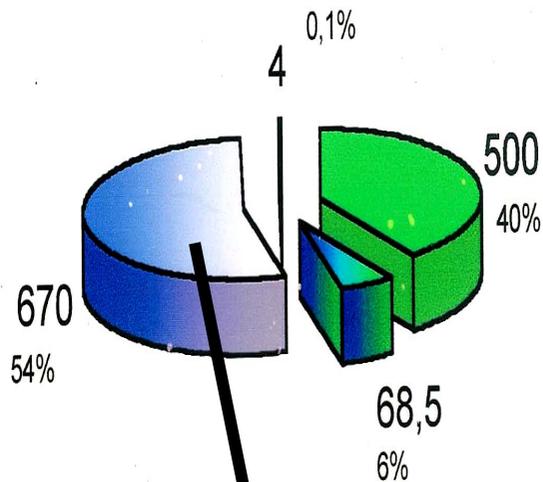
Déchets produits lors de l'assainissement d'HE3
classés par catégories (en tonnes)



Déchets produits lors de l'assainissement d'HE3
classés par catégories (en pourcentage)

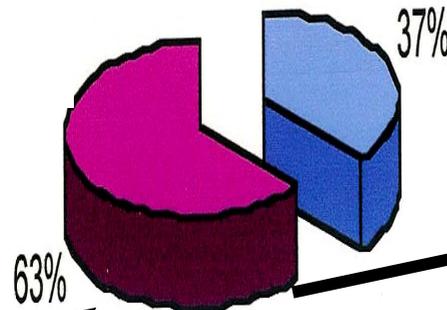


Valorisation de matériaux radioactifs à l'étranger ?



**Catégorie TFA (t)
Phase CDE**

Autres déchets TFA



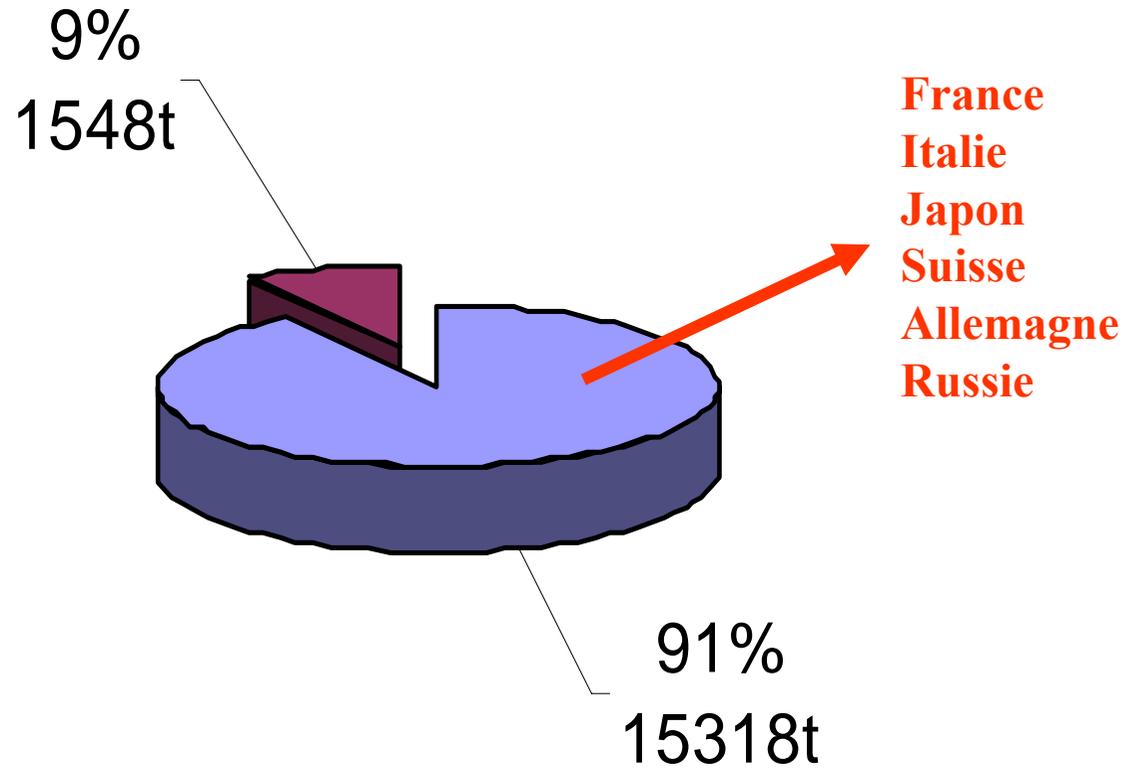
Aimants Japon



Bilan: 50 aimants (1200 t)

(Prise en charge TFA: 500/t → économie de 540 k€)

Bilan MAD et Démantèlement de L'INB 48



■ Déchets et matériaux valorisés ■ Déchets ultimes

BILAN ANOMALIES ET ECARTS

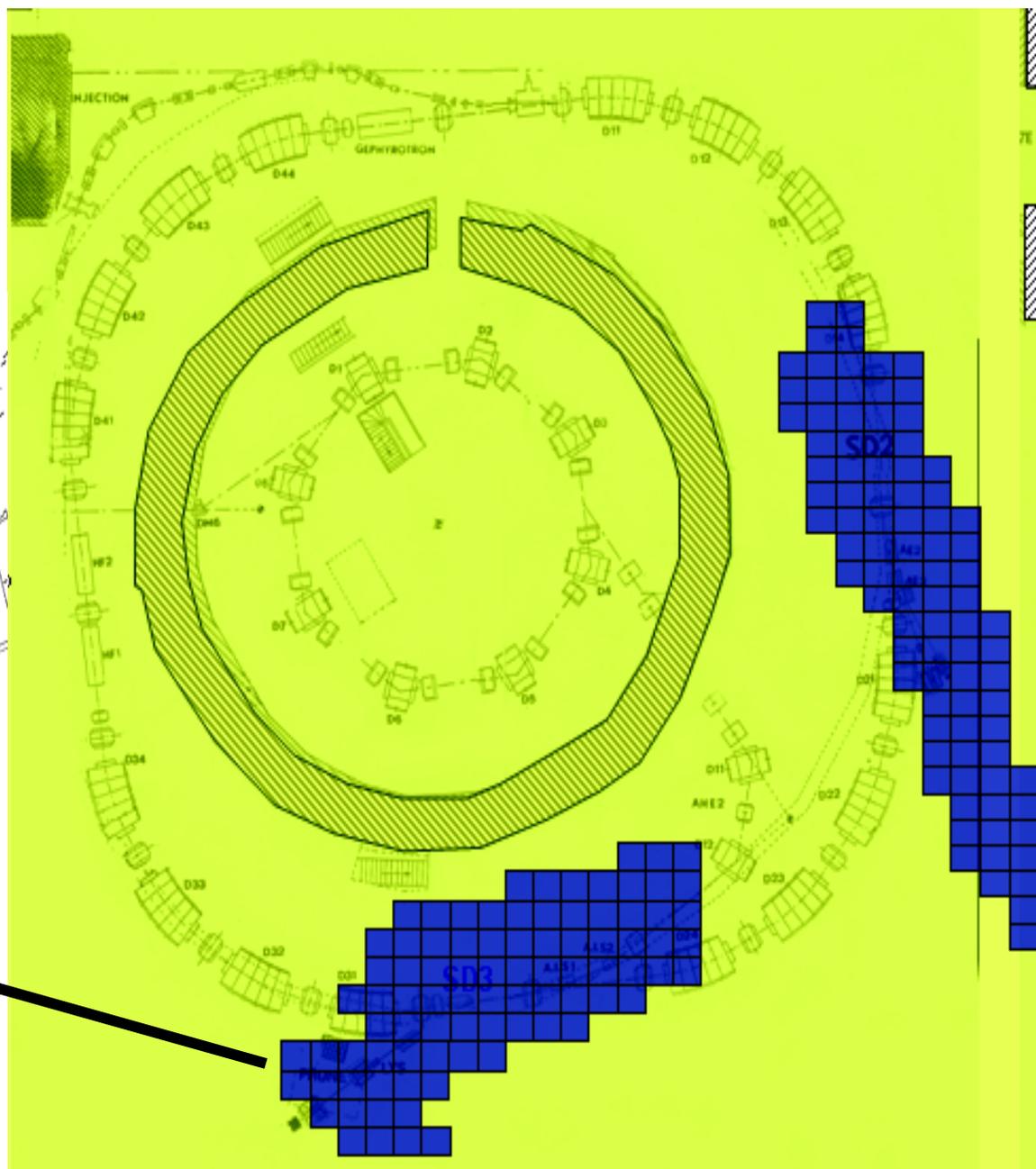
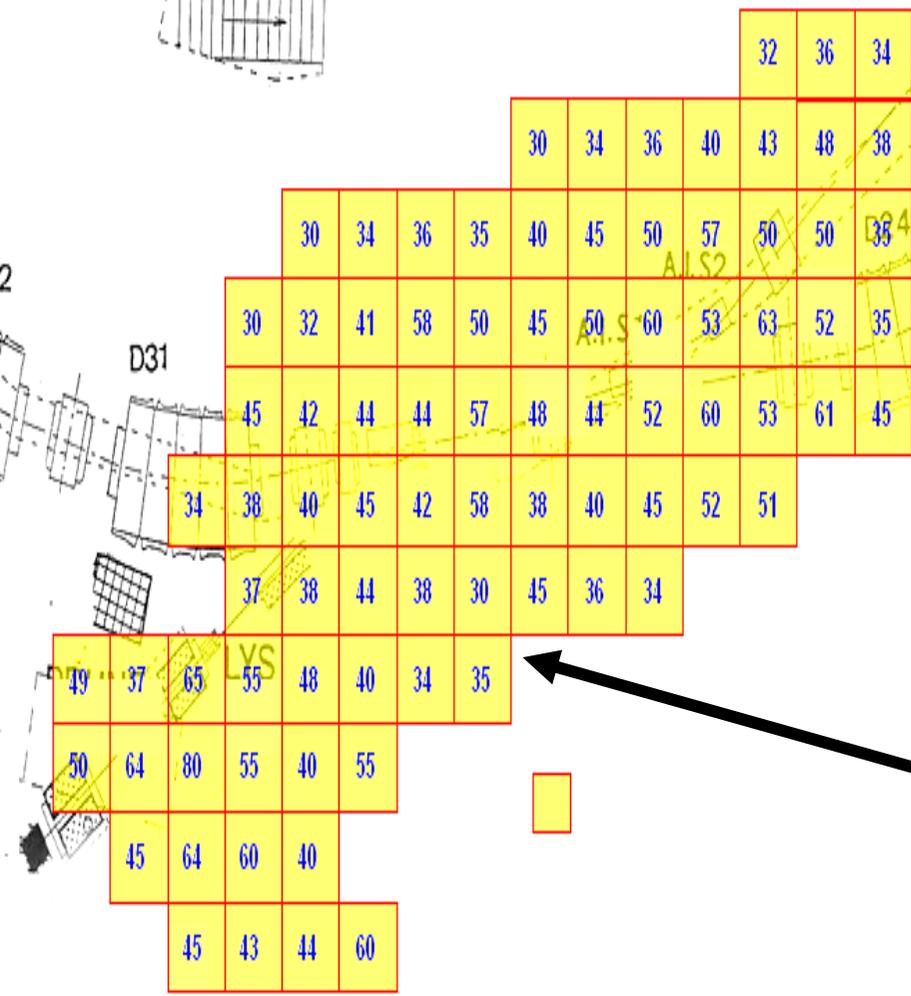
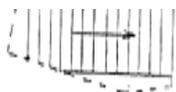


BILAN DES ECARTS	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ZONAGE	(5)	(8)	(5)	(4)	(3)	
Eléments activés provenant de ZNC	5	6	4	2	3	
Blocs de béton provenant de ZNC		1	1	2		
Poutre provenant de ZNC		1				
TRACABILITE		(3)	(4)	(5)	(7)	(1)
Absence de contrôle		3	1	5	2	
Mauvais contrôle			1		4	1
Absence d'identification blocs TE			1			
Doute sur l'historique de blocs de béton			1		1	
CONTAMINATION		(1)				
Contamination de sol		1				
DECHETS		(3)				
Amiante		1				
Mercuré		1				
PCB		1				
SOURCES RADIOACTIVES		1	1	1		
TECHNIQUE	(1)		(2)	(1)		
Electrique			1	1		
Coupure d'un câble	1		1			
SECURITE	(3)		(2)	(4)		(2)
Détection incendie	3					
Incendie			1	2		
Manutention			1	1		2
Vol				1		
REGLEMENTATION						(2)
Qualité (Audit)						
Transport						1
Vérification						
Consignes						1
TOTAL	(9)	(16)	(14)	(15)	(10)	(5)

Sûreté de l'état final INB 48- Cartographie radiologique



Parcelles activées
Appareil MIP 21 (c/s en γ)



LIMITES D'ACTIVITES RESIDUELLES DES DALLES DE BETON



SITUATION ADMINISTRATIVE EN FIN MAD/DEM

Accélérateur IPHI :
ICPE autorisée 1711.

Irradiateur COCASE :
ICPE déclarée 1700.

1) ETAT FINAL ENVISAGE (ETUDE D'IMPACT MODELISEE EN 2001)

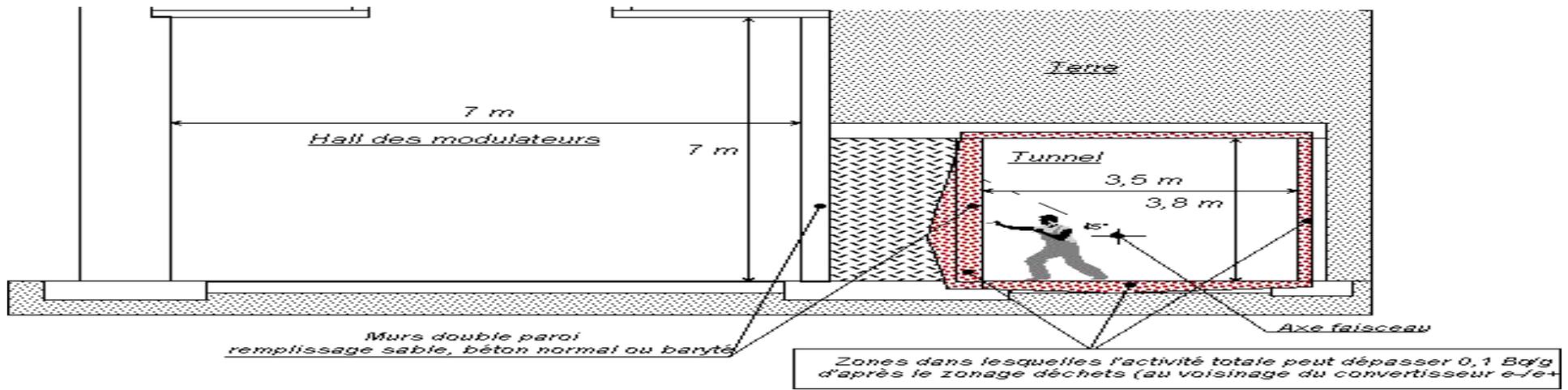
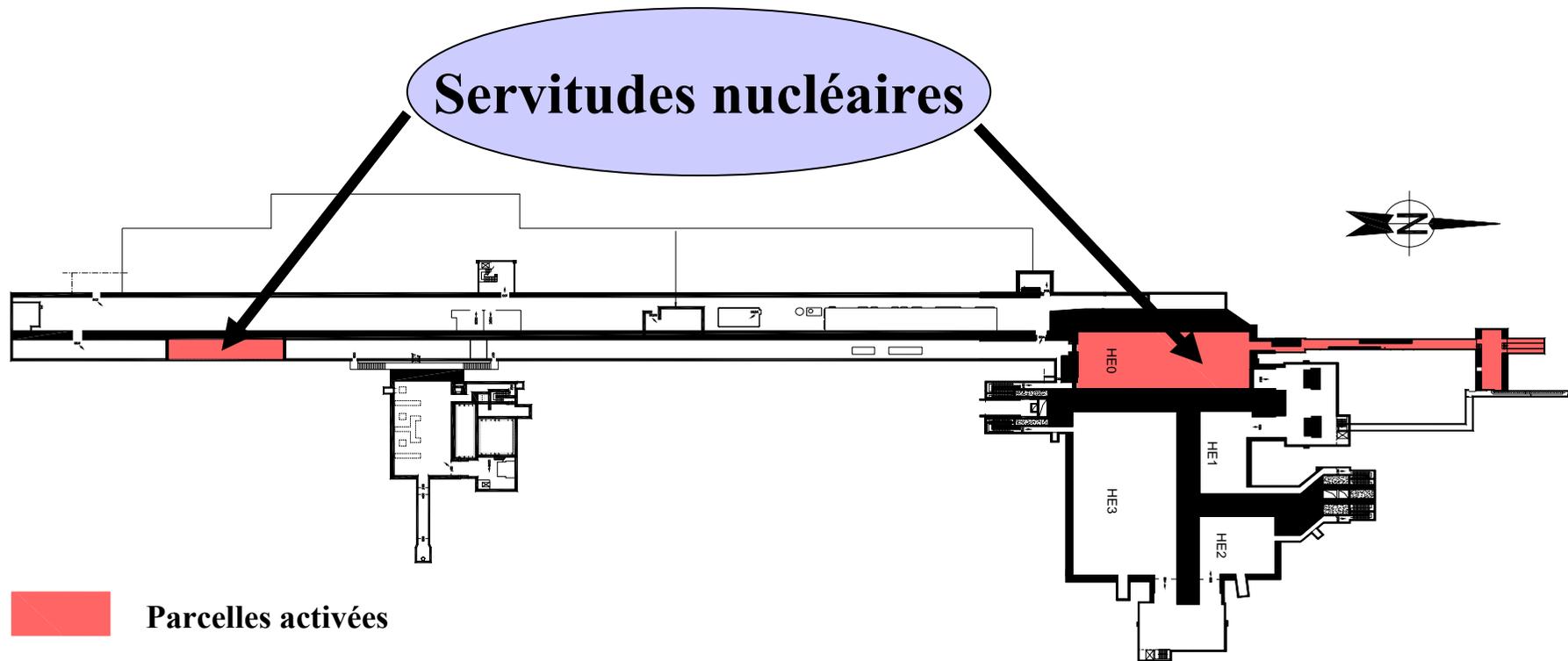
Points	SD2 sol	SD3 sol
1	LD	0,53 Bq/g
2	0,75 Bq/g	1,6 Bq/g
3	0,3 Bq/g	0,21 Bq/g
4	0,2 Bq/g	0,32 Bq/g
5	0,1 Bq/g	0,32 Bq/g
6	0,08 Bq/g	0,32 Bq/g
spectre	Ca45(0,05%) - H3(55%) Fe55(13%) - Na22(20%)- Mn54(0,03%) Co60(2,5%)-Eul52(9,5%)	Ca45(0,05%) - H3(55%) Fe55(13%) - Na22(20%)- Mn54(0,03%) Co60(2,5%)-Eul52(9,5%)

Zone bureaux (2000h/an) : **34 μ Sv/an** en SD3
Perçage d'un trou : **2 pSv**

2) ETAT FINAL REEL EN 2005: 1,5 Bq/g

Zone bureaux (2000h/an) : **14 μ Sv/an** en SD3
Perçage d'un trou : **1,8 pSv**

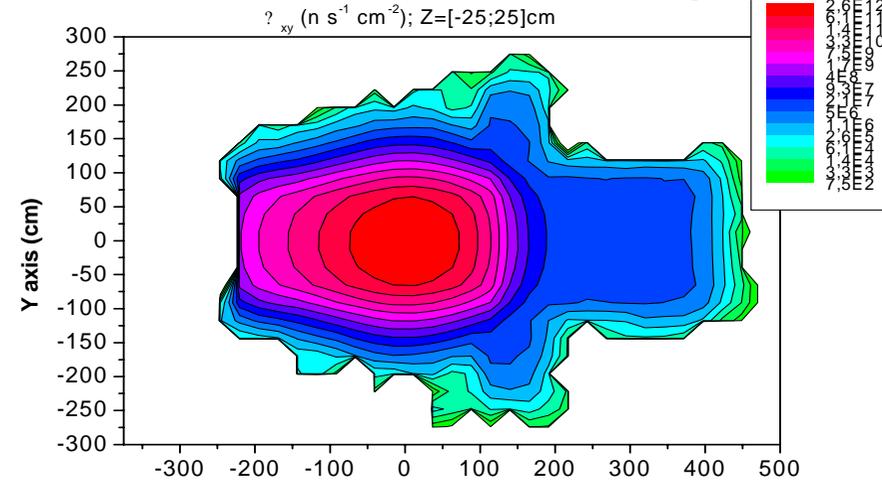
Sûreté de l'état final INB 43



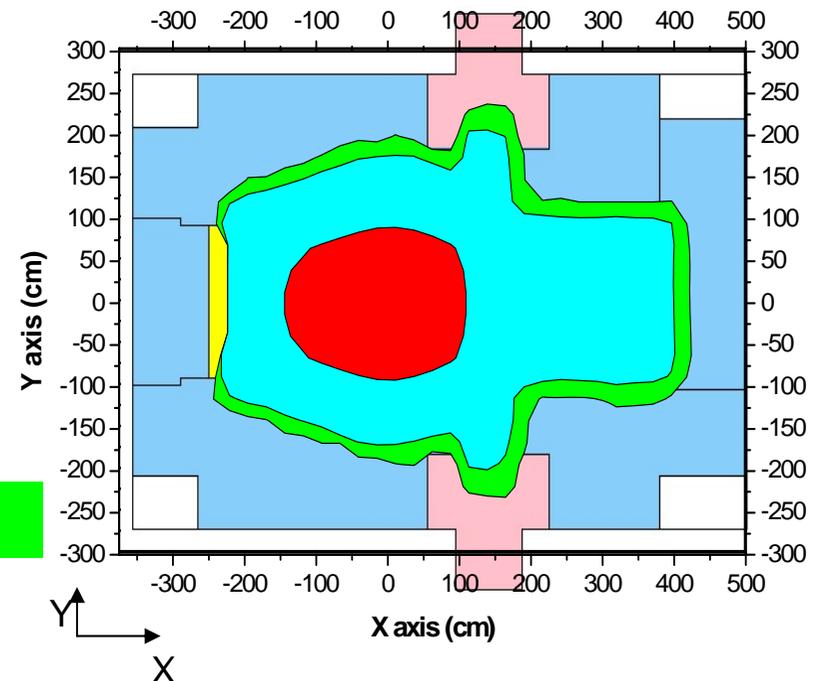
INB 44 Réacteur Universitaire de Strasbourg

Application de la méthodologie de zonage à un réacteur nucléaire

Calcul des flux neutroniques



Zonage déchets du réacteur



Modélisation géométrie

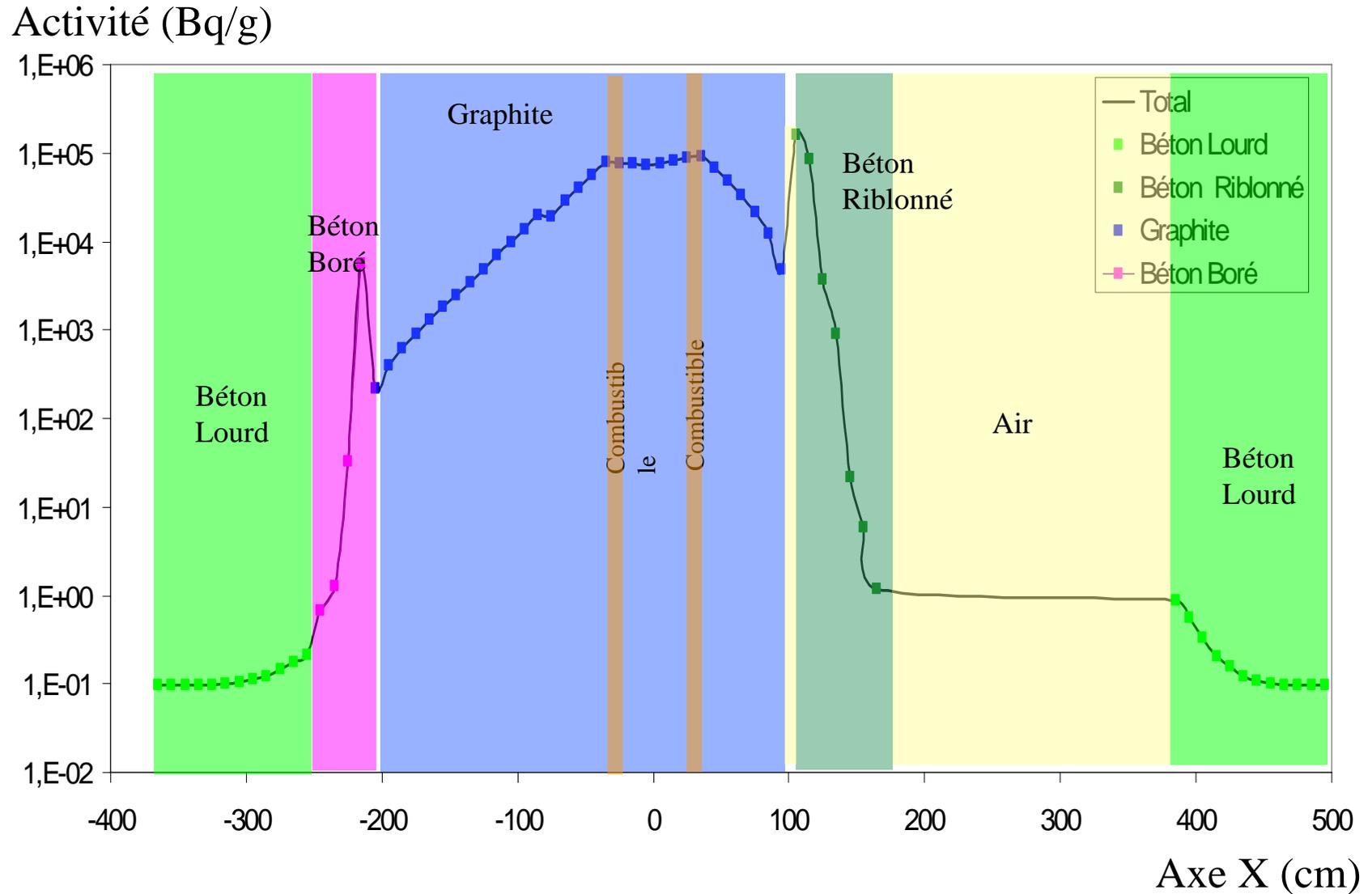
- ➔ précision du zonage déchets
- ➔ libération de déchets vers les filières non nucléaires

FA / MA

TFA

Conventionnel

Activation induite maximale pour les matériaux prépondérants (Cote X, Y=0, Z=0)



Déchets FA, TFA, Conventionnels (plan X,Z)

