

Un outil de gestion pour une soute commune à déchets radioactifs

Gaëlle Rolland ¹

Résumé. Une soute commune à déchets radioactifs est un lieu fixe de stockage de déchets mais également un lieu de mouvements, avec des dépôts réguliers et des enlèvements par une filière appropriée. Elle doit répondre à de nombreux critères de sécurité et de réglementations qui concernent en premier lieu la protection des travailleurs qui interviennent dans le bâtiment, mais aussi le bâtiment en lui-même et les déchets qu'il contient. Le Centre Inra de Montpellier a choisi une gestion mutualisée de sa soute à déchets radioactifs. Un outil de gestion approprié a été développé au cours des 13 années d'utilisation de cette soute. L'outil a d'abord été conçu pour assurer le suivi et la traçabilité des mouvements de déchets et partager facilement ces informations avec les utilisateurs et les administrateurs pour la gestion quotidienne et pratique des déchets. L'outil est aujourd'hui capable d'assurer la traçabilité et le respect des réglementations en matière de détention de radioéléments, de confinement de déchets ou de radioprotection. Il est également assez souple pour intégrer les évolutions fréquentes de la réglementation. Au fil du temps, cet outil est devenu complet, fiable, évolutif et partagé.

Mots clés : déchets radioactifs, radioéléments, soute commune, radioprotection, personnes compétentes en radioprotection, traçabilité.

Introduction

Les laboratoires de recherche, utilisant des radioéléments pour leurs expérimentations, sont soumis à des demandes d'autorisation de détenir des radioéléments. Ces autorisations sont accordées par l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire) et doivent être renouvelées régulièrement. L'utilisation de la radioactivité a toujours été réglementée et les laboratoires, par le biais des PCR (personnes compétentes en radioprotection) sont soumis à des obligations réglementaires suivant les principes de radioprotection, selon l'évolution du code du travail, en matière de formation de personnel, de surveillance des zones de travail, de suivi médical des utilisateurs, de traçabilité [1,2,3]. Pour le stockage des déchets radioactifs, le Centre Inra Occitanie-Montpellier / Montpellier SupAgro (Campus de La Gaillarde) a fait le choix d'une soute à déchets commune aux Unités manipulant des radioéléments. La gestion quotidienne de cette soute s'est d'abord faite par la mise en place d'un fichier Excel simple qui, au fil des années, s'est enrichi pour devenir un réel outil de gestion des déchets radioactifs. Il nous semblait intéressant de partager plus largement cet outil qui intègre des aspects aussi divers que le respect de l'évolution de la réglementation en matière de déchets nucléaires [4], la traçabilité, la répartition des coûts, la qualité et pouvant servir aussi bien pour la gestion de déchets que pour l'utilisation d'une pièce commune au sein d'une Unité ou d'un Centre. Après une présentation de la soute à déchets radioactifs commune du Centre et des textes qui la régissent, nous ferons une description détaillée des différents onglets du fichier de gestion de la soute qui met en lumière tous les aspects réglementaires et organisationnels que nous avons mis en place.

Une soute commune à déchets radioactifs

Le choix d'une soute commune

L'utilisation de radioéléments en sources non scellées génère des déchets de deux types : des radioéléments dont la demi-vie est inférieure à 100 jours qui sont gérés en décroissance puis éliminés par les filières de déchets chimiques après contrôle et des radioéléments dont la demi-vie est supérieure à 100 jours qui sont éliminés par l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs). Ces deux types de déchets doivent être

¹ LEPSE, Inra, 2 place Viala, 34060 Montpellier, France
gaelle.rolland@inra.fr

Gaëlle Rolland

stockés avant leur élimination. Faisant le constat que chaque Unité avait des lieux de stockage parfois inadaptés suite aux évolutions de réglementation des années 2000, le Centre Inra Occitanie-Montpellier / Montpellier SupAgro a fait le choix en 2005 de construire une soute à déchets commune répondant aux contraintes réglementaires. En effet, chaque Unité ne générerait individuellement qu'un assez faible volume de déchets et de façon ponctuelle sur l'année. La mutualisation au sein d'une même soute a permis de créer un groupe de travail dynamique impliquant les PCR du Centre et le Service Prévention. Cette mise en commun a eu de nombreux avantages, comme de permettre de réaliser des enlèvements de déchets réguliers (un à deux par an), de partager les coûts d'enlèvement et de fonctionnement entre utilisateurs mais aussi de traiter de situations complexes grâce à la mobilisation du groupe. Cette soute est gérée depuis le départ en collaboration avec le Service Prévention du Centre et un responsable nommé au sein du groupe PCR. Les Unités utilisatrices restent responsables des déchets déposés en soute jusqu'à leur enlèvement et les coûts d'enlèvement sont répartis au prorata des dépôts de chaque Unité. Réglementairement, chaque Unité utilisatrice de la soute ayant des déchets en attente d'enlèvement en reste « propriétaire » et doit pouvoir fournir individuellement aux autorités compétentes le suivi et les contrôles qui sont fait sur leurs déchets.

Les documents qui règlementent la soute

La convention de gestion de la soute commune de déchets radioactifs du Centre

Cette convention a pour objet de définir et de formaliser les responsabilités des utilisateurs de la soute commune à déchets. Elle est établie entre les Unités utilisatrices dans le cadre d'une cogestion contrôlée par le Service Prévention du Centre et placée sous l'autorité du président de Centre. Par la signature de cette convention, les directeurs d'Unités, représentés par leur PCR, s'engagent à respecter rigoureusement les modalités de fonctionnement de cette soute. Elle décrit les conditions d'accès à la soute, définit les responsabilités de chacun, les modalités financières (enlèvement, fonctionnement, entretien du bâtiment), les règles d'animation et de sanction.

Le plan de gestion des déchets et effluents radioactifs du Centre

Ce document réglementaire [4] décrit le type de déchets produits et les radioéléments utilisés, le mode de tri, de conditionnement et de transfert, la traçabilité et les différentes dispositions d'élimination, la description de la soute et ses caractéristiques de construction et enfin les dispositifs de surveillance et de radioprotection.

Les règles de fonctionnement de la soute à déchets radioactifs du Centre

Ce document décrit de façon concrète le fonctionnement de la soute et la description des bonnes pratiques pour préparer et réaliser un dépôt. Il récapitule comment réaliser le tri des déchets en amont et comment les conditionner pour le transport vers la soute. Il récapitule également les règles de dépôt dans les différents contenants, le mode de traçabilité, l'utilisation des équipements de protection, le devenir des déchets et enfin la procédure à suivre en cas d'incident ou d'accident.

La lettre de mission du coordonnateur de la soute

Le coordonnateur de la soute est missionné par le Président de Centre et ses fonctions sont décrites dans une lettre de mission. Son rôle est de veiller au respect des règles définies dans la convention de gestion de la soute à déchets radioactifs du Centre et de coordonner les enlèvements de déchets vers l'Andra.

Les principales activités du coordonnateur sont :

- d'organiser des dépôts communs : contact des PCR, aide au ramassage des déchets, mise à jour du registre et compte-rendu des incidents ;
- de surveiller le remplissage des bidons et de le consigner : poids ou volume déposé, Unité,

Le Cahier des Techniques de l'INRA 2018 (95)

radioélément, activité ;

- d'organiser les enlèvements de déchets : contact avec l'Andra, préparation des colis et documents, contrôles de radioprotection, répartition des coûts, mise à jour des registres ;
- de superviser le contrôle annuel externe réalisé par un organisme agréé ;
- de collaborer avec le Service Prévention sur le suivi des mises en conformité et d'informer de toute situation à risque ;
- d'assurer la coordination avec le Service Patrimoine et Architecture en cas d'intervention pour travaux.

Description de la soute

Cette soute est composée de deux parties (**Encadré 1**).

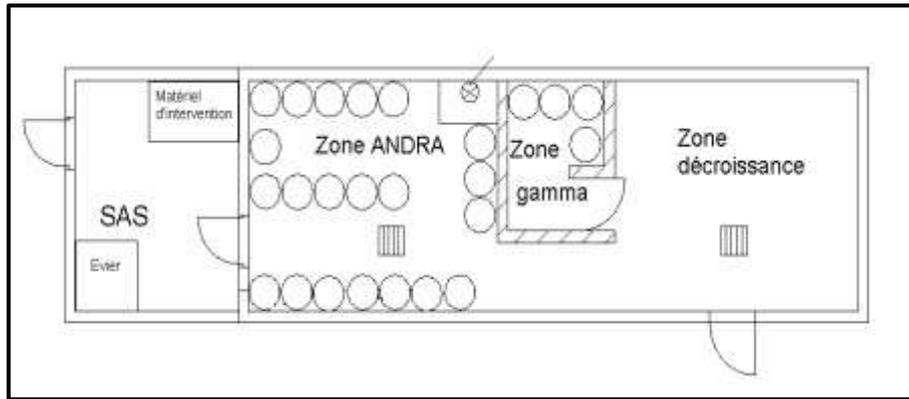
Un SAS, dit zone « froide », comprenant le registre d'entrée et de sortie des déchets, du matériel de protection (blouses, gants, sur-chaussures, papier absorbant), du matériel de contrôle (débitmètre, matériel pour frottis), une balance, les affichages réglementaires et un évier.

Une partie de stockage des radioéléments, dite « zone chaude », classée en zone surveillée [5, 6, 7] elle-même divisée en trois parties :

- une zone « Andra » où sont regroupés les déchets solides et liquides dans des fûts réglementaires en attente de leur enlèvement par l'Andra. Les radioéléments stockés ici sont le tritium (^3H), le Fer 55 (^{55}Fe) et le carbone 14 (^{14}C). Ils ont une demi-vie supérieure à 100 jours, une radiotoxicité faible à modérée et ces différents radioéléments sont compatibles entre eux pour la mutualisation des déchets. Les bidons de déchets liquides sont entreposés sur un bac de rétention et sous une hotte aspirante ;

- une zone « décroissance » où les Unités peuvent entreposer leurs déchets en décroissance. Les radioéléments entreposés ici sont le phosphore 32 et 33 (^{32}P et ^{33}P) et le soufre 35 (^{35}S). Ils ont une période de demi-vie inférieure à 100 jours et ont une radiotoxicité faible à modérée. Les fûts et bidons sont posés sur un bac de rétention. Ces déchets sont récupérés par les Unités après une période correspondant à 20 fois la demi-vie du radioélément pour contrôle et élimination ;

- une zone « Gamma », isolée par des murs plombés et fermée par une porte, où sont entreposés des déchets à rayonnement gamma. Nous nous servons de cette zone pour entreposer les déchets d'iode 125 (^{125}I) en décroissance. L'iode 125 ayant une radiotoxicité forte, nous l'avons isolé des autres radioéléments en décroissance pour que les utilisateurs de la zone décroissance ne soient pas exposés lors de leur dépôt. Cette zone est également équipée de bacs de rétention. Ces déchets sont récupérés par les Unités après une période correspondant à 20 fois la demi-vie de ce radioélément pour contrôle et élimination.



Encadré 1. Plan de la soute à déchets radioactifs.

Un outil indispensable pour la gestion des déchets de la soute

Pour gérer la soute à déchets, nous avons mis en place un fichier Excel qui permet de centraliser toutes les informations dont les utilisateurs ont besoin et d'assurer la traçabilité réglementaire nécessaire. Deux onglets y sont dédiés, l'onglet « Andra » et l'onglet « Décroissance ». Nous présentons dans cette partie ces deux onglets qui correspondent à la gestion des déchets déposés dans les différentes zones de la soute et qui ont chacun leur particularité.

Déchets à vie longue - Onglet « Andra »

Cet onglet « Andra » est la raison d'être première du fichier. Il est composé d'un grand tableau dont la partie gauche (Encadré 2) permet d'assurer la traçabilité du remplissage de chaque contenant. Ainsi chaque utilisateur sait précisément où sont ses déchets, dans quels contenants, quelles activités et quelles quantités ont été déposées. Lorsqu'un contenant est ouvert, il est rempli au fur et à mesure par les différents utilisateurs jusqu'à sa fermeture, sur des critères de volume, de poids ou d'activité. Lorsque plusieurs contenants sont pleins, le coordonnateur organise un enlèvement avec l'Andra.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	N° du contenant	Indication bidon complet Poids final (Kg), pH final, N° ANDRA	Unité ayant déposé	Nom de la personne ayant déposé	Radioélément déposé	Activité déposée en Bq	Date de dépôt	Forme liquide : volume en litre	Forme solide : poids en Kg	Type de déchet (ANDRA) : LA, SL, SLV, SI, SNI	SI : masse papier SL : volume scintillant LA : nature chimique
1											
2	B24	20	Unité 1	FB	C14	800000	07/03/2014	1.50		LA	eau + NaCl
3	B24	pH = 5	Unité 2	HB	C14	500000	17/06/2014	3.00		LA	eau
4	B24	N° ANDRA	Unité 2	HB	H3	500000	17/06/2014	2.00		LA	eau
5	B24		Unité 1	FB	C14	1570000	17/07/2014	10.00		LA	eau + sucres
6	B24		Unité 3	CC	Fe55	2000000	25/09/2014	4.00		LA	eau + NO3 + citrate
7	B24		Unité 1	FB	C14	750000	25/09/2014	3.50		LA	eau + sucres
8	B24		Unité 3	CC	H3	10000	25/09/2014	2.50		LA	eau

Encadré 2. Les colonnes A à K du tableau de l'onglet Andra permettent de collecter les données de chaque dépôt, radioélément par radioélément. Le nombre de ligne pour chaque contenant sera différent car il dépend du nombre de dépôt.

Chaque type de déchets doit répondre à des normes communes (date de péremption du contenant, poids maximal, activité massique ou volumique maximale, non contamination surfacique, activité de chaque radioélément, etc.) mais également à des normes spécifiques. Nous avons dans la soute cinq types de déchets différents à destination de l'Andra qui correspondent à différents critères physiques :

- des bidons de 30 L pour les liquides aqueux (L.A.) : pH, nature chimique,
- des fûts de 120 L de solides incinérables (S.I.) : % papier, nature des déchets, absence de contenants bouchés,

Le Cahier des Techniques de l'INRA 2018 (95)

- des fûts de 120 L de solides non incinérables (SNI) : sacs internes transparents, à limiter au maximum,
- des fûts de 120 L de scintillant liquide (SL) : proportion et marque du scintillant, volume total du scintillant,
- des fûts de 120 L de scintillant liquide verre (SLV) : flacons scintillation en verre avec un volume <20mL.

Dans la partie droite du Tableau (**Encadré 3**), des calculs semi-automatiques d'activité massique ou volumique sont faits et une conclusion sur la conformité du contenant est donnée (colonne U) suivant les normes du Guide d'enlèvement des déchets Andra [8].

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	Activité MAX en MBq/ kg (hors contenant) ou MBq / L	Poids contenants fut : 5,2 kg ou bidon 1,6 kg	Poids déchets kg ou Volume en L	Poids hors bidon	Activité totale Bq	MBq/Kg ou L	Conformité	Date gravée sur le bidon	Valide jusqu'en
1									
2	16	1,6	26,50	26,50	6190000	0,234	Conforme	2013	2017
3			Poids réel (Kg)						
4			29	27,4		0,226	Conforme		
5									
6									
7									
8									

Encadré 3. Les colonnes O à W du tableau sont utilisées pour s'assurer de la conformité du contenant.

Les cellules des colonnes O à W se remplissent automatiquement selon les critères rentrés dans les colonnes A à K. Le détail des formules employées est donné en **Annexe 1** jointe à la fin de cet article. Les deux cellules à remplir manuellement sont ici les cellules Q4 (poids réel du contenant après pesée) et la cellule V2 qui est la date gravée sur le contenant Andra. Les bidons sont en effet valables 4 ans à partir de leur date de fabrication. Après 4 ans l'Andra ne les reprend plus. Si des déchets ont été déposés dans un contenant dont la date est dépassée, il faut transvaser les déchets qu'il contient et le découper pour le mettre en déchets SNI. Ce critère est donc à surveiller de près.

A la création d'un nouveau contenant, il suffit de copier - coller la plage O2 à W4 incluant les formules, d'effacer les valeurs de Q4 et V2 et d'adapter le nombre de lignes prises en compte. Les calculs se feront automatiquement.

Au fil du temps, la réglementation des déchets repris par l'Andra a beaucoup évolué et cet onglet s'est enrichi de façon à rester en conformité avec ces évolutions réglementaires.

Un pense-bête récapitulatif est fait en bas de page de l'onglet (**Encadré 4**). En effet, il est important de respecter les spécifications de chaque type de déchets car leur non-respect peut entraîner une non-conformité. Ces non-conformités sont ensuite traitées par l'Andra comme des litiges techniques et sont sanctionnées par des amendes lourdes. Les spécificités sont donc à respecter strictement. Le détail de toutes ces spécifications sont données dans le guide de l'enlèvement des déchets radioactifs édité par l'Andra [8] et mis à jour tous les ans. Il est impératif de faire une mise à jour du fichier si les spécifications sont modifiées.

	A	B	C	D	E	F
79	Rappels spécifications et obligations ANDRA - MAJ 2017					
80	Se reporter au guide d'enlèvement ANDRA pour plus de détails					
81	Le non respect de ces spécifications peut entraîner des non conformités et des amendes lourdes					
82						
83	LA = Liquides Aqueux	Bidon de 30 litres				
84		pas plus de 29 litres (remplissage jonc supérieur)				
85		valable 4 ans à partir de la date gravée				
86		Poids total. Ne pas dépasser 30.6 kg (29 kg déchets + 1.6 kg bidon vide)				
87		Respecter les limites physico-chimique tableau ci-dessous				
88		Solution monophasique pH entre 2 et 13				
89		PAS DE SOLVANT				
90		Activité < 16MBq / Kg (hors poids du fût)				
91		La nature chimique des liquides doit être précisée				
92		Contrôle de non contamination surfacique obligatoire				
93		Les grandes étiquettes ANDRA doivent être collées sur le corps du bidon + la petite sur le dessus				
94						

Encadré 4. Extrait du pense-bête récapitulatif des critères à respecter pour chaque type de déchets, ici les déchets LA.

Cet onglet permet également de calculer de façon rapide le coût des enlèvements de l'Andra et de justifier la part de chaque Unité au prorata des dépôts effectués (colonnes L à N) - (**Encadré 5**).

Les formules utilisées sont données en **Annexe 1** en fin de document.

	L	M	N
	Total	Participation financière en euros	Prix enlèvement du bidon ou fût
1			
2	26,50	80	1420
3		161	
4		107	
5		536	
6		214	
7		188	
8		134	

Encadré 5. Colonnes L à N réservées au calcul de la participation financière de chaque Unité.

À partir de tous les éléments de ce tableau, nous pouvons faire des extractions rapides par des tableaux croisés dynamiques qui sont proposés en fin de page de l'onglet (**Encadré 6**).

Un tableau croisé récapitule le total de l'activité déposé (en Bq) pour chaque Unité et chaque contenant et un second tableau croisé récapitule la somme des coûts pour chaque Unité en lien avec chaque contenant.

Ces tableaux sont modifiables par les utilisateurs s'ils veulent avoir d'autres types d'information. La contribution financière est généralement calculée en fonction du poids ou du volume déposé mais elle peut, parfois, être calculée sur l'activité déposée (c'est-à-dire la quantité de Becquerel). Il est donc possible d'extraire le détail des contenants en poids, en volume ou en activité. Les tarifs d'enlèvement sont également mis à jour annuellement dans ces documents. À chaque dépôt, nous générons des déchets (gants, surchaussures, papiers absorbants). Ces déchets sont stockés dans des sacs poubelles à l'intérieur de la zone « Andra ». Lorsqu'un sac est plein, il est pesé et déposé dans les fûts SI. Ce sac sera déposé non par une Unité mais par une entité appelée « commun ». Ces dépôts rentrent dans les frais de fonctionnement commun de la soute. Ces frais sont partagés à égalité par les Unités utilisatrices de la soute.

	A	B	C	D	E	F
47	Somme de Activité déposée en Bq		N° du contenant			
48	Unité ayant déposé	Radioélément déposé	B24	B53	F54	Total général
49	Unité 1	C14	3180000	9070000	3700000	15950000
50		H3		3090000		3090000
51	Total Unité 1		3180000	12160000	3700000	19040000
52	Unité 2	C14	500000	500000		1000000
53		H3	500000	500000		1000000
54	Total Unité 2		1000000	1000000		2000000
55	Unité 3	Fe55	2000000	2000000		4000000
56		H3	10000	11000000		11010000
57	Total Unité 3		2010000	13000000		15010000
58	Unité 4	H3		97527	170	97697
59	Total Unité 4			97527	170	97697
60	Unité 5	C14			8800000	8800000
61		H3			1000	1000
62	Total Unité 5				8801000	8801000
63	Total général		6190000	26257527	12501170	44948697
64						
65						
66	Somme de Participation financière		N° du contenant			
67	Unité ayant déposé	B24	B53	F54	Total général	
68	Unité 1	803.77	697.97	6.25	1507.99	
69	Unité 2	267.92	192.54		460.47	
70	Unité 3	348.30	409.15		757.45	
71	Unité 4		120.34	100.04	220.38	
72	Unité 5			1364.64	1364.64	
73	Total général	1420.00	1420.00	1470.94	4310.94	

Encadré 6. Extraction de données pour la répartition des coûts. Dans cet exemple, l'Unité 3 a déposé du tritium et du fer 55 dans les contenants B24 et B53 et sa contribution à l'enlèvement sera de 757,45 euros.

Déchets à vie courte - Onglet « Décroissance »

L'onglet « Décroissance » est calqué sur l'onglet Andra, c'est-à-dire qu'il détaille ce qui a été déposé, par qui et à quelle date. Les déchets « décroissance » ne sont pas mutualisés. Chaque contenant est identifié comme appartenant à une Unité utilisatrice qui est responsable du dépôt, du contrôle et de l'élimination des déchets. (Encadrés 7 et 8).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	23/05/2018										
2	Unité	n° du contenant	Date de fermeture du contenant	Nom de la personne ayant déposé	Date de dépôt	Forme liquide : volume en litres	Forme solide : poids kg	ACTIVITE estimée en Bq à la date de dépôt	RADIO-ELEMENTS	Période (en jours)	Type de rayonnement
3	Unité 3	10		C.L	18/02/2011		4.3	1.50E+07	S35	87.5	b-(168keV)
4	Unité 1	L6		F.B	18/04/2013	8		6.50E+06	S35	87.5	b-(168keV)
5	Unité 1	S2		F.B	18/04/2013		2.5	8.00E+05	S35	87.5	b-(168keV)
6	Unité 1	S3		F.B	18/04/2013		1.5	3.00E+05	S35	87.5	b-(168keV)
7	Unité 2	31	01/07/2015	H.B	2/11/15		3	8.00E+05	I125	60	X
8	Unité 2	32	01/07/2015	H.B	2/11/15		3	8.00E+05	I125	60	X

Encadré 7. Colonnes A à K du tableau « Décroissance ».

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	Date de fin de décroissance	Filière d'élimination ultérieure	Date d'élimination effective	Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier	Nombre de périodes	Date de sortie de soute	Activité à la date de sortie de soute	Devenir après la sortie de soute	Responsable sortie Soute	Commentaires
2										
3	04/12/2015	ATO-solvants non chlorés		0.01	30.3					
4	01/02/2018	Déchets ménagers		2.57	21.3					
5	01/02/2018	ATO		0.32	21.3					
6	01/02/2018	Déchets ménagers		0.12	21.3					
7	14/02/2019	Déchets biologiques		3.98	17.6					
8	14/02/2019	Déchets biologiques		3.98	17.6					

Encadré 8. Colonnes L à U du tableau « Décroissance ».

Pour cet onglet, la particularité est liée au fait que ces déchets ont chacun une période de décroissance « courte » liée au radioélément, il est donc possible de calculer le temps qu'il faudra pour que ces déchets soient éliminables via les filières de déchets classiques.

Des formules sont insérées dans certaines cellules pour un remplissage automatique. C'est le cas des cellules des colonnes J, K, L, O et P dont les formules sont données en **Annexe 1**.

Ce tableau permet de visualiser, à partir du radioélément, de l'activité déposée et de la date de dépôt, la date théorique où les déchets peuvent être sortis de la soute, ainsi que de fournir un calcul d'activité en temps réel pour une estimation de l'activité détenue en soute. Les colonnes M à U contiennent les informations de sortie de soute. Pour calculer l'activité résiduelle en temps réel, le fichier utilise la formule de la loi de décroissance de la radioactivité (**Encadré 9**) :

$$A = A_0 / 2^n$$

avec :

A = Activité exprimée en Becquerel (Bq), c'est-à-dire le nombre de désintégrations par seconde

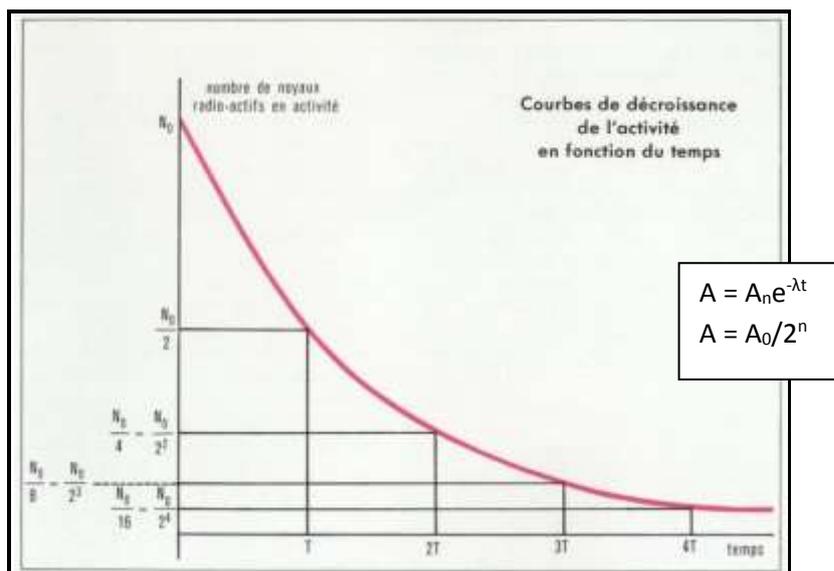
A₀ = Activité exprimée en Becquerel le jour du dépôt (au temps 0)

n = (date du jour d'ouverture du fichier – date du jour du dépôt) / période du radioélément (T)

T = période radioactive, durée au bout de laquelle l'activité initiale a diminué de moitié.

En appliquant cette formule automatiquement selon le radioélément déposé, on peut calculer, en temps réel, l'activité résiduelle le jour de l'ouverture du fichier et connaître l'activité détenue dans la soute.

Les responsables des déchets doivent effectuer des contrôles de non contamination lorsque la période de décroissance est atteinte (20 demi-vies du radioélément) et faire partir les déchets par les filières appropriées.



Encadré 9. Loi de décroissance de la radioactivité (image extraite du site Larousse.fr).

Un outil qui gère également la radioprotection

« La radioprotection est la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement » (loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, article 1^{er} [1]).

Ce fichier de gestion de la soute, en plus de permettre la traçabilité des déchets et de répondre aux normes de conditionnement, permet de gérer toute la partie réglementaire de radioprotection qui est exigée par les autorités compétentes et contrôlée par un organisme agréé extérieur une fois par an. Quatre onglets du fichier y sont dédiés, l'onglet « Accueil » et « Tableaux Croisés » d'une part, et les onglets « Programme de radioprotection », « Frottis et Contrôles d'ambiance » d'autre part.

Onglet « Accueil »

Le premier onglet du fichier comprend trois parties.

La première partie est le recueil, en une ligne, des informations permettant de tracer rapidement les dates d'ouverture de la soute, la raison de l'ouverture et les personnes présentes (**Encadré 10**).

2					
3	Date de mise à jour du registre :				
4					
5	18/03/2016	dépôt commun soute	par	G.R/S.N/B.L	
6	20/05/2016	dépôt commun soute+frottis+ambiance	par	G.R/S.N/B.L/F.B	
7	30/05/2016	dépôt commun soute	par	G.R/F.B	
8	07/06/2016	frottis	par	G.R	
9	30/06/2016	tri déchets	par	G.R/S.N	
10	01/07/2016	frottis	par	G.R	
11	04/07/2016	depot	par	G.R/S.N	
12	21/07/2016	Enlevement ANDRA	par	G.R/S.N	
13	22/09/2016	frottis	par	G.R/S.M/M.N	
14	04/10/2016	depot + frottis	par	G.R/S.N	
15	14/10/2016	depot + frottis+ ambiance	par	G.R/B.L	
16	03/11/2016	depot + frottis+ ambiance	par	G.R/H.B	
17	08/12/2016	frottis + ambiance	par	G.R/S.N	

Encadré 10. Traçabilité de l'ouverture de la soute.

La deuxième partie permet d'avoir immédiatement le calcul de l'activité totale détenue dans la soute, avec le détail par zones « Andra » et « Décroissance » (**Encadré 11**). Un bouton de mise à jour (MAJ) permet d'actualiser très simplement l'activité détenue. Ce bouton MAJ active une « macro Excel » qui actualise de façon automatique des tableaux croisés dynamiques réalisés dans un autre onglet, l'onglet « Tableaux Croisés ». L'onglet « Tableaux croisés » (**Encadré 12**), est réservé au coordonnateur de la soute qui est le seul autorisé à y faire des modifications. Les tableaux croisés dynamiques proposés dans cet onglet permettent de calculer en temps réel le total d'activité détenue dans la soute, radioélément par radioélément, dans la zone « Andra » et dans la zone « Décroissance ». Ces calculs se font en lien avec les tableaux des onglets « Andra » et « Décroissance » décrits précédemment. Les résultats de ces calculs, en plus d'être consignés dans l'onglet, sont affichés de manière dynamique sur la page d'accueil. Ces données font partie de la radioprotection. La connaissance du total d'activité détenu en temps réel permet de justifier de l'activité maximale détenue comme demandé dans l'article R1333-50 du Code de la Santé Publique [9]. Le fait que ces données soient facilement accessibles est un critère d'efficacité de l'organisation au titre de la radioprotection (article R 1333-95 du Code de la Santé Publique) [10].

	A	B	C	D	E	F	G	H
67								
68	Total général	26688851.41	Bq	26.689	MBq			
69								
70	Total décroissance	441.41	Bq	0.0004	MBq			MAJ
71								
72	Total activité ANDRA	26688410	Bq	26.688	MBq			
73								

Encadré 11. Total de radioactivité détenue dans la soute présenté sur la page d'accueil.

Les formules insérées dans les cellules B68, 70 et 72 sont détaillées en **Annexe 2**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	ANDRA total								
3	Somme de ACTIVITE déposé	Unité ayant							
4	RADIOELEMENT déposé	Commun	Commun (frottis)	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Unité 5	Total général
5	C14	10000	100	9953100	500000		720000		11183200
6	H3		100	3000	500000	5001000		1110	5505210
7	Fe55					10000000			10000000
8	Total général	10000	200	9956100	1000000	15001000	720000	1110	26688410
9									
10									
11									
12									
13	Décroissance total								
14	Somme de Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier	Unité							
15	RADIO-ELEMENTS	Unité 3	Unité 1	Unité 2	Total général				
16	I125			434.8426685	434.8426685				
17	P32		2.05014E-06		2.05014E-06				
18	P33		2.29416E-47		2.29416E-47				
19	S35	0.024711327	6.538667034		6.563378361				
20	S35-P33	0.000211162			0.000211162				
21	Total général	0.02492249	6.538667034	434.8426685	441.406258				
22									
23									
24									
25									
26	ANDRA	26688410	Bq	26.688	MBq				
27	DECROISSANCE	441	Bq	0.0004	MBq				
28	TOTAL	26688851	Bq	26.689	MBq				

Encadré 12. Aperçu des tableaux de l'onglet « Tableaux croisés » qui permettent de visualiser les activités détenues par radioélément, par Unité, par zone.

Le Cahier des Techniques de l'INRA 2018 (95)

La troisième partie est un calcul en temps réel de dose efficace totale susceptible d'être reçue à la soute (**Encadré 13**).

Grâce à ce calcul automatique au moment de l'ouverture du fichier qui tient compte de tous les radioéléments stockés, nous pouvons vérifier que les seuils réglementaires d'exposition ne sont pas dépassés [5, 6, 7, 11,12, 13]. Les doses efficaces sont exprimées de deux manières, en $\mu\text{Sv}/\text{mois}$ et en $\mu\text{Sv}/\text{h}$ comme imposé par la réglementation ⁽²⁾.

Pour assurer la protection des travailleurs et respecter la réglementation, le seuil à ne pas dépasser est de $7,5\mu\text{Sv}/\text{h}$.

Nous avons mis en place ce système pour deux raisons. D'une part pour surveiller que nous ne dépassons pas les seuils d'exposition en cas d'accumulation de déchets et que nous ne surexposons pas les utilisateurs. Les PCR venant déposer leurs déchets en soute peuvent intégrer ces données dans leur fiche d'exposition et leurs études de poste. D'autre part, ces données nous sont nécessaires pour pouvoir facilement faire un plan d'intervention. Lorsque des intervenants extérieurs doivent venir travailler dans la soute (électriciens, réparateurs hotte...), nous devons faire une évaluation de l'exposition du travailleur et le lui notifier. Ce tableau le permet très simplement. Ce fichier étant partagé, cette information est accessible simplement et rapidement en cas d'intervention urgente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
35														
36	Vérification des doses efficaces pour l'accès à la soute													
37														
38		ZONE Décroissance								ZONE Décroissance				
39	I125	expo externe		0.124	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				I125	expo externe		0.001	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
40		inhalation		0.003	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
41		Dose totale efficace		0.127	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.001	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
42	P32	expo externe		4E-88	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				P32	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
43		inhalation		6E-92	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
44		Dose totale efficace		4E-88	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
45	S35	expo externe		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				S35	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
46		inhalation		9E-08	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
47		Dose totale efficace		9E-08	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
48	P33	expo externe		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				P33	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
49		inhalation		2E-54	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
50		Dose totale efficace		2E-54	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
51												0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
52												0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
53		ZONE ANDRA								ZONE ANDRA		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
54	H3	expo externe		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				H3	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
55		inhalation		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
56		Dose totale efficace		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
57	C14	expo externe		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				C14	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
58		inhalation		0.711	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.004	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
59		Dose totale efficace		0.711	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.004	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
60	Fe55	expo externe		0	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$				Fe55	expo externe		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
61		inhalation		0.016	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					inhalation		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
62		Dose totale efficace		0.016	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Dose totale efficace		0.000	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	
63														
64														
65		Zone Décroissance		0.127	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Zone Décroissance		0.001	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	Accès autorisé
66		Zone ANDRA		0.727	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Zone ANDRA		0.005	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	Accès autorisé
67														
68		Soute		0.855	$\mu\text{Sv}/\text{mois}$					Soute		0.005	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	Accès autorisé
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														

Encadré 13. Calcul de la dose efficace totale susceptible d'être reçue au moment de l'ouverture du fichier (par mois et par heure) et condition d'accès à la soute.

Les formules utilisées pour les calculs sont présentées en **Annexe 2**.

² Le Sievert (symbole : Sv) est l'Unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme.

Bien que ce ne se soit jamais présenté, dans le cas d'une dose efficace totale supérieure à 7.5µSv/h, une alerte s'afficherait (**Encadré 14**). L'accès à la soute serait alors interdit aux utilisateurs et *a fortiori* aux intervenants extérieurs jusqu'à l'enlèvement des déchets.

Il est recommandé de faire une simulation avant un dépôt pour s'assurer que la soute ne dépasse pas ce seuil.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
36			Vérification des doses efficaces pour l'accès à la soute											
37														
38														
39		ZONE Décroissance								ZONE Décroissance				
40	I125	expo externe		0.124	µSv/mois				I125	expo externe		0.001	µSv/h	
41		inhalation		0.004	µSv/mois					inhalation		0.000	µSv/h	
42		Dose totale efficace		0.128	µSv/mois					Dose totale efficace		0.001	µSv/h	
43	P32	expo externe		4E-88	µSv/mois				P32	expo externe		0.000	µSv/h	
44		inhalation		1E-92	µSv/mois					inhalation		0.000	µSv/h	
45		Dose totale efficace		4E-88	µSv/mois					Dose totale efficace		0.000	µSv/h	
46	S35	expo externe		0	µSv/mois				S35	expo externe		0.000	µSv/h	
47		inhalation		1E-06	µSv/mois					inhalation		0.000	µSv/h	
48		Dose totale efficace		1E-06	µSv/mois					Dose totale efficace		0.000	µSv/h	
49	P33	expo externe		0	µSv/mois				P33	expo externe		0.000	µSv/h	
50		inhalation		5E-54	µSv/mois					inhalation		0.000	µSv/h	
51		Dose totale efficace		5E-54	µSv/mois					Dose totale efficace		0.000	µSv/h	
52												0.000	µSv/h	
53		ZONE ANDRA								ZONE ANDRA		0.000	µSv/h	
54	H3	expo externe		0	µSv/mois				H3	expo externe		0.000	µSv/h	
55		inhalation		0	4.925	µSv/mois				inhalation		0.031	µSv/h	
56		Dose totale efficace		0	4.925	µSv/mois				Dose totale efficace		0.031	µSv/h	
57	C14	expo externe		0	µSv/mois				C14	expo externe		0.000	µSv/h	
58		inhalation		1500	µSv/mois					inhalation		9.375	µSv/h	
59		Dose totale efficace		1500	µSv/mois					Dose totale efficace		9.375	µSv/h	
60	Fe55	expo externe		0	µSv/mois				Fe55	expo externe		0.000	µSv/h	
61		inhalation		0	µSv/mois					inhalation		0.000	µSv/h	
62		Dose totale efficace		0	µSv/mois					Dose totale efficace		0.000	µSv/h	
63														
64		Zone Décroissance		0.128	µSv /mois					Zone Décroissance		0.001	µSv/h	Accès autorisé
65		Zone ANDRA		1505	µSv /mois					Zone ANDRA		9.406	µSv/h	Accès interdit
66														
67		Soute		1505	µSv /mois					Soute		9.407	µSv/h	Accès interdit
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														

Encadré 14. Affichage automatique d'interdiction d'accès (en cas de dépassement de seuil).

Onglet « Programme de radioprotection »

Depuis 2010, la réglementation nous impose d'établir un programme des contrôles de radioprotection [14,15] (**Encadré 15**).

Article 3

1.- L'employeur établit le programme des contrôles externes et internes selon les dispositions suivantes :

1° lorsqu'ils sont réalisés au titre du contrôle externe, les contrôles techniques de radioprotection des sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants, les contrôles techniques d'ambiance et les contrôles de la gestion des sources et des éventuels déchets et effluents produits sont effectués selon les modalités fixées à l'Annexe 1 ;

2° lorsqu'ils sont réalisés au titre du contrôle interne, les modalités de ces contrôles sont, par défaut, celles définies pour les contrôles externes. Sur justification, la nature et l'étendue des contrôles internes peuvent être ajustées sur la base de l'analyse de risque, de l'étude des postes de travail et des caractéristiques de l'installation ;

3° les contrôles internes des instruments de mesure et des dispositifs de protection et d'alarme ainsi que les

contrôles de l'adéquation de ces instruments aux caractéristiques et à la nature du rayonnement à mesurer sont réalisés suivant les modalités fixées aux Annexes 1 et 2.

II.- L'employeur consigne dans un document interne le programme des contrôles prévus au point I ci-dessus ainsi que la démarche qui lui a permis de les établir. Il mentionne, le cas échéant, les aménagements apportés au programme de contrôle interne et leurs justifications en appréciant, notamment, les conséquences sur l'exposition des travailleurs. Il réévalue périodiquement ce programme.

L'employeur tient ce document interne à disposition des agents de contrôle compétents et du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel.

III.- Les fréquences des contrôles externes et internes sont fixées à l'Annexe 3.

IV.- Les contrôles effectués en application de la présente décision ne dispensent pas l'utilisateur des sources, appareils émetteurs de rayonnements ionisants et instruments de mesure d'en vérifier régulièrement le bon fonctionnement.

Encadré 15. Extrait de l'arrêté du 21 mai 2010 portant homologation de la décision no 2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R. 4452-13 du code du travail ainsi qu'aux articles R. 1333-7 et R. 1333-95 du code de la santé publique [15].

Cet extrait de l'arrêté 2010 donne une idée de la complexité des fonctions des PCR. Une loi est promulguée ou modifiée et un arrêté d'application est publié dans le Journal officiel. Nous devons, à partir de la lecture de ces textes, mettre en œuvre une organisation concrète qui nous permette d'être en adéquation avec cette évolution législative.

A la parution de cet arrêté, nous avons mis en place un tableau reprenant mois par mois les contrôles obligatoires et les actions devant être faites régulièrement tout au long de l'année (**Encadrés 16 et 17**).

Les actions de prévention obligatoires mensuellement sont :

- les contrôles de surface de non contamination par frottis en différents points de la soute et l'archivage des résultats ;
- les contrôles d'ambiance par mesure directe de l'air ambiant en différents points de la soute et l'archivage des résultats ;
- le relevé des non conformités préexistantes et les actions correctives mises en place.

Les actions de prévention obligatoires trimestrielles sont :

- le contrôle du bon fonctionnement de la hotte aspirante ;
- a été ajouté dans ce programme un appel à dépôt des déchets par mail aux utilisateurs.

L'action de prévention obligatoire semestrielle est :

- la réalisation du contrôle technique interne et son archivage.

Les actions de préventions obligatoires annuelles sont :

- le contrôle des appareils de mesure en interne et son archivage ;
- le contrôle de l'installation par un organisme agréé externe et son archivage ;
- le contrôle du non dépassement de seuil d'autorisation de détention d'activité ;
- la vérification de la pertinence des activités des sources radioactives utilisées pour les études de poste et révision éventuelle en cas d'évolution.

Il a été ajouté dans ce programme une journée annuelle de nettoyage et de bilan (vérification des stocks de gants, matériel, etc.).

Il faut également obligatoirement tous les 3 ans faire réaliser un étalonnage des appareils de mesure par un organisme extérieur et tous les 5 ans faire un renouvellement de la formation des PCR.

Programme annuel des contrôles de Radio-Protection et des actions à mener à la soute à déchets - Bat 30								
A	B	C	D	E	F	G	H	
			Date de réalisation	Résultat (C-Conforme ou NC-Non Conforme)	Action en cas de Non Conformité	Date prévisionnelle de la levée de la non-conformité	Date effective de la levée de la NC	
Juillet	Contrôle de surface	ANDRA *Archiver les résultats de mesures des frottis dans le dossier "soute/frottis" et dans le fichier de registre de la soute	25/07/2016	C				
	Contrôle d'ambiance	* Réaliser des contrôles d'ambiance (mesure de débit de dose en différents points représentatifs avec le contaminamètre Inovision du service Prévention) dans la zone décroissance et *Archiver les résultats de mesures des contrôles d'ambiance dans le fichier de "registre de la soute"	25/07/2016	C	pile 9V du débitmètre à changer			
	Appel à dépôt	* Envoyer un mail à la liste PCR pour l'organisation d'un dépôt de déchet commun	Mair envoi le 18/07/2016	C				
	Contrôle technique interne	* Réalisation du contrôle technique interne semestriel. Archivage du fichier et envoi aux PCR utilisatrices de la soute	25/07/2016	C				
	Nettoyage et Bilan		* Organiser un nettoyage collectif de la soute par les PCR	25/07/2016	C			
			* vérifier les déchets en fin d'activité en Zone Décroissance	25/07/2016	C			
			* Organiser d'un enlèvement ANDRA si pertinent	25/07/2016	C	B53 et F35 prêts		
* Vérifier les stocks : gants, absorbant, décontaminant, fioles à scintillation, disques frottis. Vérifier la concordance entre le fichier registre soute et les déchets entreposés à la soute.			25/07/2016	C	penser à commander des absorbants			
Sorbonne	* Contrôler l'extracteur de la Zone ANDRA (anémomètres Service Prévention) Résultats en fin de page	25/07/2016	C					
Contrôles des NC	* Contrôler que les non conformités du mois précédent ont été levées. Réaliser les actions de correction si besoin.	25/07/2016	C					
Août	Contrôle de surface	ANDRA *Archiver les résultats de mesures des frottis dans le dossier "soute/frottis" et dans le fichier de registre de la soute	Pas d'ouverture					
	Contrôle d'ambiance	* Réaliser des contrôles d'ambiance (mesure de débit de dose en différents points représentatifs avec le contaminamètre Inovision du service Prévention) dans la zone décroissance et *Archiver les résultats de mesures des contrôles d'ambiance dans le fichier de "registre de la soute".	Pas d'ouverture					
	Contrôles des NC	* Contrôler que les non conformités du mois précédent ont été levées. Réaliser les actions de correction si besoin.	Pas d'ouverture					

Encadré 16. Aperçu du tableau sous forme de tableau de bord des actions à réaliser mois par mois.

Colonne A : mois (Périodicité). Colonne B : listes des actions à réaliser sous forme d'un titre (Actions). Colonne C : détail des actions. Colonnes D à H : date, résultat, actions correctives à mettre en place et dates de réalisation (Résultats / Traçabilité des actions).

B	C
Contrôle de surface	*Réaliser des contrôles surfaciques par frottis SAS et Zone Andra *Archiver les résultats de mesures des frottis dans le dossier "soute/frottis" et dans le fichier de registre de la soute
Contrôle d'ambiance	* Réaliser des contrôles d'ambiance (mesure de débit de dose en différents points représentatifs avec le contaminamètre Inovision du Service Prévention) dans la zone décroissance et la zone Andra. *Archiver les résultats de mesures des contrôles d'ambiance dans le fichier de "registre de la soute".
Appel à dépôt	* Envoyer un mail à la liste PCR pour l'organisation d'un dépôt de déchet commun
Contrôle technique interne	* Réalisation du contrôle technique interne semestriel. Archivage du fichier et envoi aux PCR utilisatrices de la soute
Nettoyage et Bilan	* Organiser un nettoyage collectif de la soute par les PCR utilisatrices * Vérifier les déchets en fin d'activité en Zone Décroissance * Organiser un enlèvement ANDRA si pertinent * Vérifier les stocks : gants, absorbant, décontaminant, fioles à scintillation, disques frottis. * Vérifier la concordance entre le fichier registre soute et les déchets entreposés à la soute.

Sorbonne	* Contrôler l'extracteur de la Zone Andra (anémomètre Service Prévention) Résultats en fin de page
Contrôle des NC	* Contrôler que les non conformités du mois précédent ont été levées. Réaliser les actions de correction si besoin.

Encadré 17. Détail des colonnes B et C (exemples d'actions à mener pour suivre le programme de radioprotection).

Onglet « Frottis et contrôles d'ambiance »

Cet onglet correspond à l'archivage obligatoire des contrôles de surface et d'air ambiant demandés dans le programme de radioprotection [14,15].

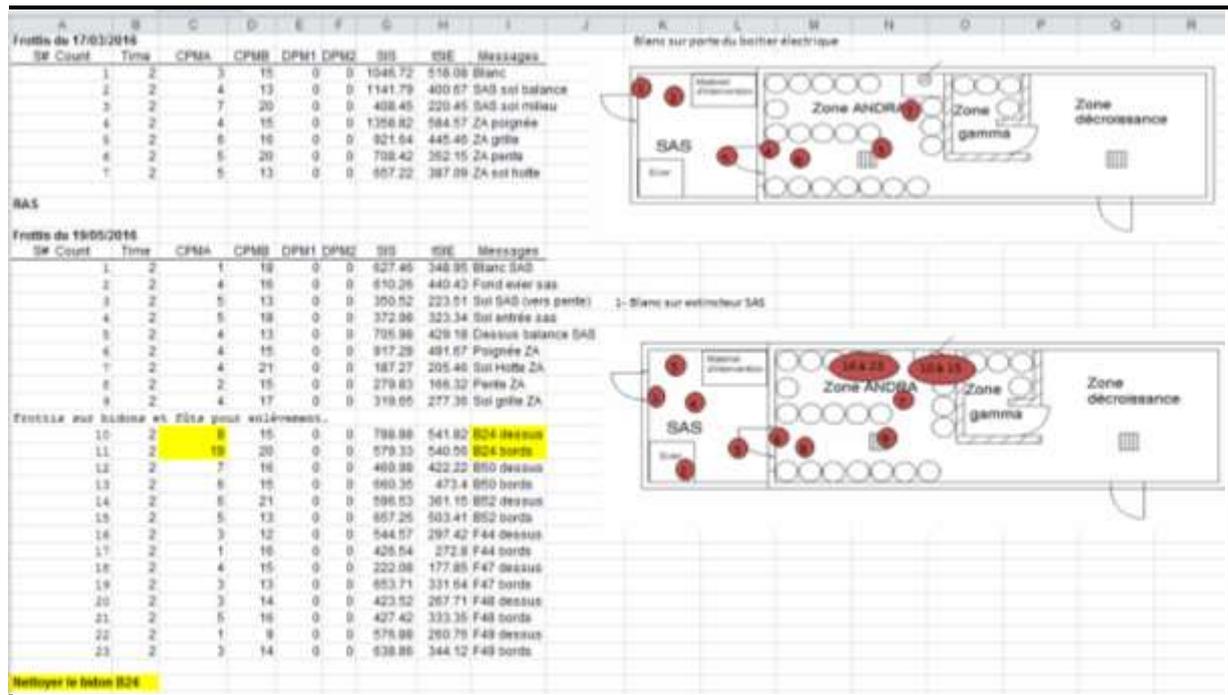
Les contrôles d'ambiance sont réalisés dans toute la soute, à l'aide d'un débitmètre pour vérifier que l'accumulation des déchets ne provoque pas une élévation de la radioactivité dans l'air ambiant de la soute et pour s'assurer que tous les contenants sont bien étanches.

Les contrôles de surface (frottis) sont réalisés dans la zone Andra et dans le SAS pour vérifier la non contamination des locaux, portes, fûts, par des radioéléments non détectables par le débitmètre. Ils sont faits en frottant un disque de papier sur différentes surfaces. Ces frottis sont ensuite mis en contact avec du liquide scintillant et passés dans un compteur à scintillation.

La traçabilité des contrôles comprend trois éléments (**Encadré 18**) :

- la date et le tableau regroupant les résultats des mesures effectuées ;
- une cartographie des points de contrôles réalisés qui montre leur emplacement dans l'espace sur le plan de la soute ;
- une conclusion brève signifiant qu'il n'y a rien à signaler ou qu'il y a des points à reconstrôler / à nettoyer.

Pour les contrôles d'ambiance, on note également la référence de l'appareil utilisé et la date de son dernier étalonnage par un organisme extérieur.



Encadré 18. Aperçu de résultats de frottis dans la zone Andra et le SAS. Les numéros reportés sur le plan et dans le tableau permettent de visualiser la localisation des contrôles réalisés et les résultats obtenus.

Traçabilité d'évènements

D'autres onglets existent dans notre fichier qui ne sont, ni de la gestion de déchets, ni de la radioprotection, mais plutôt de la traçabilité et de la mémoire d'évènements.

Les onglets « enlèvements » (un onglet par enlèvement)

Ils permettent de garder la trace des enlèvements par l'Andra. Quand un enlèvement est réalisé, les déchets partent physiquement du Centre. Les lignes correspondant à un bidon ou à un fût de l'onglet « Andra » doivent être enlevées de cet onglet et les activités éliminées ne doivent plus être prises en compte dans les calculs. Nous gardons trace de ces enlèvements avec les répartitions des coûts attribués, la correspondance entre notre numérotation et la numérotation de l'Andra, etc.

L'onglet « enlèvements spéciaux »

Cet onglet garde trace de l'historique de la caractérisation des déchets hors classification qui ont été enlevés par l'Andra ces dernières années. Parfois, à l'occasion d'un déménagement, de la réaffectation d'un local, des déchets dits « orphelins » doivent être éliminés. Ils sont dit orphelins car la personne qui souhaite les éliminer n'a pas ou plus d'information sur les déchets et ne peut identifier un responsable. C'est le cas de vieux réactifs (acétate d'uranyle par exemple) qui ont pu servir pour d'anciennes manipulations et qui sont restés stockés sans qu'aucune décision ne soit prise quant à leur élimination. Ces dossiers sont souvent longs et lourds à traiter. La mise en œuvre, la démarche, les décisions prises sont importantes à garder en mémoire pour faciliter les procédures en cas de situations identiques. L'avantage d'une soute commune est de pouvoir se référer au groupe de PCR dans ces démarches. L'enlèvement de déchets « orphelins » peut, selon les circonstances, être pris en charge en tout ou partie par le Centre.

L'onglet « historique incidents »

Cet onglet permet de garder la trace des évènements marquants. Nous pouvons y consigner une contamination accidentelle ou un incident marquant et les mesures prises à la suite de ces évènements, des travaux réalisés

Le Cahier des Techniques de l'INRA 2018 (95)

sur le bâtiment (pose de filtres, réparation de néons suite à une panne) et des événements climatiques marquants.

Sauvegarde et partage

À chaque modification de ce fichier, lors d'un dépôt, d'un enlèvement, d'une mise à jour d'un des onglets, une nouvelle version est générée avec le nom du fichier incrémenté de la date de modification. Cette nouvelle version est envoyée au groupe PCR et au Service Prévention pour qu'ils aient la dernière version toujours disponible.

Évidemment, cela crée un nombre de fichiers qui peut être important, mais l'avantage est que l'on peut éliminer une partie des données (les programmes de radioprotection des années précédentes, les frottis et contrôles ambiants des années précédentes) sans perdre l'information puisqu'elle a été sauvegardée par date.

Il faudra rapidement étudier la possibilité d'utiliser les documents partagés via Sharepoint en vérifiant que le versionning soit possible sur cet outil et que l'accès soit ouvert aux extérieurs, puisque notre communauté de PCR rassemble des agents de différents instituts.

Conclusion et perspectives

Le développement d'un outil de gestion d'une soute commune à déchets radioactifs demande une attention particulière. Il faut que cet outil propose les fonctionnalités pour appliquer les lois en vigueur par rapport à la détention de radioéléments et à la protection des travailleurs comme demandé par les autorités compétentes (Asn et organismes agréés de contrôle). Il doit pouvoir s'adapter aux spécifications imposées par l'organisme d'élimination des déchets (Andra). Il est impératif qu'il permette à tous les utilisateurs de savoir à tout moment ce qu'ils détiennent à la soute, quel type de déchets, quel radioélément et leur lieu exact de stockage. Il est nécessaire qu'il fournisse au Service Prévention un accès rapide à ce qui est détenu dans cette soute, en cas d'incident (incendie, effraction) ou en cas d'intervention (travaux urgents). Il doit être un outil fonctionnel et partagé pour prendre en compte tous ces aspects complexes de la gestion (réglementaires, organisationnels et financiers).

Le fichier, tel qu'il est aujourd'hui après 13 ans d'évolution et de pratique, répond à tous ces critères et permet d'être une interface unique pour les différents usages possibles. Il est le fruit d'une collaboration de tous les membres du groupe PCR du Centre de Montpellier et du Service Prévention. Il a été présenté à l'ASN lors d'une inspection sur le Centre en 2014 et a été accepté en tant qu'outil de gestion.

Il pourrait facilement être transposé sur un autre Centre et adapté pour la gestion d'une pièce commune multi-utilisateurs ou d'un plateau technique utilisant de la radioactivité.

Remerciements

Je tiens à remercier ici, les différents responsables du Service Prévention du Centre Inra Occitanie-Montpellier / Montpellier SupAgro qui se sont succédé au cours de ces 13 dernières années et avec qui j'ai collaboré dans ma mission de coordonnatrice de soute : Christian Augier, Estelle Ferrari, Caroline Play, Marc Nussy et Sandy Marcel. Ils ont chacun, à des degrés divers, participé à l'élaboration de cet outil et à la rédaction de tous les documents qui réglementent la soute.

Je tiens également à remercier le groupe des Personnes Compétentes en Radioprotection du Centre Inra Occitanie-Montpellier / Montpellier SupAgro Sandrine Negro (LISAH), Cécile Lambert, Benoit Lacombe & Claire Corratgé-Faillie (BPMP), Henri Bernardi (DMEM), Frederic Bigey (SPO) qui utilisent cet outil, le font vivre au quotidien et m'ont permis de le faire évoluer jusque-là.

Gaëlle Rolland

La dynamique de ce groupe de travail (groupe PCR et Service Prévention) font de ce fichier de gestion un réel outil collaboratif et partagé.

Enfin, merci à Béatrice Courtial pour ses nombreuses et précieuses propositions et pour tout le temps passé à la relecture de cet article. Son œil acéré et toutes les corrections qu'elle a apportées m'ont permis de mieux structurer et de finaliser ce document.

Références bibliographiques

- [1] Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. JORF n° 136 du 14 juin 2006, page 8946, texte n° 2.
- [2] Circulaire DGT/ASN n° 04 du 21 avril 2010 relative aux mesures de prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants - 64p
- [3] Recueil des dispositions législatives et réglementaires relatives à la radioprotection - Extraits du Code de la santé publique et du Code du travail concernant la protection de la population, des patients et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants - ASN - 16 avril 2013 - 80p
- [4] Arrêté du 23 juillet 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0095 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 janvier 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire, prise en application des dispositions de l'article R. 1333-12 du code de la santé publique - 9p
- [5] Aubert B, Cordier G, Fracas P, Radecki JJ (2007) Mise en œuvre de l'arrêté zonage - Radioprotection 2007, Vol. 42, n° 4, pages 463 à 476.
- [6] Circulaire DGT/ASN n° 01 du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont apposées - 14p.
- [7] Arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont imposées. JORF n°137 du 15 juin 2006, version consolidée au 26 juillet 2015 - page 9001 Texte n°8 - 14p.
- [8] Guide d'enlèvement des déchets radioactifs. De la collecte au stockage - Andra - juin 2014.
- [9] Article R1333-50 du Code la Santé Publique – Partie réglementaire - Première partie - Livre III - Titre III - Chapitre III - Section 4. Version en vigueur au 5 juillet 2010. Accessible sur le site www.legifrance-gouv.fr
- [10] Article R1333-95 du Code de la Santé Publique - Partie réglementaire - Première partie - Livre III - Titre III - Chapitre III - Section 7 sous-section 1. Version en vigueur au 5 juillet 2010. Accessible sur le site www.legifrance-gouv.fr
- [11] « Guide pratique pour la réalisation des études dosimétriques de poste de travail (version 4) » Rapport PRP-HOM/DIR n°2015-00009 - IRSN- Pôle radioprotection, environnement, déchets et Crise - 65p.
- [12] Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants - JORF n°262 du 13 novembre 2003 page 19326 - texte n° 17- 66p.

Le Cahier des Techniques de l'INRA 2018 (95)

- [13] Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P (2006) Guide pratique Radionucléides et Radioprotection - Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité - CEA - EDP Sciences, Seconde édition, 202 p.

- [14] Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R. 4452-13 du code du travail ainsi qu'aux articles R. 1333-7 et R. 1333-95 du code de la santé publique. 18 p.

- [15] Arrêté du 21 mai 2010 portant homologation de la décision no 2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R. 4452-13 du code du travail ainsi qu'aux articles R. 1333-7 et R. 1333-95 du code de la santé publique - Journal officiel de la République française - JORF n°0188 du 15 août 2010 page 14965 ; texte n° 2 – 10 p.

Annexe 1

Déchets à vie longue, Onglet Andra.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	N° du contenant	Indication bidon complet Poids final (Kg), pH final, N° ANDRA	Unité ayant déposé	Nom de la personne ayant déposé	Radioélément déposé	Activité déposée en Bq	Date de dépôt	Forme liquide : volume en litre	Forme solide : poids en Kg	Type de déchet (ANDRA) : LA, SL, SLV, SI, SNI	SI : masse papier SL : volume scintillant LA : nature chimique
1	B24	29	Unité 1	FB	C14	800000	07/03/2014	1.50		LA	eau + NaCl
2	B24	pH = 5	Unité 2	H.B	C14	500000	17/06/2014	3.00		LA	eau
3	B24	N° ANDRA	Unité 2	H.B	H3	300000	17/06/2014	2.00		LA	eau
4	B24		Unité 1	FB	C14	1570000	17/07/2014	10.00		LA	eau + sucres
5	B24		Unité 3	CC	Fe55	2000000	25/09/2014	4.00		LA	eau + NO3 + citrate
6	B24		Unité 1	FB	C14	750000	25/09/2014	3.50		LA	eau + sucres
7	B24		Unité 3	CC	H3	10000	25/09/2014	2.50		LA	eau

Encadré 2. Les colonnes A à K du tableau de l'onglet Andra permettent de collecter les données de chaque dépôt, radioélément par radioélément. Le nombre de ligne pour chaque contenant sera différent car il dépend du nombre de dépôt.

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	Activité MAX en MBq/ kg (hors contenant) ou MBq / L	Poids contenants fut : 5.2 kg ou bidon 1.6 kg	Poids déchets kg ou Volume en L	Poids hors bidon	Activité totale Bq	MBq/Kg ou L	Conformité	Date gravée sur le bidon	Valide jusqu'en
1									
2	16	1.6	26.50	26.50	6190000	0.234	Conforme	2013	2017
3			Poids réel (Kg)						
4			29	27.4		0.226	Conforme		
5									
6									
7									
8									

Encadré 3. Les colonnes O à W du tableau sont utilisées pour s'assurer de la conformité du contenant.

Détail des formules employées pour le remplissage automatique des cellules :

la cellule O2 correspond à l'activité massique ou volumique à ne pas dépasser définie dans le Guide d'enlèvement des déchets Andra. Cette cellule contient la formule « =SI(J2="SNI"; 1; 16) ». Pour tous les types de contenants la limite d'activité massique ou volumique maximum est de 16MBq/Kg ou L sauf pour le type de déchet SNI dont la limite est à 1MBq/Kg.

Gaëlle Rolland

La cellule P2 correspond au poids du contenant vide, elle contient la formule « =SI(J2="LA";1.6;5.2) ». Un bidon 30 L LA pèse 1,6 kg vide, un fût 120 L pèse 5,2 kg vide (Cf. Guide d'enlèvement des déchets Andra).

La cellule Q2 doit correspondre au poids des déchets déposés (ou au volume pour les SL). Cette cellule correspond à la somme des lignes correspondant au contenant des colonnes H et I (volumes ou poids déposés) ou seulement la somme des lignes de la colonne H pour des déchets de type SL, ici « =SI(J2="SL";SOMME(H2:H8);SOMME(H2:I8)) ».

La cellule R2 est égale à Q2, à ce niveau le poids du contenant n'intervient pas. Cette valeur donne une indication du suivi de la conformité du contenant en cours de remplissage. A la fermeture du contenant, une pesée réelle est effectuée. Un décalage est souvent observé, surtout pour les LA, car les volumes déposés ne sont pas mesurés précisément mais seulement estimés. De plus, certains déchets peuvent avoir une densité plus importante que l'eau. Une deuxième ligne de calcul (Q4 à U4) est réalisée avec le poids réel à la fermeture. L'exemple de l'encadré 3 montre que si les volumes déposés sont additionnés, un total de 26,5 litres de déchets liquides est obtenu qui est estimé à 26,5 Kg de déchets. Avec la pesée finale, le bidon pesait 29 kg (Q4) – 1,6Kg de contenant (P2) = 27,4 kg de déchets (R4). Cette valeur est conservée pour la détermination de l'activité massique du contenant (T4). Une attention particulière est à porter aux SL. En effet, dans ce cas, c'est l'activité volumique qui est prise en compte. On peut insérer une formule en O3 du type : « =SI(J3="SL"; "Attention pour les SL, c'est l'activité VOLUMIQUE qui est prise en compte";""), pour qu'il y ait un mémo qui s'affiche quand un contenant « SL » est rempli.

La cellule S2 correspond à l'activité totale déposée en Bq, c'est-à-dire à la somme des activités déposées dans le contenant ici « =SOMME(F2:F8) ».

La cellule T2 correspond à l'activité massique estimée du contenant. Elle contient la formule « =S2*0.000001/R2 ». On convertit l'activité totale en MBq et on la divise par le poids total hors contenant.

La cellule U2 correspond à la conformité du contenant. Elle contient la formule « =SI(T2<O2; "Conforme"; "NON Conforme") ».

La cellule Q4 correspond au poids réel du contenant après pesée et elle est remplie manuellement.

La cellule R4 correspond au poids des déchets. Elle contient la formule « =Q4-P2 ».

La cellule T4 correspond à l'activité massique réelle du contenant. Elle contient la formule « =S2*0.000001/R4 ».

La cellule U4 correspond à la conformité du contenant. Elle contient la formule « =SI(T4<O2; "Conforme"; "NON Conforme") ».

La cellule V2 doit être remplie manuellement avec la date gravée sur le bidon. La cellule W2 qui correspond à la date de péremption du bidon contient la formule « =V2+4 ».

	L	M	N
	Total	Participation financière en euros	Prix enlèvement du bidon ou fût
1			
2	26,50	80	1420
3		161	
4		107	
5		536	
6		214	
7		188	
8		134	

Encadré 5. Calcul de la participation financière de chaque Unité.

La cellule L2 contient la formule $=SI(J2="SL";SOMME(I2:I8);SOMME(H2:I8))$. On calcule le total de volume ou de poids déposé dans le contenant. Si c'est un fût SL, les deux colonnes seront remplies. On calculera l'activité volumique avec le volume mais le calcul de coût se fera selon le poids déposé.

On remplit manuellement la cellule N2 selon les tarifs annuels fournis par l'Andra en début d'année.

Les cellules de la colonne M contiennent une formule du type $=N2*H2/L2$ ou $=N2*I2/L2$ selon le type de déchet.

Déchets à vie courte – Onglet Décroissance

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	23/05/2018										
	Unité	n° du contenant	Date de fermeture du contenant	Nom de la personne ayant déposé	Date de dépôt	Forme liquide : volume en litres	Forme solide : poids kg	ACTIVITE estimée en Bq à la date de dépôt	RADIO-ELEMENTS	Période (en jours)	Type de rayonnement
2	Unité 3	10		C.L	18/02/2011		4,3	1,50E+07	S35	87,5	b-(168keV)
3	Unité 1	L6		F.B	18/04/2013	8		6,50E+06	S35	87,5	b-(168keV)
4	Unité 1	S2		F.B	18/04/2013		2,5	8,00E+05	S35	87,5	b-(168keV)
5	Unité 1	S3		F.B	18/04/2013		1,5	3,00E+05	S35	87,5	b-(168keV)
6	Unité 2	31	01/07/2015	H.B	2/11/15		3	8,00E+05	I125	60	X
7	Unité 2	32	01/07/2015	H.B	2/11/15		3	8,00E+05	I125	60	X

Encadré 7. Colonnes A à K du tableau « Décroissance ».

Les cellules de la colonne J (période en jours) contiennent toutes la même formule, ici pour J3 :

$$=SI(I3="P32";14,29;SI(I3="P33";25,6;SI(I3="S35";87,5;SI(I3="I125";60;""))))$$

Les cellules de la colonne K (type de rayonnement) contiennent toutes la même formule, ici pour K3 :

$$=SI(I3="P32";"b-(1710 keV)";SI(I3="P33";"b-(249 keV)";SI(I3="S35";"b-(168keV)";SI(I3="I125";"X";SI(I3="S35-P33";"b-(249keV)";""))))$$

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	Date de fin de décroissance	Filière d'élimination ultérieure	Date d'élimination effective	Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier	Nombre de périodes	Date de sortie de soute	Activité à la date de sortie de soute	Devenir après la sortie de soute	Responsable sortie Soute	Commentaires
2										
3	04/12/2015	ATO-solvants non chlorés		0.01	30.3					
4	01/02/2018	Déchets ménagers		2.57	21.3					
5	01/02/2018	ATO		0.32	21.3					
6	01/02/2018	Déchets ménagers		0.12	21.3					
7	14/02/2019	Déchets biologiques		3.98	17.6					
8	14/02/2019	Déchets biologiques		3.98	17.6					

Encadré 8. Colonnes L à U.

Les cellules de la colonne L contiennent toutes la même formule, ici pour L3 : « =E3+20*J3 ». La date de fin de décroissance est estimée à la date du dépôt auquel on ajoute 20 fois la période du radioélément.

Les cellules de la colonne O contiennent toutes la même formule, ici pour O3 : « =H3/2^((A\$1-E3)/J3) ». Pour calculer l'activité résiduelle en temps réel, des formules liées à la loi de décroissance sont utilisées (voir encadré 9). Cette formule fait également référence à la cellule A1 (voir encadré 7) qui contient la formule : =AUJOURDHUI().

Les cellules de la colonne P contiennent toutes la même formule, ici pour P3 : « =(A\$1-E3)/J3 ». Cela permet de voir rapidement combien de périodes se sont écoulées depuis la date du dépôt.

Annexe 2

Formules concernant la partie radioprotection de l'onglet « Accueil »

	A	B	C	D	E	F	G	H
67								
68	Total général	26688851.41 Bq		26.689 MBq				
69								
70	Total décroissance	441.41 Bq		0.0004 MBq			MAJ	
71								
72	Total activité ANDRA	26688410 Bq		26.688 MBq				
73								

Encadré 11. Total de radioactivité détenue dans la soute présenté sur la page d'accueil.

La cellule B68 est la somme des cellules B70 et B72. C'est l'activité totale détenue dans la soute à la date d'ouverture du fichier.

La cellule B70 contient la formule « =LIREDONNEESTABCROISDYNAMIQUE("Somme de Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier";TbICroisé!\$A\$14) ». Elle correspond au total d'activité détenue dans la zone Décroissance.

La cellule B72 contient la formule « =LIREDONNEESTABCROISDYNAMIQUE("ACTIVITE déposé en Bq";TbICroisé!\$A\$3) ». Elle correspond au total d'activité détenue dans la zone Andra.

Le bouton MAJ active une macro Excel qui actualise les deux tableaux croisés dynamiques de l'onglet « TbICroisé ».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
35														
36		Vérification des doses efficaces pour l'accès à la soute												
37														
38														
39		ZONE Décroissance								ZONE Décroissance				
40	I125	expo externe		0.124	µSv/mois				I125	expo externe	0.001	µSv/h		
41		inhalation		0.003	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
42		Dose totale efficace		0.127	µSv/mois					Dose totale efficace	0.001	µSv/h		
43	P32	expo externe		4E-88	µSv/mois				P32	expo externe	0.000	µSv/h		
44		inhalation		6E-92	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
45		Dose totale efficace		4E-88	µSv/mois					Dose totale efficace	0.000	µSv/h		
46	S35	expo externe		0	µSv/mois				S35	expo externe	0.000	µSv/h		
47		inhalation		9E-08	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
48		Dose totale efficace		9E-08	µSv/mois					Dose totale efficace	0.000	µSv/h		
49	P33	expo externe		0	µSv/mois				P33	expo externe	0.000	µSv/h		
50		inhalation		2E-54	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
51		Dose totale efficace		2E-54	µSv/mois					Dose totale efficace	0.000	µSv/h		
52											0.000	µSv/h		
53		ZONE ANDRA								ZONE ANDRA				
54	H3	expo externe		0	µSv/mois				H3	expo externe	0.000	µSv/h		
55		inhalation		0	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
56		Dose totale efficace		0	µSv/mois					Dose totale efficace	0.000	µSv/h		
57	C14	expo externe		0	µSv/mois				C14	expo externe	0.000	µSv/h		
58		inhalation		0.711	µSv/mois					inhalation	0.004	µSv/h		
59		Dose totale efficace		0.711	µSv/mois					Dose totale efficace	0.004	µSv/h		
60	Fe55	expo externe		0	µSv/mois				Fe55	expo externe	0.000	µSv/h		
61		inhalation		0.016	µSv/mois					inhalation	0.000	µSv/h		
62		Dose totale efficace		0.016	µSv/mois					Dose totale efficace	0.000	µSv/h		
63														
64														
65		Zone Décroissance		0.127	µSv /mois					Zone Décroissance	0.001	µSv/h	Accès autorisé	
66		Zone ANDRA		0.727	µSv /mois					Zone ANDRA	0.005	µSv/h	Accès autorisé	
67														
68		Soute		0.855	µSv /mois					Soute	0.005	µSv/h	Accès autorisé	
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														

Encadré 13. Calcul de débit de dose au moment de l'ouverture du fichier et condition d'accès à la soute (par mois et par heure).

Calcul pour l'Iode 125

La cellule D40 contient la formule « =0,00000044*LIREDONNEESTABCROISDYNAMIQUE("Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier";TbICroisé!\$A\$14;"RADIO-ELEMENTS";"I125")*160 ».

Cette formule permet de calculer, en fonction de l'activité détenue en iode 125 dans la soute, l'exposition externe pour ce radioélément.

L'activité détenue est multipliée par un coefficient spécifique. Le coefficient utilisé pour le calcul de l'exposition externe est le coefficient d'exposition externe pour une source ponctuelle à 30 cm (dose superficielle) en µSv par heure et par Bq. Il dépend du radioélément. L'activité est également multipliée par le nombre d'heures travaillées dans un mois soit 160 h.

La cellule D41 contient la formule « =0,0000011*LIREDONNEESTABCROISDYNAMIQUE("Activité résiduelle au jour d'ouverture du fichier";TbICroisé!\$A\$14;"RADIO-ELEMENTS";"I125")*0.01*160 »

Cette formule permet de calculer, en fonction de l'activité détenue en iode 125 dans la soute, l'exposition d'inhalation pour ce radioélément.

Le coefficient utilisé pour le calcul d'inhalation est le débit de dose efficace par immersion en µSh par heure et par Bq.m⁻³. La soute a un volume approximatif de 100 m³, on applique donc un coefficient de 0,01. On multiplie également par le nombre d'heures travaillées dans un mois soit 160 h.

Tous les coefficients utilisés ici viennent du Guide pratique pour la manipulation des substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité édité par le CEA [13]

La cellule D42 contient la formule « =D40+D41 ». Elle exprime la dose totale efficace pour l'iodo 125 en µSv/mois.

Gaëlle Rolland

La cellule K40 contient la formule « =D40/160 »

La cellule K41 contient la formule « =D41/160 »

La cellule K42 contient la formule « =D42/160 ». Elle exprime la dose totale efficace pour l'iode 125 en $\mu\text{Sv/h}$.

Le même type de calcul est décliné pour tous les radioéléments stockés dans la soute.

La cellule M65 contient la formule « =SI(K65>7,5;"Accès interdit";"Accès autorisé") ».

La cellule M66 contient la formule « =SI(K66>7,5;"Accès interdit";"Accès autorisé") ».

La cellule M68 contient la formule « =SI(K68>7,5;"Accès interdit";"Accès autorisé") ».

Les cellules fusionnées D71 à K77 contiennent la formule « = SI(K68>7,5; "ACCES SOUTE INTERDIT"; "Accès soute Autorisé») ».

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-SA).



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Les Cahiers des Techniques de l'INRA », la date de sa publication et son URL).