



HSE
Radiation Protection

ATSR - 19 Septembre 2024

Libération des déchets technologiques produits au CERN

Jean-Baptiste Potoine, Renaud Charousset, Gerald Dumont, Matteo Magistris, Nabil Mena, Paolo Giunio Pisano, Christian Theis

Radiation Protection Group
European Organization for Nuclear Research (CERN)
1211 Geneva 23
Switzerland.

EDMS 3161011 v.1

Le CERN - Un complexe d'accélérateurs



Fig. Source de protons [0]



Fig. Vue aérienne du complexe du CERN [1]



Fig. Source de plomb [2]

Le CERN – composants activés

- Energies d'activation de **160 MeV** à près de **7 TeV**.
- **Activés** par spallation, capture de neutrons, etc.
- **Principalement émetteurs β -, γ -** .
- Grande variété de radionuclides (RN).
- **Contamination très limitée.**
- **Quantités limitées de liquides activés** ou contaminés.



Le CERN – Cadre réglementaire

Accord tripartite RS-RP:

- Accord entre le **CERN**, la Suisse (**OFSP**) et la France (**ASN**) en matière de sûreté radiologique et radioprotection:
 - Impact environnemental
 - Impact sur les travailleurs
 - Dosimétrie
 - Matériels radioactifs
 - **Déchets radioactifs**
 - Transport
 - Déclaration d'événements

Élimination des déchets radioactifs :

- L'accord tripartite établit que les déchets radioactifs du CERN doivent être éliminés dans les deux Etats hôtes « **en conformité avec leur législation nationale [...] selon filières techniquement et économiquement les plus avantageuses** ».
- Répartition équitable suivi selon des indicateurs d'**activité**, de **radiotoxicité** et de **coûts**.



Fig. Première page de l'accord tripartite [3]

Le CERN – Répartition équitable

Classe	Description
Déchets Candidats à la Libération. CL	Libération comme déchets conventionnels en Suisse conformément à l'Ordonnance sur la radioprotection suisse (ORaP) [4].
Déchets Très Faiblement Actifs. TFA	Elimination pour stockage en surface en France tel que défini dans les critères d'acceptation du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (CIRES) de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA).
Déchets de Faibles et Moyennes Activités à Vies Courtes. ¹ FMA-VC	Elimination pour stockage en surface en France , tel que défini dans les critères d'acceptation du Centre de Stockage de l'Aube (CSA) de l'ANDRA.
Déchets de Faibles Activités et Moyennes Activités. FA-MA	Elimination pour stockage en Suisse des Déchets FMA (selon la classification de l'AIEA) qui ne correspondent pas aux critères d'acceptation du CSA de l'ANDRA.



Genève, Suisse



Les 2 centres de stockage ANDRA, Aube, France



Entrepôt fédéral de stockage intermédiaire, PSI, Würenlingen, Suisse

¹Vies-courtes : De périodes radioactive inférieures à 31 ans.

Le CERN – Critères de libération inconditionnelle

- **Cadre réglementaire** : Ordonnance suisse sur la radioprotection du 26 avril 2017 (**ORaP**), RS 814.501 qui suit la norme de sûreté de l'AIEA, Application des concepts d'exclusion, d'exemption et d'autorisation, n° RS-G-1.7.
- **Transposé dans les règles RP du CERN.**
- Chacun des **trois critères** suivants doit être respecté avant de déclarer une matière anciennement radioactive comme non radioactive :

➤ **H*(10) à 10 cm < 0.1 µSv/h**

➤ **Contamination surfacique (a_s , Bq/cm²) < limit (CS):**

$$\sum_{i=1}^n \frac{a_{si}}{CS_i} < 1$$

➤ **Activité spécifique (A, Bq/g) < Limite de Libération (LL) :**

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{LL_i} < 1$$

Le CERN – Projets de libération

Libération par projet:



Fig. Ponts roulants



Fig. Déchets métallique du LEP

Libération par filières:



Fig. Filtres de ventilation



Fig. Déchets technologiques



Fig. Cuves plastique ayant contenu de l'eau tritiée



Fig. Câbles irradiés

Déchets technologiques - Origine

Compositions:

- Les déchets technologiques comprennent les combinaisons, les surchaussures, les gants, les masques de protection, les lingettes, etc. Ils sont utilisés en zones règlementées RP.
- Ces déchets ne sont **pas directement activés**, mais sont **contaminés par des poussières et des fragments** provenant de composants d'accélérateurs activés lors des travaux de maintenance et de démantèlement au CERN.



Fig. Stockage des déchets technologiques au CERN.

Déchets technologiques – Critères de sélection



Fig. Radiographie de sacs de déchets.

Critères physiques de sélection:

- Pas de fragments métalliques de plus de 3 cm et >5% du volume du sac de déchets détectés par radiographie.
- D'expérience, les déchets ne doivent pas provenir d'installations manipulant des sources non scellées ou d'expériences où une contamination par des nucléides émetteurs alpha est possible.
- Pas de liquides ni de conteneurs de liquides.

Déchets technologiques - Critères de validation

Méthode de validation radiologique:

- Le débit de dose au contact doit être inférieur à $30 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1}$ (l'exigence légale est $<100 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1}$ à 10 cm).
- La contamination de surface doit être inférieure à $0,4 \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ d'équivalent Co-60 sur la surface externe du sac à déchets.
- Somme des fractions des limites de libérations suisse (LL_{sum}) <1 :

$$\sum \frac{A_i}{LL_i} \leq 1$$

Méthode de caractérisation:

- La **spectrométrie gamma** a été jugée **inadaptée** en raison des **longs temps de comptage** nécessaires pour ramener les activités minimales détectables à des limites acceptables pour la libération, mais elle a été **conservée à des fins de contrôle** de la qualité et de vérification de l'inventaire radiologique.
- L'approche de la caractérisation consiste à utiliser un **compteur gamma total** avec des **vecteurs de nucléides conservateurs (spectre type)**.



Fig. Mirion Technologies RTM644Inc large clearance monitor

Déchets technologiques – Etude de caractérisation

ActiWiz :

- Outil basé sur le code de calcul Monte-Carlo FLUKA, développé au CERN pour estimer les radionucléides produits par différents scénarios d'activations.
- Utilisé sur **les déchets technologiques** pour estimer les radionucléides produits par **700 scénarios d'activation** dans les tunnels: 5 différentes énergies/moments, 7 emplacements d'irradiation, 5 temps d'attente, 4 durées d'irradiation.



Fig. Logo de FLUKA CERN [6]

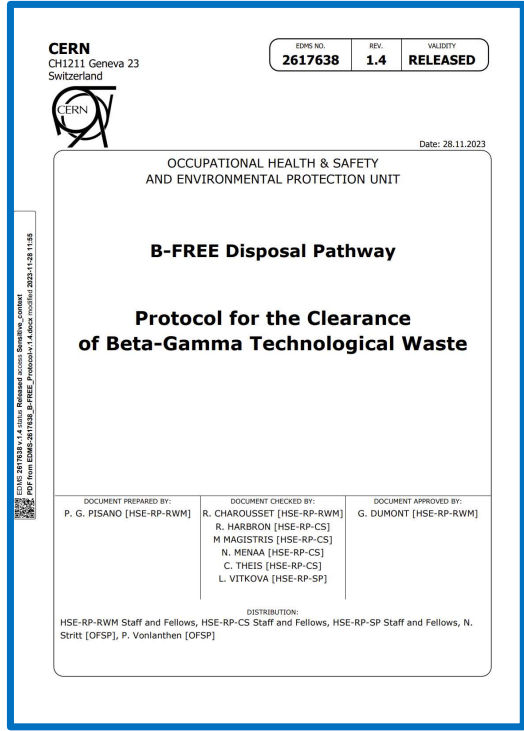


Fig. Logo d'Actiwiz [7]

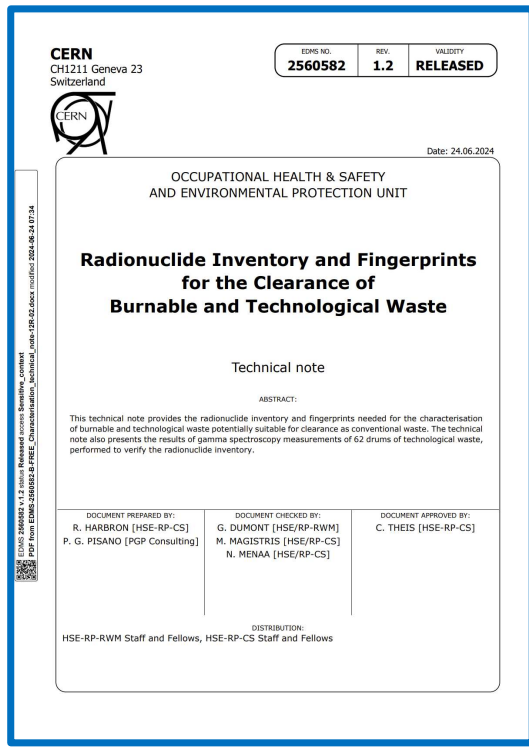
Spectre type :

- Le spectre type est définie comme les nucléides nécessaires pour atteindre 90 % de la somme des fractions de limites de libération ainsi que les RN contribuant à 99% du signal, les activités étant renormalisées pour atteindre une somme de 100 %.
- Les spectre type sont définies pour chaque type de matériaux activés et pour trois périodes d'attente : [6m; 3a], [3a; 10a], [10a; 30a].
- La LL_{sum} d'une panrière est calculee sur la base du spectre type correspondant au **scenario le plus pénalisant**.

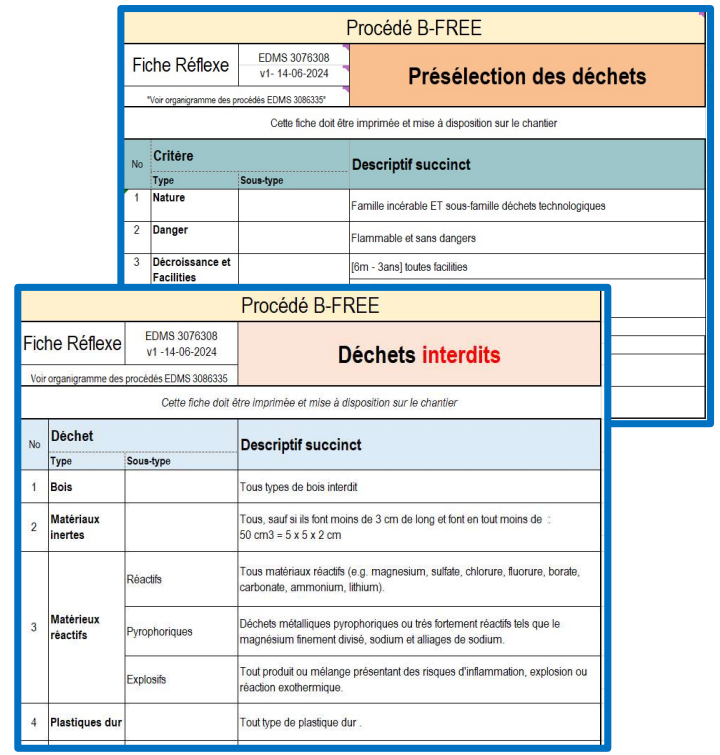
Déchets technologiques - Documentation



Protocole détaillant le procédé opérationnel et les mesures radiologiques.




Note de caractérisation détaillant la méthodologie ainsi que les "fingerprints".



Fiches réflexes mise à disposition des opérateurs.

Déchets technologiques - Documentation



FICHE TECHNIQUE		
Analyse radiologique des armoires de libération RADOS		
Date : 14/12/2023		EDMS : 2823640 v1.1
Rédigé par : R. Charousset	Vérifié par : F. Aberle, N. Mena	Approuvé par : N. Mena
Objectifs		
L'objectif de cette fiche technique est de définir les opérations spécifiques pour les mesures de libération et de lister les vecteurs à utiliser pour le comptage des caisses de déchets radioactifs dans armoires de libération RADOS suivantes : RTM644inc SN 40, RTM661/440inc SN 167 et RTM661/440inc SN 134.		
Cette fiche précise également la nomenclature des machines RADOS.		
<ul style="list-style-type: none"> • B-FREE <ul style="list-style-type: none"> EDMS 2560582 v1.0: "Radioactive waste (B-FREE project)" 		
Qualité		
Noms des vecteurs à enregistrer dans les machines RADOS avec leurs FOM. L'acronyme FTV1 est utilisé pour référencer dans les noms des vecteurs RADOS		
Composition des vecteurs utilisés EDMS 2823640		
En cas de range de dates sur plusieurs périodes, prendre la période avec la "FOM" la plus élevée.		
→ B-Free : <ul style="list-style-type: none"> ○ BF_6m-3y_FTV1 (FOM=27.9) ○ BF_3y-10y_FTV1 (FOM=20.6) ○ BF_10y-30y_FTV1 (FOM=32.8) 		

1/2

FICHE TECHNIQUE - Analyse radiologique des armoires de libération RADOS
 EDMS 2823640 v.1.1 status Released access Sensitive_context
 PDF from EDMS-2823640_v1.1_Fiche_Tech_PP_Rados.docx modified 2024-05-03 07:57

Fiche RADOS détaillant les opérations spécifiques de libération avec le compteur gamma total.

MAC - Checklist colis B-FREE

(EDMS 3035166 v1.0)

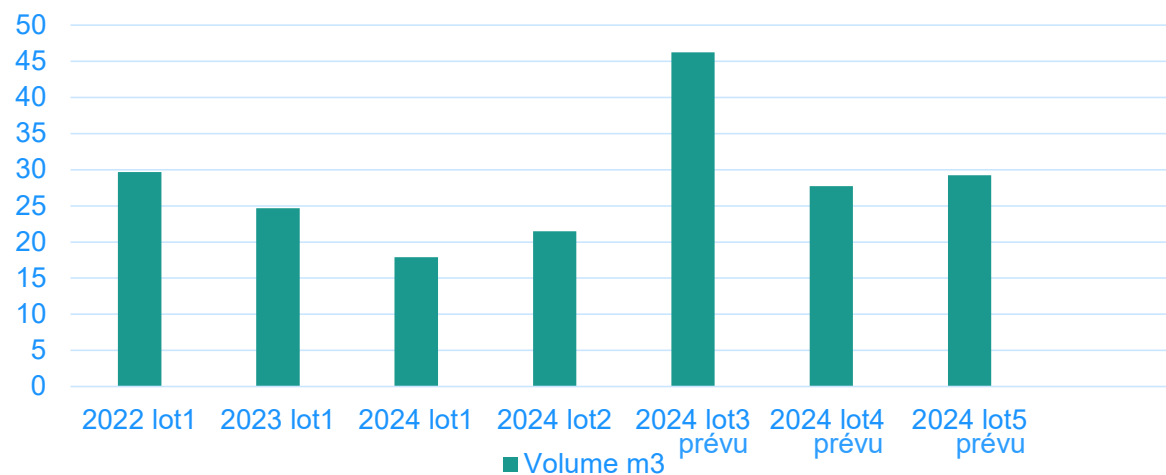
Décroissance :		6m-3y <input type="checkbox"/>	6m-10y <input type="checkbox"/>	6m-30y <input type="checkbox"/>	Id. TREC du colis : HCPW/PNGOO___T300_____	
		3y-10y <input type="checkbox"/>	3y-30y <input type="checkbox"/>	10y-30y <input type="checkbox"/>	Code déchet : CR-	
Facility :		avec Linac_2 <input type="checkbox"/>		sans Linac_2 <input type="checkbox"/>		Masse brute (kg) :
						Commentaires :

No	VERIFICATION	Opérateur		Superviseur		Opérateur		Superviseur		OBSERVATIONS
		OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	
QC 1										
1	Masse brute renseignée sur cette fiche et vérifiée dans TREC.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					Si écart, repeser le colis et modifier en conséquence
2	RPA RADOS lancée dans TREC.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
3	Colonnes "MAC_RWPP" du fichier <Eliminations_CL.xmlsm> renseignés et absence d'indicateurs rouge -> passer le colis en statut "contrôlé".	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					Fichier disponible sur le CERNOBOX de la section (45-Elimination)
Date, visa et signature										
QC 2.1 (analyse RADOS)										
3	Absence d'indicateurs rouge sur les colonnes "MAC_RWPP" du fichier <Eliminations_CL.xmlsm>.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Checklist colis détaillant la traçabilité de chaque colis de déchets.

Filière des Déchets technologiques: Résumé de la filière.

Volumes de déchets technologiques libérés [m3]



8.7 Tonnes / 197 m3

Notre filière d'élimination des déchets technologiques est fonctionnelle et exploitée.



Filière des Déchets technologiques: Intégration des déchets amiantés

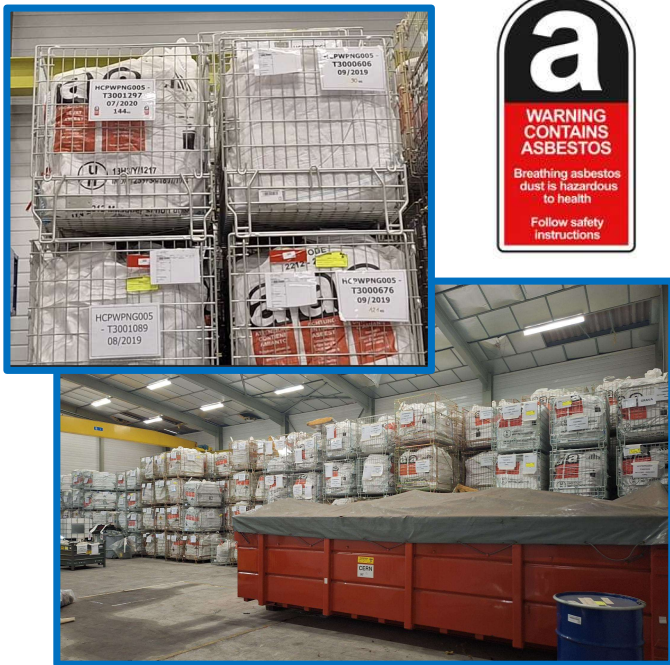


Fig. Stock de 350 m³ d'amiante contenant principalement des candidats TFA.

Déchets amiantés :

- 80 m³ d'EPI provenant de campagnes de désamiantages en zones règlementées.
- Les spectres type calculés pour l'amiante active sont moins pénalisants que ceux des déchets technologiques.
- **Challenge de ces déchets:** ils sont emballés dans des big-bags, eux même dans des caisses grillagées, très contraignant à ouvrir ou à faire passer à la machine à rayon X.
- **Le risque amiante prédomine sur le risque radiologique.**
- Autorisation de libération des autorités:
 - Rigueur des chantiers de désamiantage -> **risque faible d'avoir des déchets interdits**
 - Gamma spectrométrie sur un lot pilote -> **validation des résultats du compteur gamma total**
 - Élimination en décharge et non en incinération -> **risque d'exposition du personnel et du public limité**

¹Sur 8400 scénarios d'activation représentatif

Filière des Déchets technologiques: Intégration des isolants multicouches

Isolant multicouches (MLIs):

- Les MLIs sont constituées de **couches alternées de plastique revêtues d'aluminium** et de mailles fines. Ils sont utilisés pour réduire les pertes de chaleur dans les applications cryogéniques du CERN.
- Dans le cadre d'une campagne spécifique, 2 tonnes furent libérées en 2017. En 2024, le CERN stocke **20 m³** (~4 tonnes) de MLI candidats à la libération.
- **Spécificité des déchets:** Les spectres type utilisés en 2017 prenaient en compte l'activation de l'aluminium uniquement.
- Autorisation de libération des autorités:
 - Les spectres type aluminium utilisés dans la campagne de 2017 sont moins conservateurs que ceux des déchets technologiques -> **les spectres type des déchets technologiques couvrent aussi les MLIs**



Fig. Zoom sur l'intérieur d'un isolant multicouche [8]

Conclusion



Fig. Incinérateurs CTDS à Genève [8]

Un procédé a été mis au point pour éliminer tout au long de l'année les déchets technologiques potentiellement contaminés produits au CERN.

Cette voie d'élimination a été récemment mise à jour pour inclure de nouveaux types de déchets grâce à une collaboration étroite avec les autorités suisses.

De nouvelles voies d'élimination sont en cours de créations, avec notamment de nouvelles méthodologies de caractérisation innovante (cf Présentation A. Gomez).

Références

- [0] Picture Cern shop
- [1] Common picture cds.cern.ch
- [2] Common picture cds.cern.ch
- [3] EDMS accord tripartite
- [4] Ordonnance du 26 avril 2017 sur la Radioprotection (ORaP), Conseil fédéral suisse, état au 1er janvier 2022, 814.501.
- [5] Limites de libération des matières radioactives au CERN, réf. EDMS 942170
- [6] <https://fluka.cern>
- [7] Vincke H, Theis C. ActiWiz 3 - une vue d'ensemble des derniers développements et de leur application. J. Phys : Conf. Ser. 1046 012007 (2018)
- [8] Wikipedia





www.cern.ch



HSE
Radiation Protection

