

**EVALUATION DES EXPOSITIONS RADIOLOGIQUES
PROFESSIONNELLES ASSOCIEES AUX CENDRES
VOLANTES DANS LES CENTRALES THERMIQUES
FRANCAISES AU CHARBON**

J.P. Degrange, S. Lopicard (CEPN)

S. Castanet, I. Saude (EDF)

J.-M. Brunello (SNET)

*Les expositions à la radioactivité naturelle du fait des activités humaines,
SFRP, Marcy l'Etoile, 22-23 Septembre 2004*

CONTEXTE ET OBJECTIFS

☐ CONTEXTE

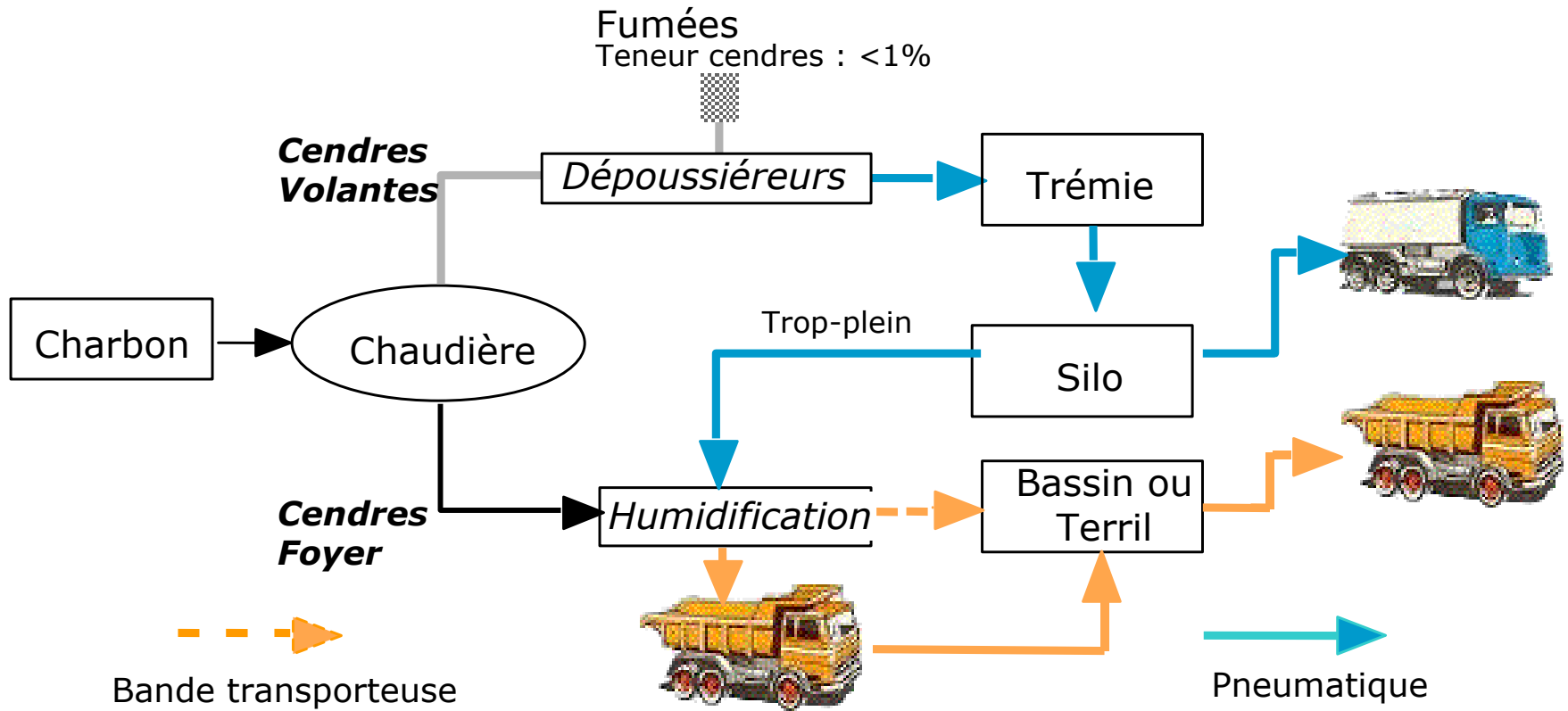
- **Transposition en France du Titre VII de la Directive EURATOM 96/29 :**
 - *Période de consultation pour recueillir les informations disponibles sur les impacts dosimétriques éventuels sur différents groupes de population*
 - *Etude conduite par le CEPN pour les deux principaux exploitants français de centrales thermiques au charbon (EDF et SNET)*

☐ OBJECTIFS

- **Evaluation des expositions radiologiques professionnelles associées aux cendres volantes dans les centrales thermiques françaises au charbon :**
 - *Cycle des cendres volantes (production, transport, entreposage)*
 - *Situations d'exposition et scénarios d'exposition individuelle*
 - *Evaluation des doses individuelles et analyse de sensibilité*

CYCLE DES CENDRES VOLANTES DANS LES CENTRALES THERMIQUES AU CHARBON

Production, entreposage et transport des cendres



CYCLE DES CENDRES VOLANTES DANS LES INDUSTRIES DE RECYCLAGE

Entreposage, transport et utilisation des cendres

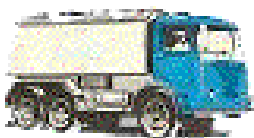
**Cendres
volantes
sèches**



*Travaux
routiers*

Remblais

**Cendres
volantes
humides**

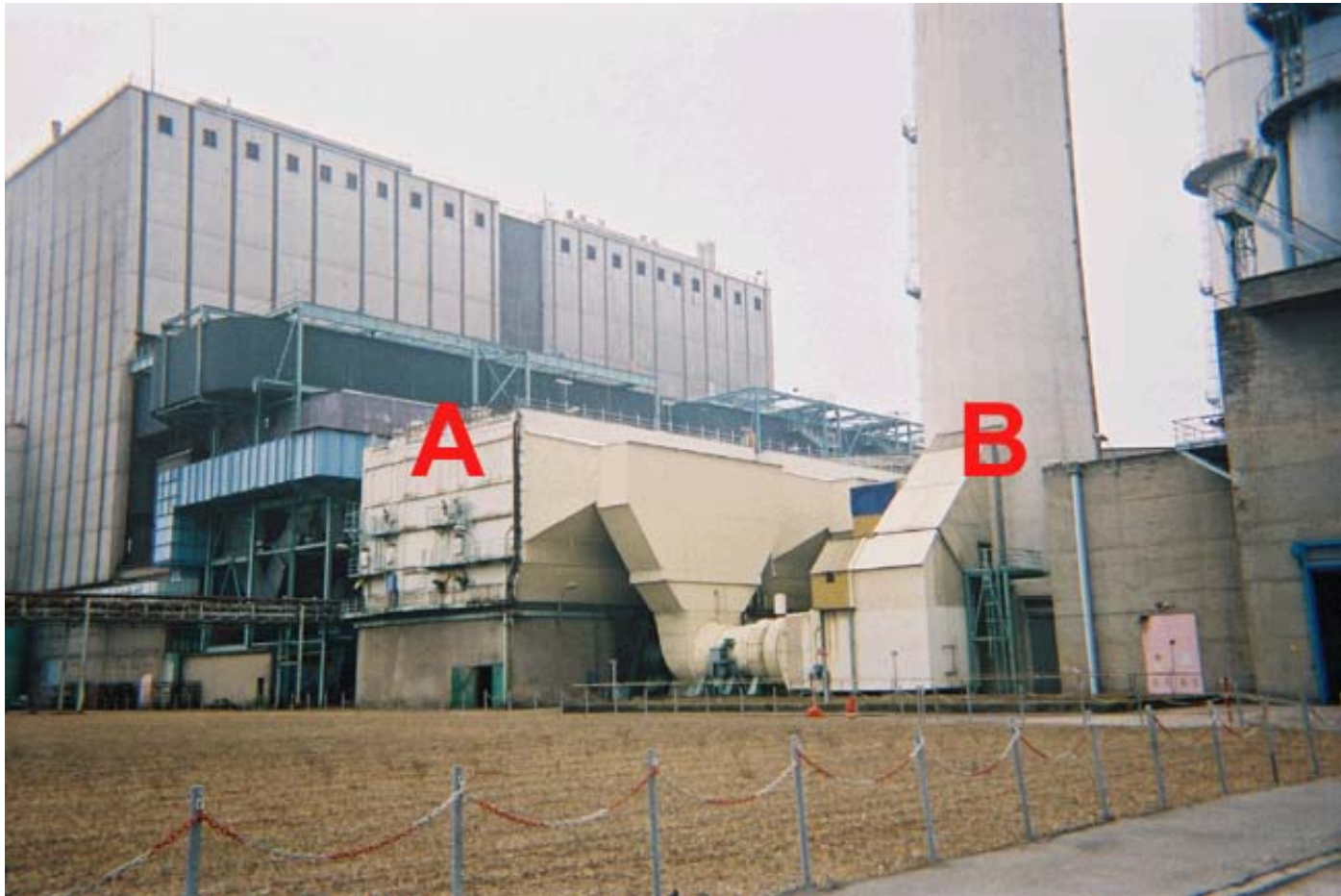


Béton

*Matériaux de
construction*

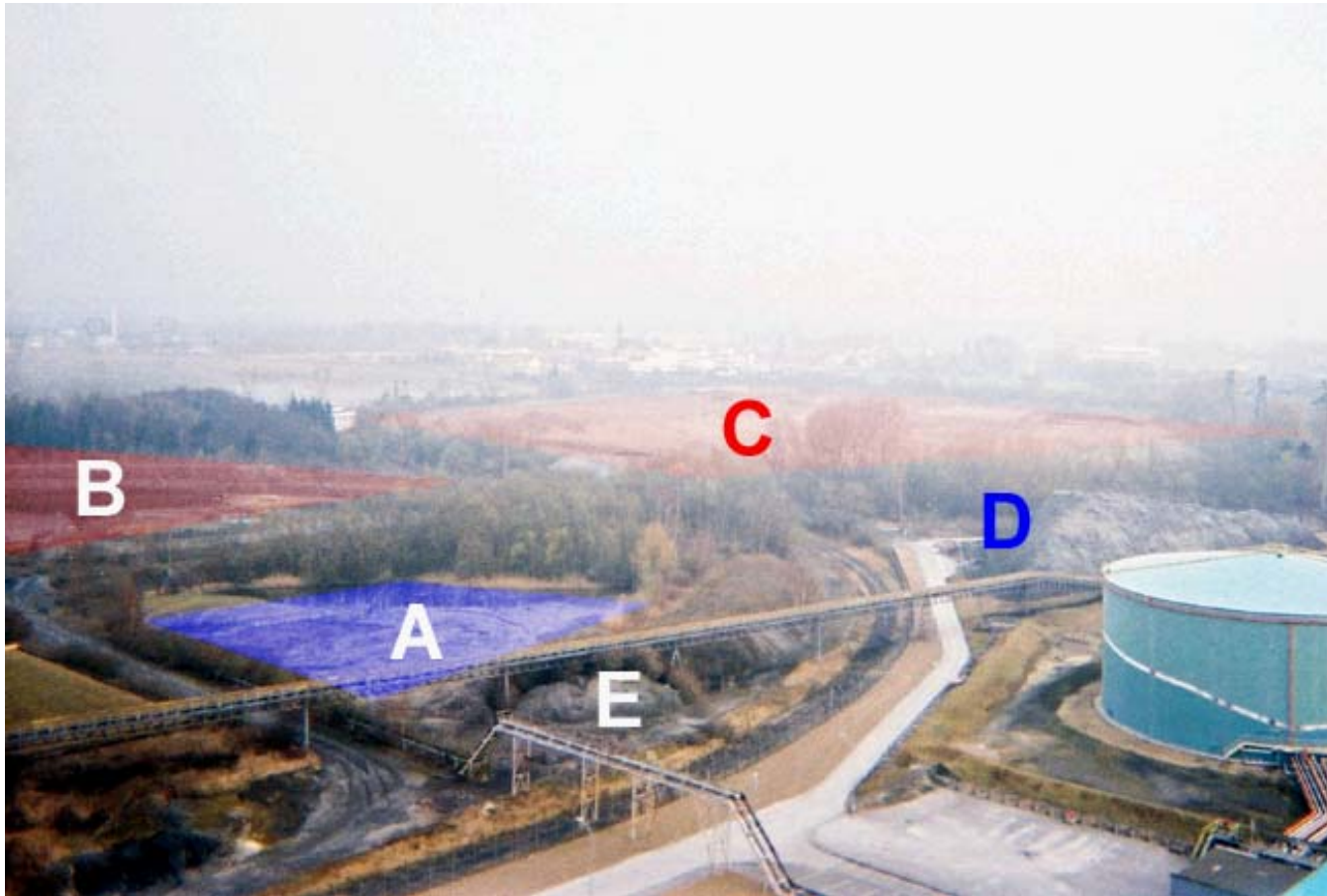
CENTRALE THERMIQUE AU CHARBON (1)

Zone de production des cendres



Arrière-plan Bâtiments Chaudières ; **A** Dépoussiéreurs/Trémies ; **B** Cheminée ; **Droite** Silos
Centrale thermique au charbon de Champagne-sur-Oise (EDF)

CENTRALE THERMIQUE AU CHARBON (2) Zone d'entreposage des cendres



A, B: Anciens bassins ; **C:** Bassin en activité ;
D: Terril de cendres volantes en cours de reprise ; **E:** Terril de cendres de foyer
Centrale thermique au charbon de Champagne-sur-Oise (EDF)

EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES

Voies d'exposition

- ❑ **IRRADIATION EXTERNE**
 - Calculs avec Microshield v5 (*auto-atténuation de la source, écrans de protection*)
- ❑ **INHALATION DE POUSSIÈRES**
 - Empoussièrement effectif de l'air 10 mg.m^{-3} (*Limite réglementaire française pour les poussières inertes*)
 - Coefficients de dose (*ICRP 68, faible solubilité*)
- ❑ **INHALATION DE RADON**
 - Calcul du taux d'exhalaison (*fraction d'émanation, coefficient de diffusion effectif*)
 - Calcul de la concentration de radon à l'air libre (*modèle RESRAD*)
- ❑ **INGESTION et CONTAMINATION DE LA PEAU**
 - *Négligées*

SOURCES & SITUATIONS D'EXPOSITION

Centrales thermiques au charbon (1)

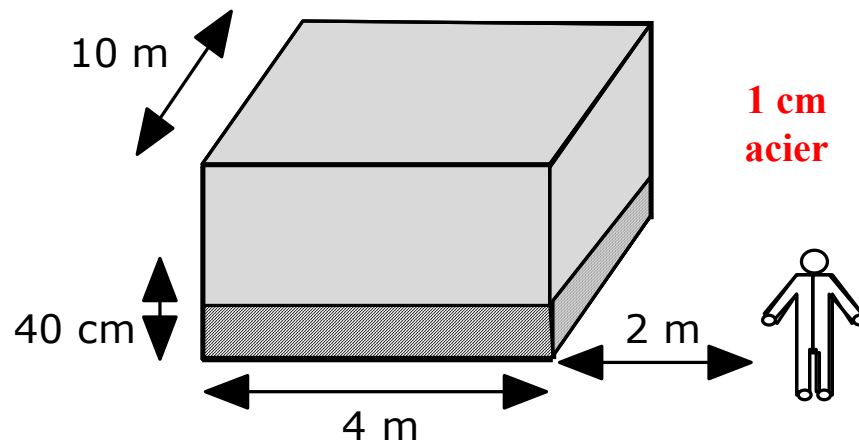
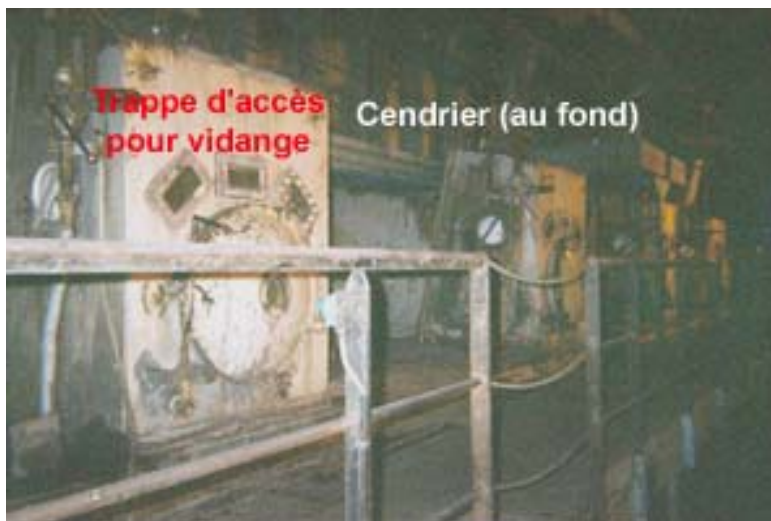
- ❑ **CENDRIER**
 - Récupération périodique des cendres de foyer (*en face du cendrier*)
- ❑ **DEPOUSSIÈREURS ELECTROSTATIQUES**
 - Opérations de maintenance (*à l'intérieur des dépoussiéreurs*)
- ❑ **TREMIES SOUS DEPOUSSIÈREURS**
 - Rondes de surveillance (*dans la salle des trémies*)
 - Opérations de maintenance (*à côté des trémies*)

SOURCES & SITUATIONS D'EXPOSITION**Centrales thermiques au charbon (2)**

- ❑ **SILOS DE CENDRES VOLANTES**
 - Humidification des cendres volantes (*à côté du silo*)
 - Chargement des camions-bennes (*sous le silo*)
- ❑ **CAMIONS DE CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES**
 - Chargement des camions-bennes (*à côté du camion*)
 - Transport vers le terril (*dans la cabine du camion*)
 - Déchargement des camions-bennes sur le terril (*à côté du camion*)
- ❑ **TERRIL DE CENDRES VOLANTES**
 - Déchargement des camions-bennes sur le terril (*à côté du camion*)
 - Nivellement du terril et chargement des camions-bennes (*dans véhicule sur le terril*)

RECUPERATION DES CENDRES DE FOYER

Cendrier

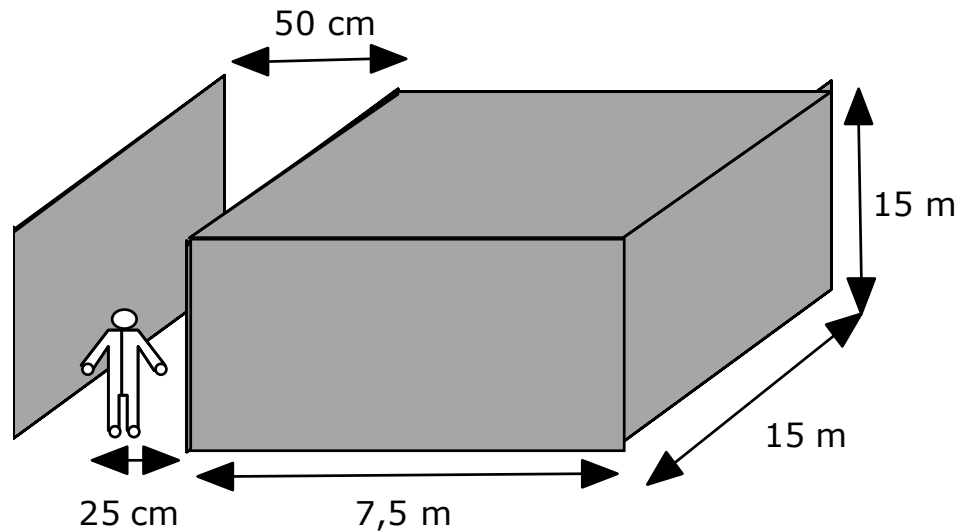


Irradiation externe

2 h / récupération toutes les 24 h ; 3/8 ; 178 postes/an ; < 356 h/an pour un rondier

MAINTENANCE DES DEPOUSSIEREURS ELECTROSTATIQUES

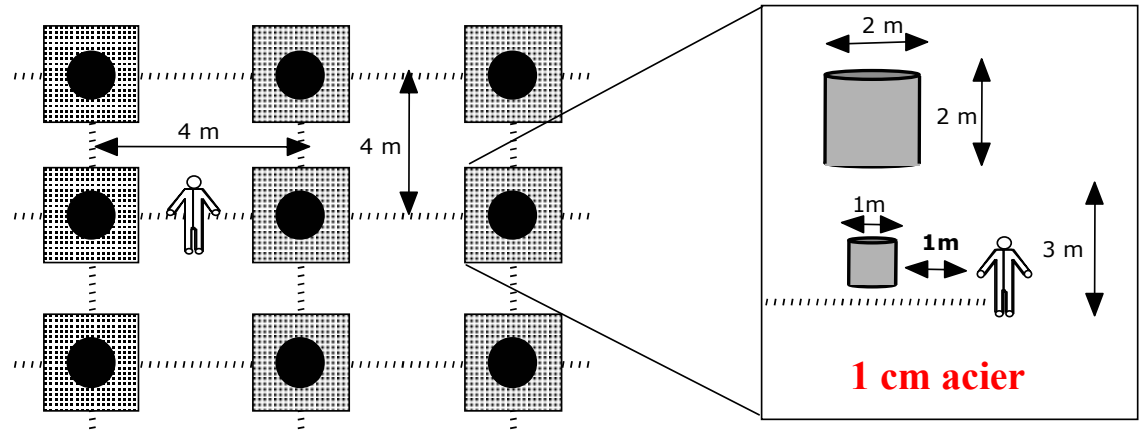
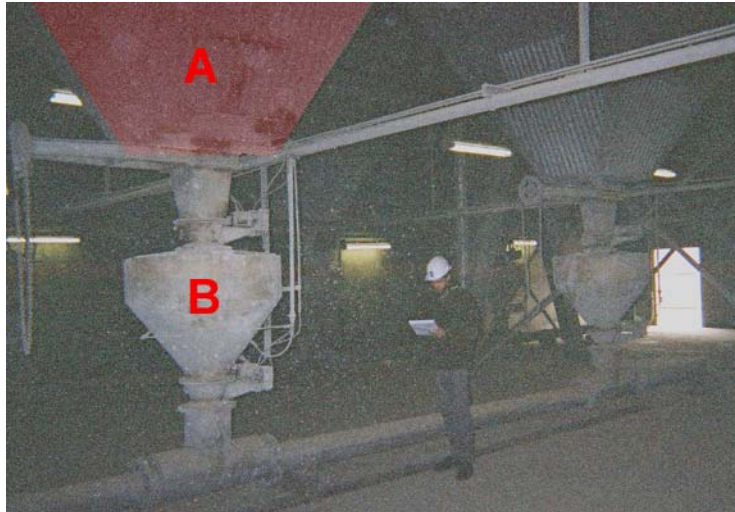
Dépoussiéreurs électrostatiques



Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg.m⁻³)
*files : 4 h/mois ; plaques : 40 h/an ; j ; < 88 h/an pour un **électricien***

SURVEILLANCE DES TREMIES SOUS DEPOUSSIEREURS

Trémies sous dépoussiéreurs

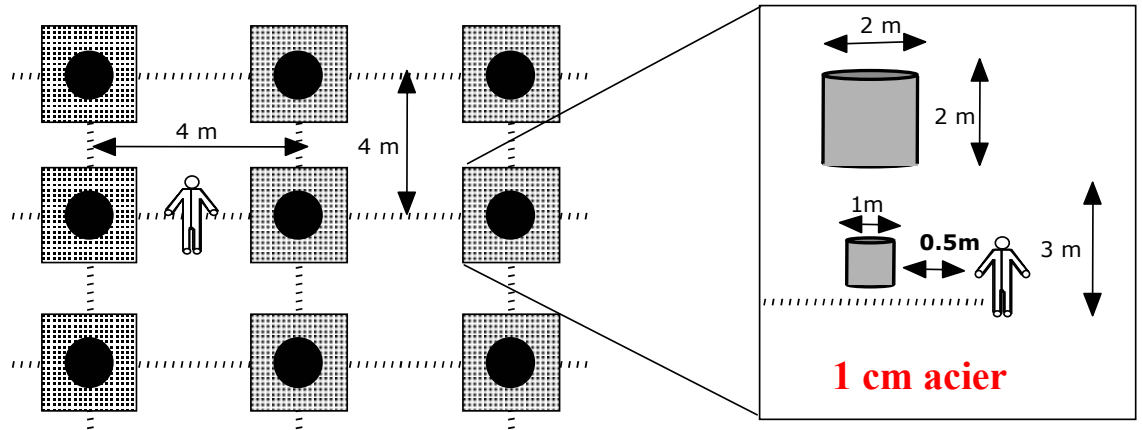
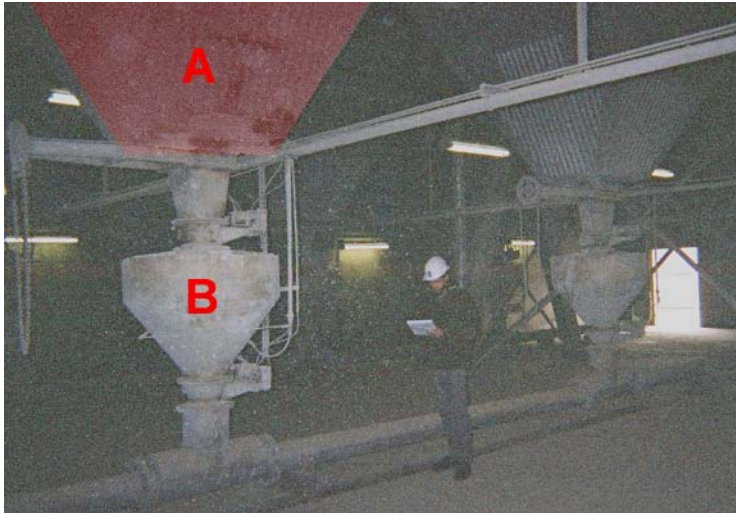


Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg.m⁻³)

10 min/ronde ; 2 rondes/poste de 8h ; 3/8 ; 178 postes/an ; < 60 h/an pour *un rondier* 12

MAINTENANCE DES TREMIES SOUS DEPOUSSIEREURS

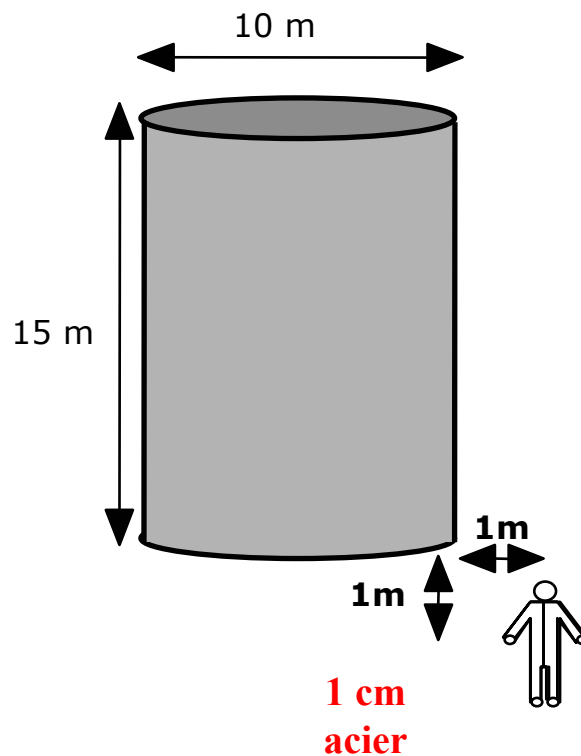
Trémies sous dépoussiéreurs



Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg.m⁻³)
 80 h /an ; 2/8 ; < 40 h/an pour **un chaudronnier**

HUMIDIFICATION DES CENDRES VOLANTES

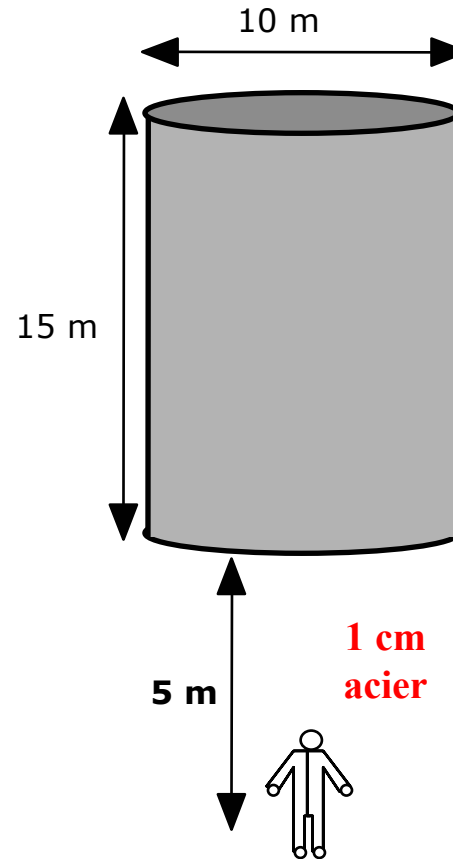
Silos de cendres volantes



**Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg.m^{-3});
*1/2 h/camion ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 80 h/an pour un agent de manutention***

CHARGEMENT DES CAMIONS DE CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES (1)

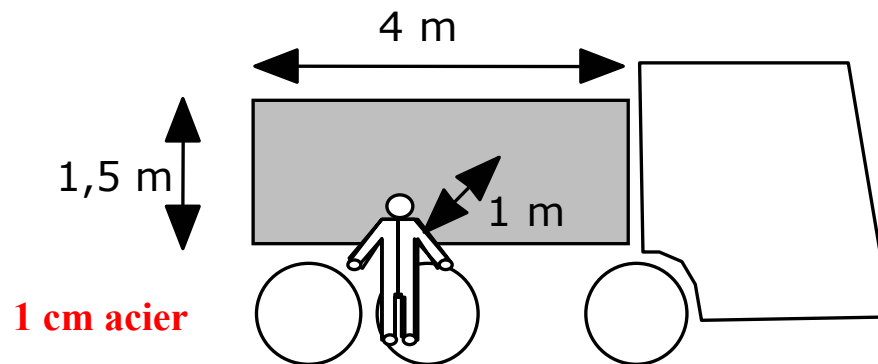
Silos de cendres volantes + *Camion de cendres volantes*



**Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg/m³);
1/2 h/camion ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 80 h/an pour *un conducteur de camion***

CHARGEMENT DES CAMIONS DE CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES (2)

Silos de cendres volantes + **Camion de cendres volantes**

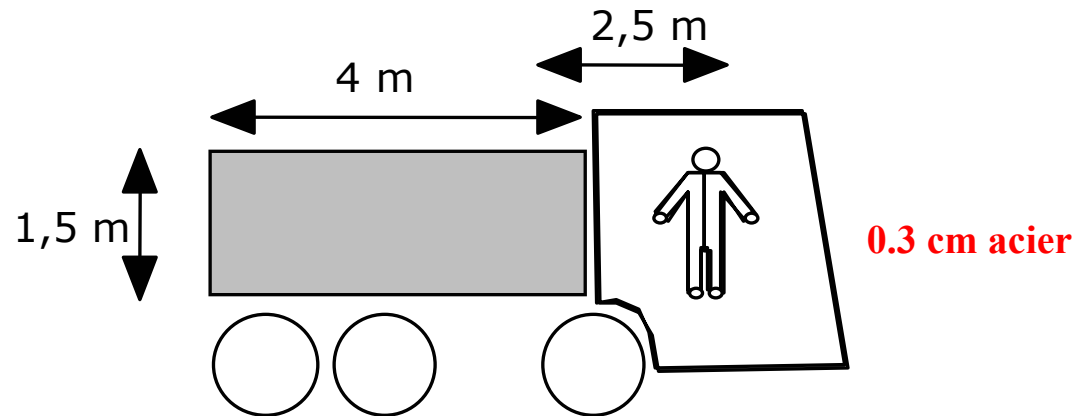


Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg/m³)

1/2 h/camion ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 80 h/an pour un conducteur de camion

**TRANSPORT VERS LE TERRIL DES
CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES**

Camion de cendres volantes

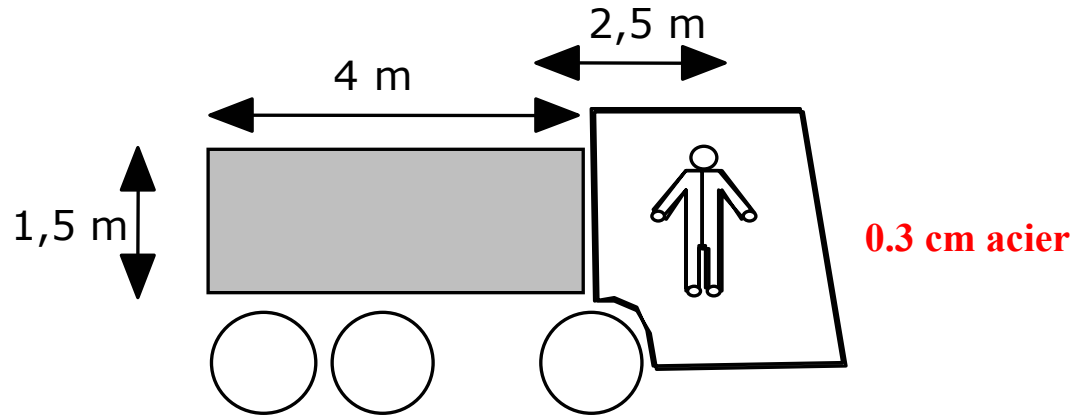


Irradiation externe

*1/4 h/trajet ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 40 h/an pour **un conducteur de camion***

**DECHARGEMENT DES CAMIONS DE
CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES (1)**

Camion de cendres volantes + *Terril*

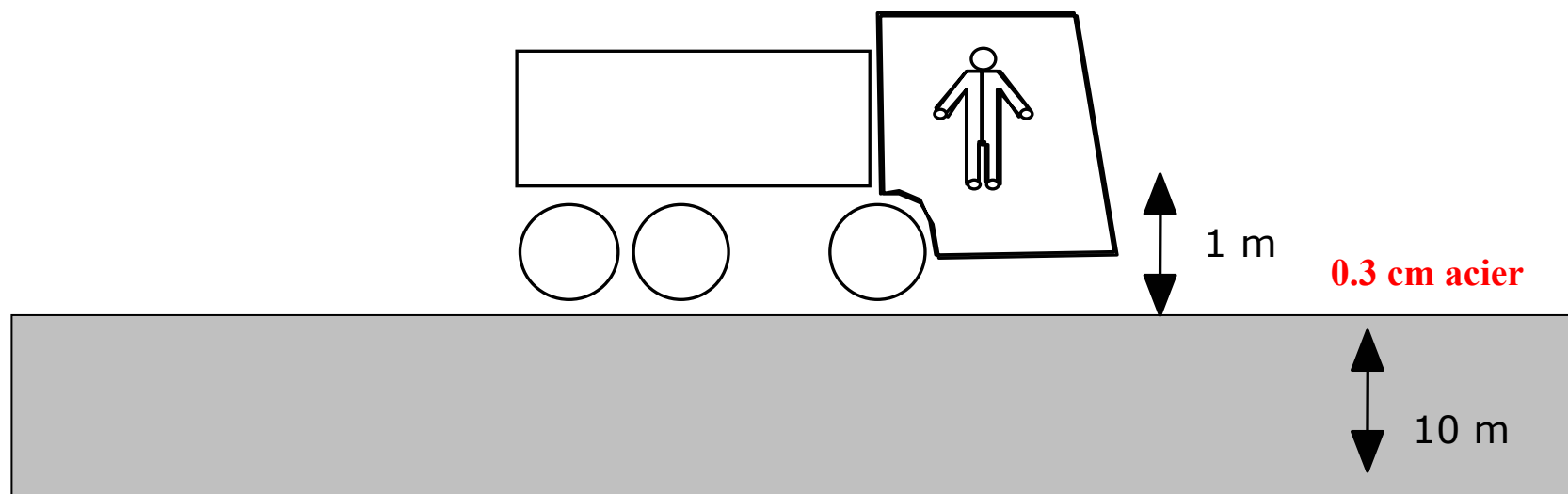


Irradiation externe

1/4 h/déchargement ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 40 h/an pour un conducteur de camion ¹⁸

DECHARGEMENT DES CAMIONS DE CENDRES VOLANTES HUMIDIFIEES (2)

Camion de cendres volantes + Terril

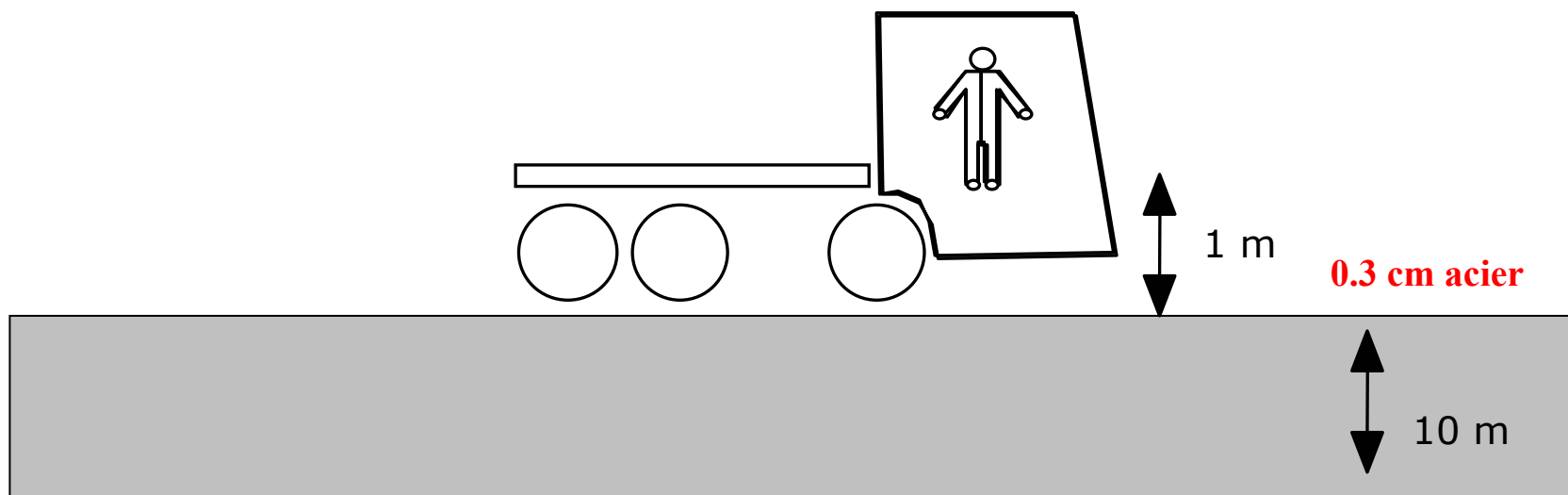


Irradiation externe

*1/4 h/déchargement ; 4 camions/j ; 40 j/an ; j ; 40 h/an pour un conducteur de camion*¹⁹

TRAVAUX SUR TERRIL

Terril



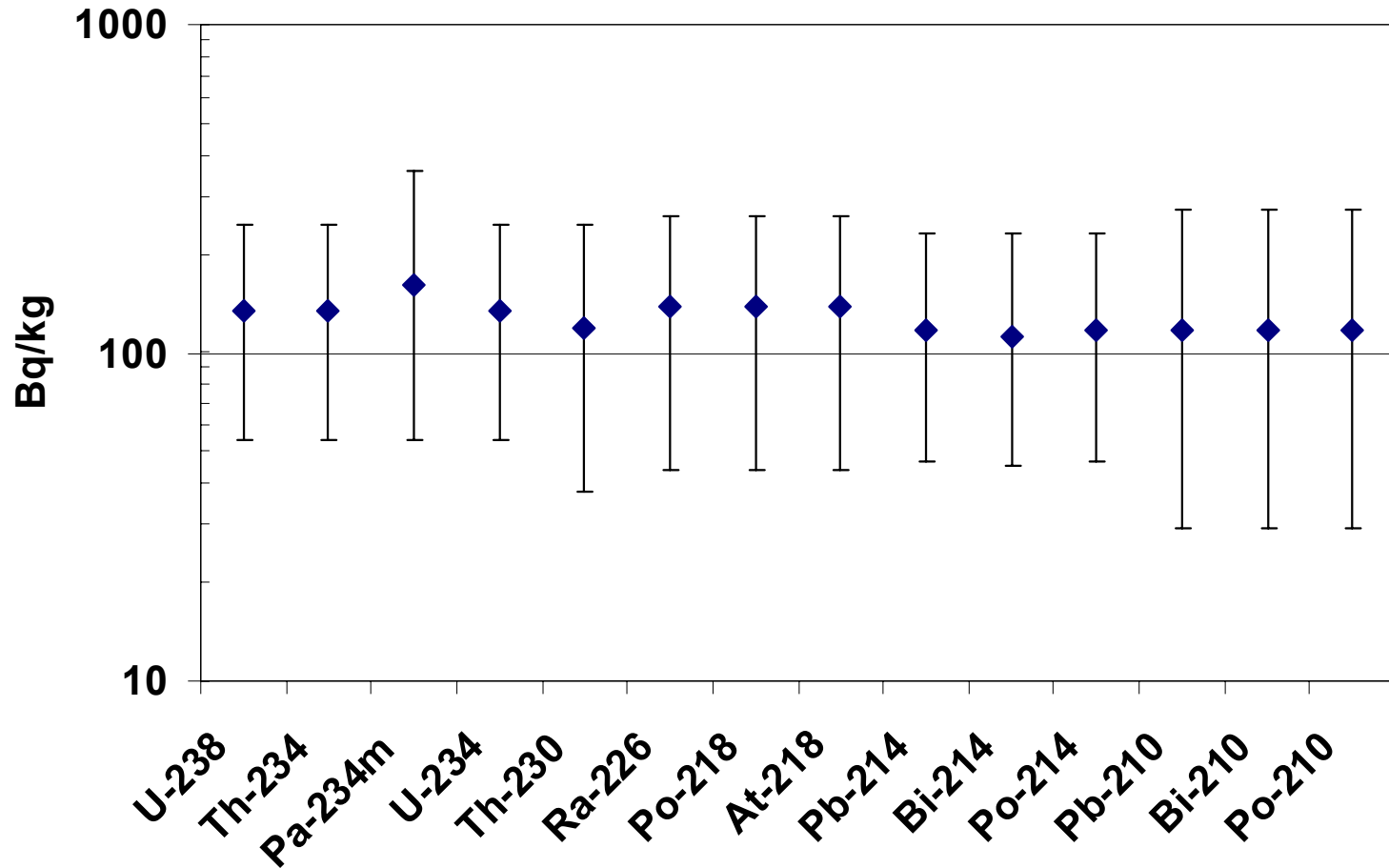
Irradiation externe ; Inhalation de poussières (10 mg.m^{-3}) ; Inhalation de radon j ; 1600 h/an pour *un opérateur de terril*

SCENARIOS D'EXPOSITION INDIVIDUELLE

Résumé

Scénario d'exposition	Situation d'exposition	Exposition collective (h/an)	Exposition individuelle (h/an)	Externe	Poussière	Radon
Rondier	Récupération cendres de foyer	356 (3/8)	356*	➔	-	-
	Ronde dans salle des trémies	180 (3/8)	60	➔	➔	-
Chaudronnier	Maintenance dans salle des trémies	80 (2/8)	40	➔	➔	-
Electricien	Maintenance dans dépoussiéreurs	88 (j)	88	➔	➔	-
Agent de manutention	Humidification des cendres volantes	80 (j)	80	➔	➔	
Conducteur de camion-benne	Chargement des cendres humidifiées	80 (j)	80	➔	➔	
	Transport vers terril	40 (j)	40	➔	➔	
	Déchargement sur terril	40 (j)	40	➔	➔	➔
Opérateur de terril	Travaux sur terril	1600* (j)	1600	➔	➔	➔

ACTIVITE SPECIFIQUE DES CENDRES VOLANTES (1)
Chaîne U-238

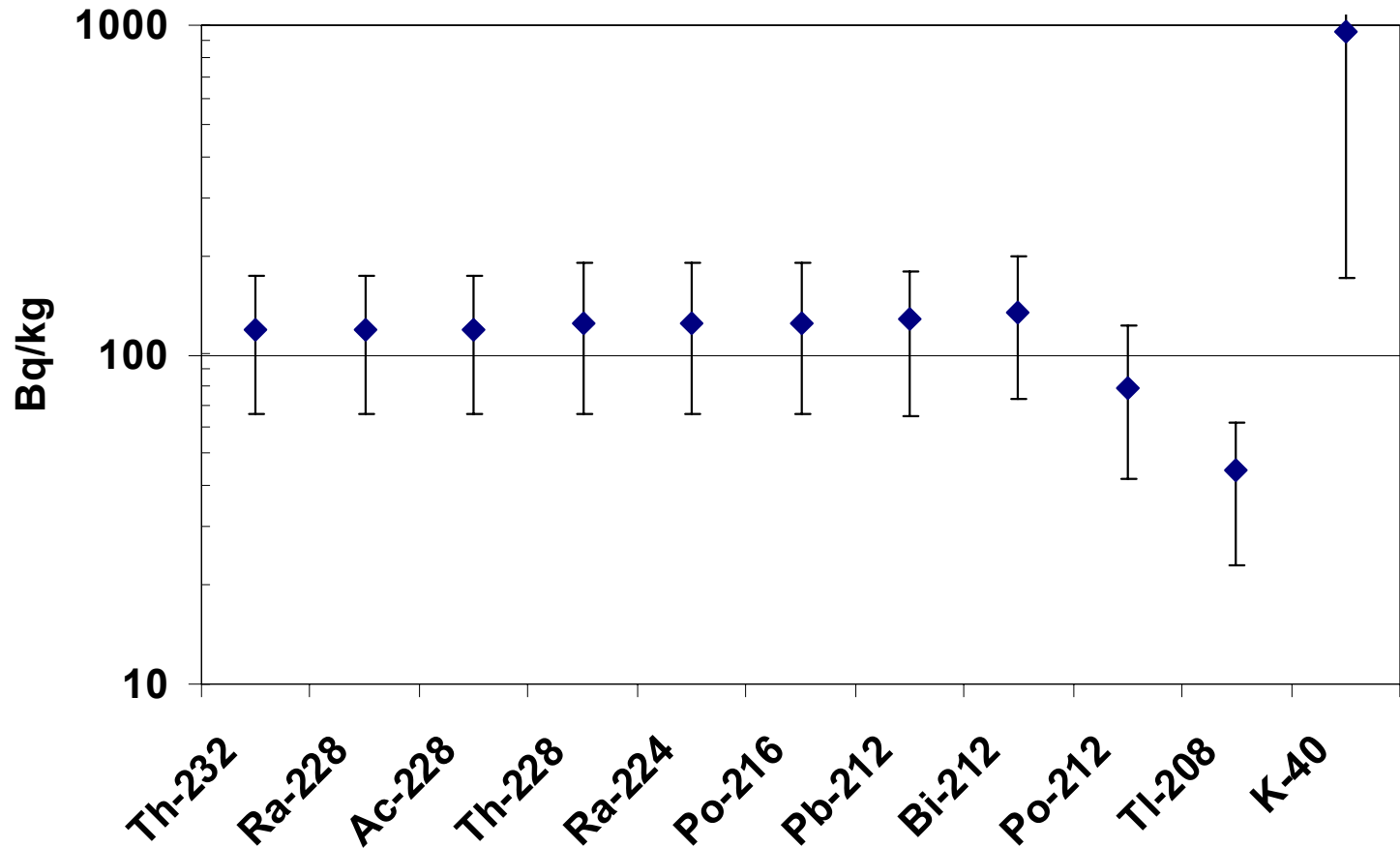


Chaîne U-238 \approx 100 Bq/kg

Moyenne et valeurs min/max de 20 échantillons de cendres volantes

ACTIVITE SPECIFIQUE DES CENDRES VOLANTES (2)

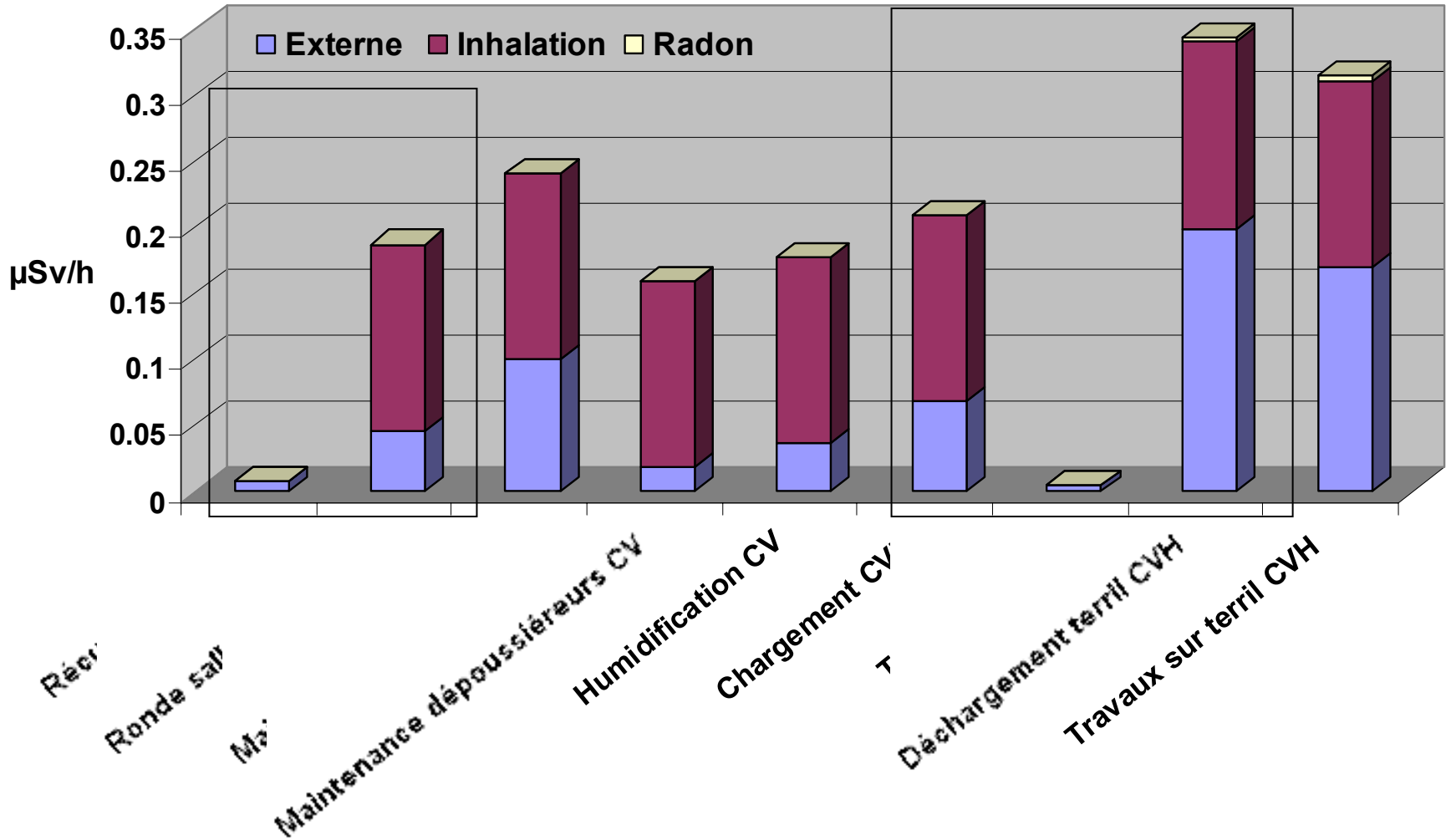
Chaîne Th-232 et K-40



Chaîne Th-232 \approx 100 Bq/kg ; K-40 \approx 1000 Bq/kg
Moyenne et valeurs min/max de 20 échantillons de cendres volantes

EVALUATION DES SCENARIOS (1)

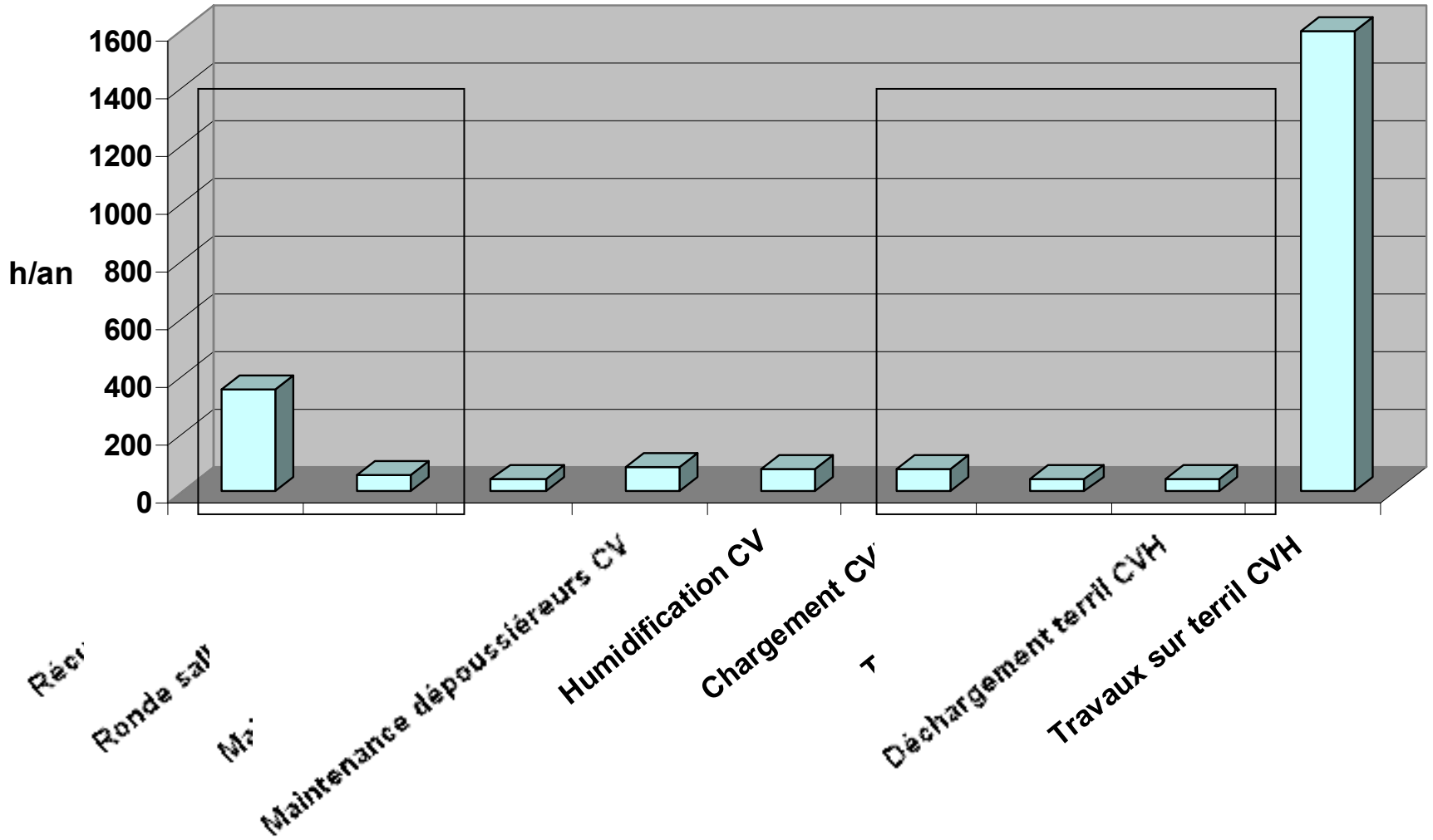
Débits de dose



Cendres volantes d'activité massique moyenne

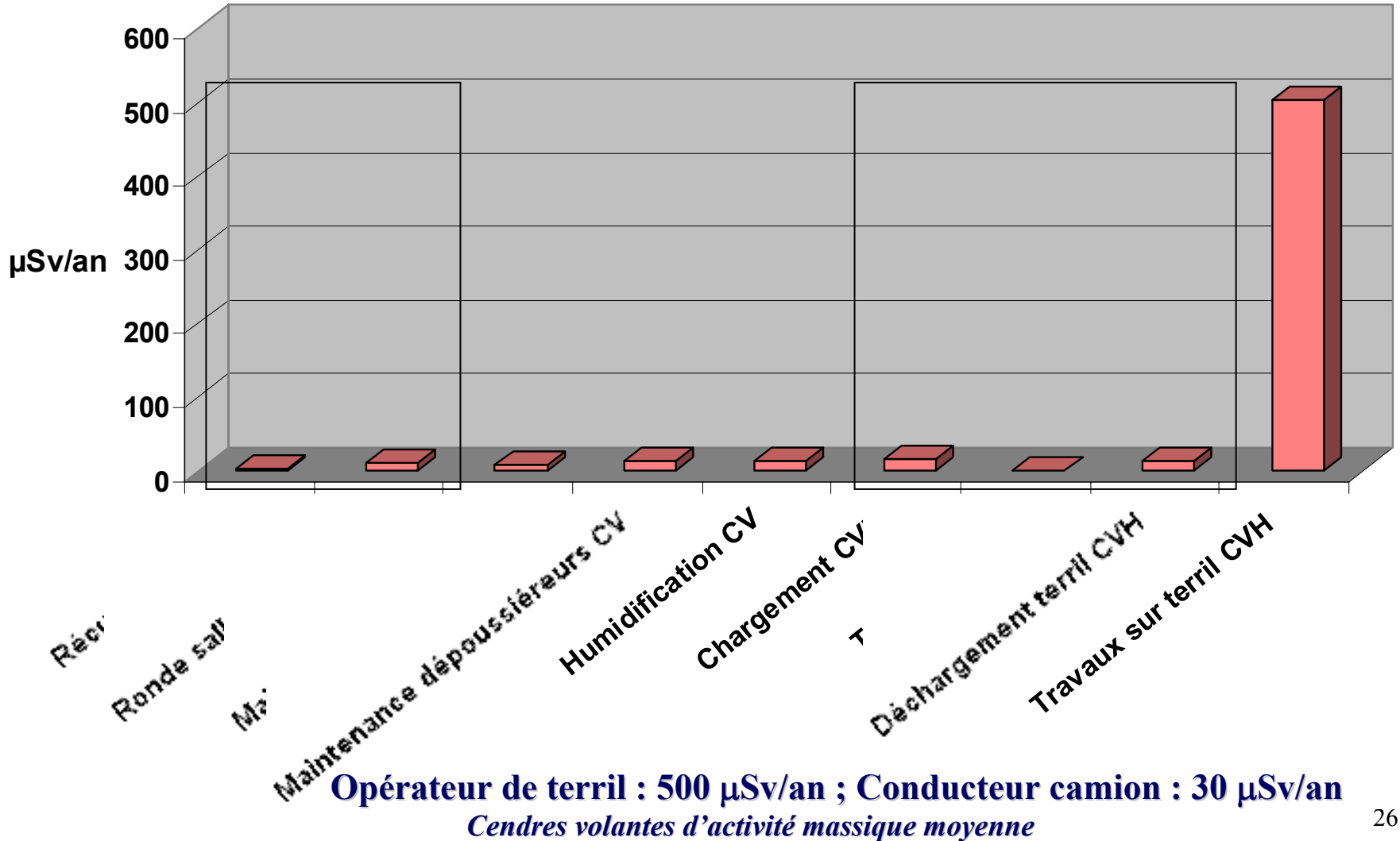
EVALUATION DES SCENARIOS (2)

Durée d'exposition individuelle annuelle



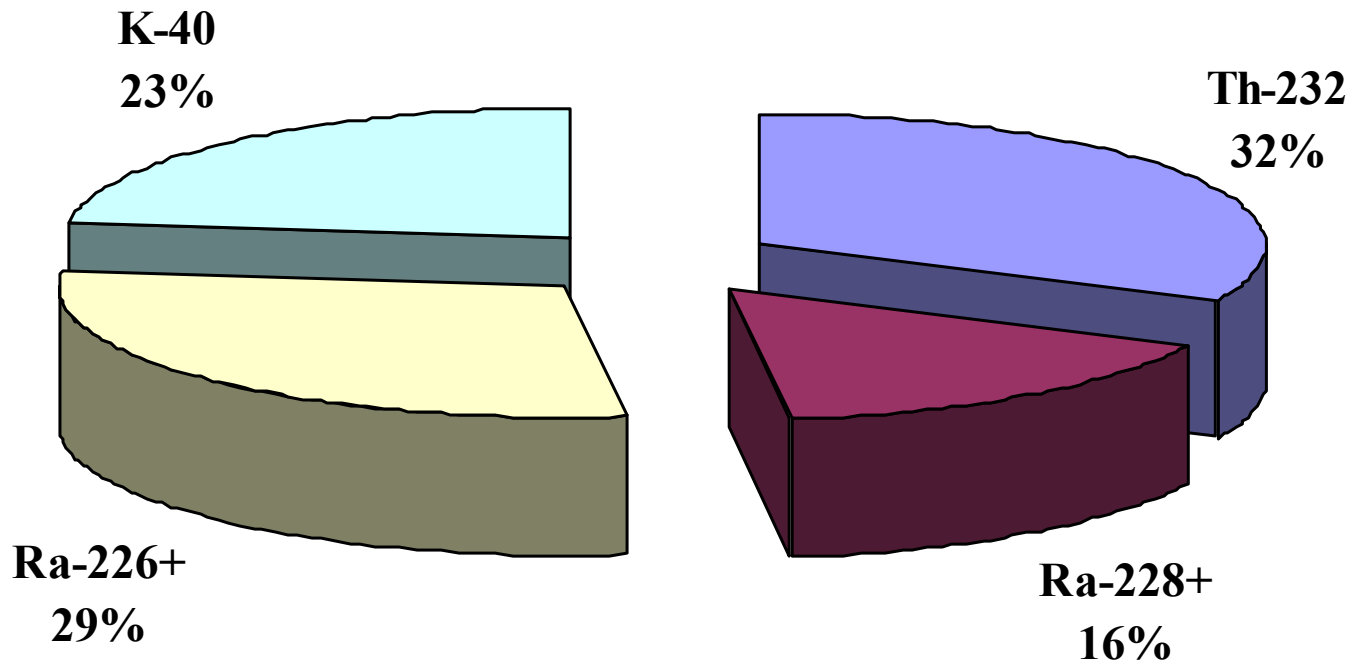
EVALUATION DES SCENARIOS (3)

Doses individuelles annuelles



CONTRIBUTION DES RADIONUCLEIDES AUX DEBITS DE DOSE (1)

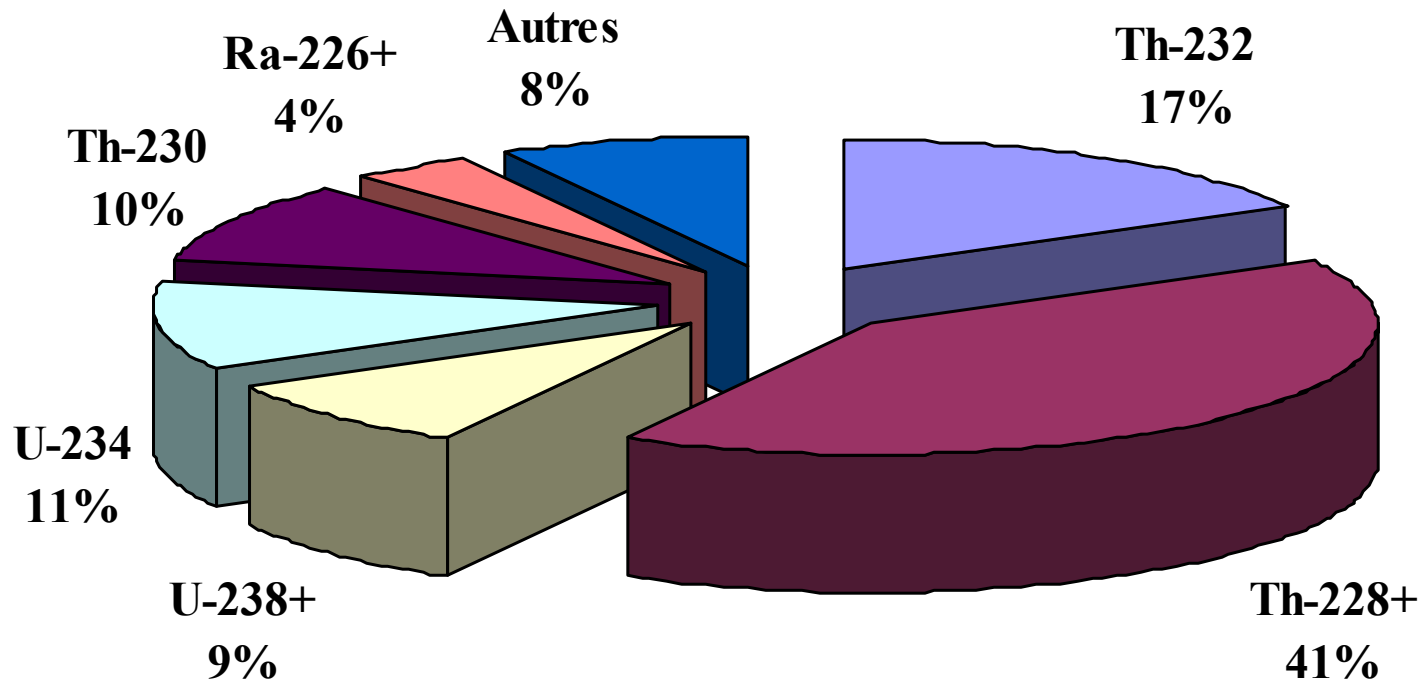
Irradiation externe



Chaîne Th-232 : 48% ; Chaîne U-238 : 29% ; K-40 23%

Cendres volantes d'activité massique moyenne

**CONTRIBUTION DES RADIONUCLEIDES
AUX DEBITS DE DOSE (2)
Inhalation de poussières**



Chaîne Th-232 : 58% ; Chaîne U-238 : 34%

Cendres volantes d'activité massique moyenne

ANALYSE DE SENSIBILITE (1)**Tous scénarios****❑ ACTIVITE SPECIFIQUE DES CENDRES VOLANTES**

⇒ Les doses individuelles restent < 1 mSv/an, même pour des cendres volantes de “valeurs-hautes” d’activité massique (*valeurs maximales parmi les 20 échantillons analysés*)

❑ DUREE D’EXPOSITION INDIVIDUELLE ANNUELLE

⇒ Estimée de façon conservative (*un seul opérateur exposé pour la vidange du cendrier ; temps plein pour l’opérateur de terril*)

❑ EMPOUSSIEREMENT DE L’AIR

**Limite réglementaire française pour les poussières inertes
(10mg/m³)**

⇒ **Semble être une estimation très conservative**

ANALYSE DE SENSIBILITE (2)**Travaux sur terril****❑ CONTRIBUTION DU RADON**

⇒ Peut être négligée

❑ DIMENSIONS DU TERRIL

⇒ Pas d'effet significatif (si rayon >20 m et épaisseur $>0,4$ m)

❑ DISTANCE A LA SOURCE

⇒ Pas d'effet significatif

❑ EPAISSEUR D'ACIER

⇒ 0,3 cm à 0,6 cm : réduction de 30%

CONCLUSION

- ❑ **Expositions radiologiques professionnelles associées aux cendres volantes dans les centrales thermiques françaises au charbon estimées < 1 mSv/an**
(activités massiques maximales parmi les 20 échantillons de cendres volantes analysés)
- ❑ **Analyse de sensibilité : identification des paramètres les plus importants**
 - **Activité massique des cendres**
 - **Durées annuelles d'exposition**
 - *Très conservatives*
 - **Empoussièrement de l'air**
 - *Très conservatif*
 - Limite réglementaire française pour les poussières inertes
 - Inhalation : 45% de l'exposition individuelle la plus forte