

NOUVELLE ÉDITION RÉVISÉE

Radioprotection
Société Française de Radioprotection



Guide pratique

& Radionucléides & Radioprotection

D. Delacroix • J.P. Guerre • P. Leblanc



Guide pratique

& Radionucléides
Radioprotection

Deuxième édition



Guide pratique

& Radionucléides & Radioprotection

Deuxième édition

Manuel pour la manipulation
de substances radioactives
dans les laboratoires de faible
et moyenne activité

D. DELACROIX
J.-P. GUERRE
P. LEBLANC

RADIOPROTECTION

Vol. 39, numéro spécial

Revue de la Société Française de Radioprotection



Cet ouvrage, publié dans une première version en 1993, a été initié par Paul LEBLANC, Chef du Service de Protection contre les Rayonnements au CEA – Saclay de 1994 à 2001.

Les auteurs :

D. DELACROIX : CEA – DAM Île-de-France

J.-P. GUERRE : CEA - Saclay

P. LEBLANC

D. DELACROIX, *Département Analyse Surveillance Environnement du CEA-DAM Île-de-France,*

J.-P. GUERRE, *Service de Protection contre les Rayonnements au CEA – Saclay,*

P. LEBLANC *a exercé ses activités professionnelles au CEA.*

Illustrations du texte par Francis GUILLOIS CEA DIF/DASE

Deuxième édition mise à jour en 2006

ISBN : 2-86883-864-2

© EDP Sciences 2006

© Commissariat à l'Énergie Atomique 2006

Tous droits de reproduction, même fragmentaire, sous quelque forme que ce soit, y compris photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, réservés pour tous pays.



avant - p r o p o s

La manipulation des radionucléides est sans conteste l'un des problèmes les plus difficiles à gérer en matière de radioprotection même si elle n'est pas la source principale d'irradiation pour les travailleurs de l'industrie nucléaire.

Quelle dose un travailleur reçoit-il lorsque le radionucléide est à sa proximité, lorsque sa peau ou ses vêtements sont contaminés ou lorsqu'il incorpore accidentellement l'un d'entre eux ? Autant de questions que se posent les services de protection radiologique et les services de médecine du travail, alliés pour garantir aux travailleurs une protection radiologique de qualité.

Le Comité 2 de la Commission Internationale de Protection Radiologique s'efforce de répondre à ces questions, mais n'a pu, malheureusement, le faire sous cette forme condensée, didactique et facilement utilisable. En effet, malgré de nombreuses publications, depuis les dernières recommandations de notre commission en 1991, aucune somme regroupant ces données mises à jour n'avait pu voir le jour. C'est donc pour nous, membres de ce Comité, un formidable relais de nos travaux mis ici à la disposition de tous.

Désormais, avec ce guide pratique *Radionucléides & Radioprotection* que les auteurs ont longuement élaboré, nous avons dans nos mains, une mise à jour de toutes les données nécessaires aux radioprotectionnistes. Ce guide prend en compte les évolutions récentes de la CIPR, telles la suppression de la légendaire LAI, tout en laissant au lecteur des repères pratiques qui l'aideront à passer d'une réglementation à l'autre. C'est dire que cet ouvrage révisé était attendu et sera très souvent consulté ; pour le représentant français au Comité 2 de la CIPR que je suis, c'est une grande fierté que de voir nos collègues français faire parfaitement passer dans les actes de la radioprotection quotidienne les travaux et recommandations de la CIPR. Cette nouvelle édition s'enrichit des derniers décrets publiés, quelques fiches s'en trouvent modifiées, il était bon à l'utilisateur d'avoir l'information la plus récente. De plus, cette nouvelle édition donne à l'utilisateur deux jeux de courbes d'atténuation, l'un calculé sur une hypothèse très conservatrice, l'autre sur une hypothèse plus réaliste. Le choix qu'apportent ici les auteurs est en parfaite harmonie avec la philosophie ALARA de la CIPR, faire le mieux possible, compte tenu des contraintes techniques et des facteurs économiques et sociaux. C'est une avancée remarquable qu'offrent les auteurs aux utilisateurs dans cet ouvrage révisé.

Je suis enfin particulièrement fier d'accueillir cet ouvrage au sein de notre journal RADIOPROTECTION, qui est la publication de la Société française de protection radiologique. En qualité d'éditeur de ce journal, la publication de ce Hors série remarquable représente à la fois un honneur, la confiance des auteurs pour notre travail et la reconnaissance sur un plan national et international de nos efforts pour hisser la protection radiologique française au niveau d'excellence qu'elle mérite.

Henri Métivier

*Rédacteur en chef de RADIOPROTECTION
Membre du Comité 2 de la Commission Internationale
de Protection Radiologique*



préface

Cette nouvelle édition du guide pratique « RADIONUCLÉIDES & RADIOPROTECTION » [1] succède à l'édition de février 2004 dont le tirage est épuisé.

L'ouvrage, édité initialement par le CEA/Saclay en juin 1993 puis réédité à deux reprises en juin 1994 et juin 1998, avait alors fait l'objet d'importants développements et d'une profonde mise à jour de son contenu en raison notamment du renouvellement de la réglementation.

La réédition du livre fournit encore l'occasion d'une mise à jour et d'un enrichissement que les auteurs, attentifs à l'évolution de la réglementation et aux observations des nombreux lecteurs, n'ont pas manqué de faire.

Les changements apportés apparaissent dans les fiches des radionucléides et sont justifiés dans le texte préliminaire. Ils concernent, pour l'essentiel, les trois points suivants :

Seuils d'exemption et groupes de risque : une mise à jour des données réglementaires relatives aux seuils d'exemption a été faite pour certains radionucléides. Ces données sont parues dans un arrêté du 2 décembre 2003, c'est à dire postérieurement à la rédaction de la précédente édition.

17 radionucléides du guide qui n'avaient pas d'indication de valeurs de seuils d'exemption en sont maintenant pourvus. La prise en compte de seuils d'exemption spécifiques au monoxyde et au dioxyde de carbone a entraîné la recomposition des 2 fiches du Carbone 11 et des 2 fiches du Carbone 14.

Transport et activités de référence A1 et A2 : pour certains radionucléides qui n'avaient pas de valeurs de A1 et A2, des valeurs par défaut issues de l'annexe B de l'« arrêté ADR » ont été ajoutées. Ces valeurs par défaut sont contraignantes (c'est pourquoi elles n'avaient pas été retenues dans la première édition) mais elles peuvent être utiles car elles permettent de respecter toutes les prescriptions de l'ADR sans avoir à demander un agrément à l'autorité compétente.

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier : deux courbes, résultant de calculs prenant en compte l'effet de « build-up » dans la protection ont été ajoutées aux courbes existantes dans l'édition précédente qui prennent en compte l'effet de « build-up » dans l'air. Ces nouvelles courbes permettent d'optimiser les épaisseurs d'écrans en évitant des sur-épaisseurs inappropriées de protection. Elles sont plus particulièrement destinées à des opérateurs aguerris et ayant de bonnes notions de calcul de protection.

Je me réjouis de l'intérêt que suscite cet ouvrage parmi les utilisateurs du monde industriel, médical et de la recherche. Ce succès tend à prouver que ce guide répond à leur attente et à celles des radioprotectionnistes. Les informations qu'il contient ont déjà reçu une large diffusion dans le cadre notamment des stages d'enseignement de l'INSTN et d'une édition en langue anglaise intitulée « RADIONUCLÉIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK » [2] publiée en 1998 et rééditée début 2002.

Malgré l'enrichissement de son contenu, il serait présomptueux d'affirmer que ce guide répondra à toutes leurs demandes tant les données de radioprotection pour la manipulation des radionucléides sont nombreuses. Cependant, ils y trouveront une mise à jour indispensable des informations pratiques les plus fréquemment utilisées pour aborder les problèmes de protection contre les rayonnements ionisants.

Hervé BERNARD

Directeur du Pôle Maîtrise des Risques du CEA



s o m m a i r e

Avertissement	3
Introduction	4
1] Notions de base : radioactivité et radioprotection	5
2] Risques liés à la manipulation des radionucléides	12
2.1] Risques à prendre en compte	12
2.2] Protection contre l'exposition externe et interne	13
2.3] Mesure de l'exposition externe et de la contamination	15
3] Description des fiches de radioprotection	15
3.1] Caractéristiques physiques	17
3.2] L'exposition externe	19
3.2.1] Exposition externe à distance	20
3.2.2] Exposition externe au contact de récipients	20
3.2.3] Exposition de la peau lors d'une contamination corporelle	21
3.3] L'exposition interne	22
3.3.1] Dose efficace engagée par unité d'incorporation	22
3.3.2] Limites Pratiques de Contamination dans l'Air (LPCA)	23
3.4] Écrans de protection, détection et contamination des surfaces	25
3.4.1] Écrans de protection contre l'exposition externe	26
3.4.2] Sonde(s) de détection préconisée(s)	27
3.4.3] Expositions dues à une surface plane uniformément contaminée	27
3.4.4] Limites Pratiques de Contamination Surfaceute (LPCS)	27
3.5] Activités Maximales Manipulables (AMM)	30
3.5.1] Le modèle de calcul	30
3.5.2] Activités Maximales Manipulables en fonction des équipements et des zones de travail	31
Références bibliographiques	33
Liste des radionucléides	35
212 fiches de radioprotection	40
Annexes	
Chaînes de filiations radioactives pour des éléments lourds	253



a v e r t i s s e m e n t

Issues des recommandations internationales appropriées et des réglementations européennes et françaises les plus récentes, les indications pratiques ou chiffrées proposées dans ce guide réactualisé peuvent être utilisées pour mettre à jour des consignes et des règles de travail qui seraient 3 devenues obsolètes.

Cependant, elles ne peuvent, en aucun cas, se substituer aux décisions ou prescriptions des autorités réglementaires (DGSNR, DRIRE, etc.) auxquelles, en particulier, vous devez soumettre ou renouveler régulièrement votre demande d'autorisation de détenir ou de manipuler des substances radioactives.



introduction

À la lumière d'une pratique quotidienne de la radioprotection et des différentes sessions de formation dispensées aux utilisateurs de substances radioactives dans les domaines de la médecine, de la biologie, de la recherche et de l'industrie, il est apparu nécessaire de rassembler les connaissances de base dans un guide destiné à ces divers utilisateurs.

Présenté sous forme de fiches spécifiques à chaque radionucléide, ce guide est un recueil de données scientifiques, techniques et médicales soit issues de diverses publications de référence soit déterminées par les auteurs à partir de modèles pertinents. Si le format retenu pour les fiches impose quelques contraintes – en particulier sur le choix des grandeurs à faire apparaître – il s'avère être un atout pour la facilité de lecture et d'accès à l'information. À cette fin, l'illustration et la présentation des données sous forme de tableaux ont été largement utilisées.

L'ensemble des informations contenues dans ces fiches correspond non seulement à des données théoriques indispensables pour évaluer les risques, mais fait également référence à une longue expérience des spécialistes en radioprotection « de terrain ».

Chaque fiche signalétique contient des informations présentées sous différentes rubriques fournissant successivement :

- des caractéristiques physiques du radionucléide et des valeurs de référence relatives à l'exemption de déclaration et à la réglementation des transports,
- des données de calculs de débits de dose pour différentes configurations de sources et de géométries y compris pour des contaminations cutanées,
- des données de calcul de limites pratiques de contamination surfacique et d'épaisseurs d'écrans et des indications relatives au choix des appareils de détection les plus adaptés,
- des valeurs de coefficients de dose par unité d'activité incorporée par inhalation ou ingestion pour évaluer l'exposition interne et des données de calcul de limites pratiques pour la prévention des risques dérivées des coefficients de dose les plus restrictifs ainsi qu'une information sur les organes exposés,
- des recommandations sur les activités maximales manipulables dans les laboratoires de faible et moyenne activité en fonction de la classification de la zone de travail et des équipements utilisés (boîte à gants, hotte ventilée ou paillasse).

Il était également important que le contenu des fiches soit accessible – non pas aux seuls spécialistes en radioprotection – mais également à un public d'origine très diverse. À cette fin, le lecteur trouvera dans un texte préliminaire, les notions sur la radioactivité et la radioprotection nécessaires à la compréhension des données. Chaque rubrique présentée dans les fiches est ensuite expliquée (description du modèle, hypothèses retenues, paramètres, références, etc.).

Remarque : Certaines des valeurs « guides » présentées doivent être considérées comme indicatives et pourront être modulées en fonction des conditions « locales » de radioprotection.



1] Notions de base : radioactivité et radioprotection

RAPPELS : de la source radioactive à l'exposition !

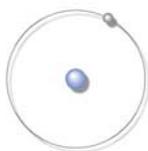
L'atome

La matière est constituée d'atomes. L'atome comprend un noyau autour duquel gravitent des électrons. Le noyau est lui-même constitué de protons et de neutrons – les nucléons – dont le nombre et la proportion varient selon l'élément (par exemple, le noyau d'hydrogène contient 1 proton, celui du plomb 210 contient 82 protons et 128 neutrons). Proton et électron portent une charge électrique égale mais opposée en signe, respectivement positive et négative. Le neutron n'est pas chargé électriquement.

Lorsque l'atome n'est pas ionisé, le nombre de protons est égal au nombre d'électrons ce qui en assure la neutralité.

La radioactivité

Hydrogène



Plomb 210

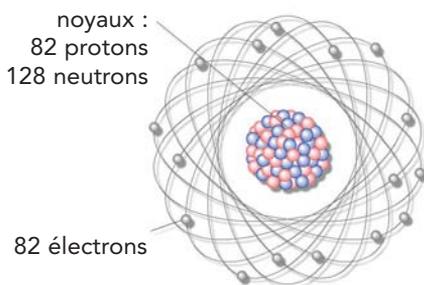
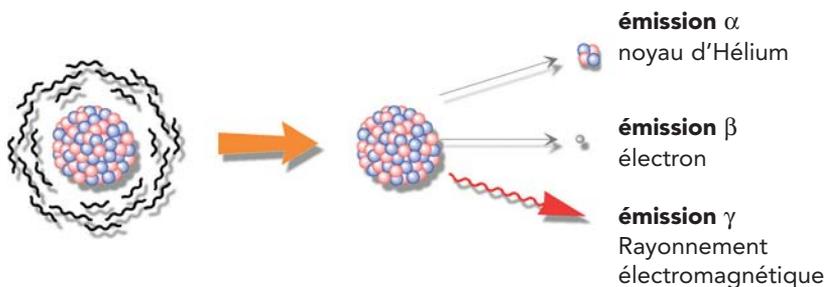


Schéma de l'atome

Dans la nature, les noyaux peuvent être stables ou instables. Les noyaux instables sont dits « radioactifs ». Ils vont tendre vers la stabilité en se désintégrant et en émettant des rayonnements (électromagnétiques, bêtas, alphas voire neutrons) qui emportent l'énergie libérée par la désintégration.

Désintégration d'un noyau instable



La radioactivité : un phénomène naturel ou artificiel



Enfin, la radioactivité sera dite « naturelle » ou « artificielle » selon qu'elle résulte d'un processus « technique » ou non (par exemple, l'irradiation, dans un réacteur nucléaire ou dans le faisceau d'un accélérateur de particules, peut transformer un élément stable en élément radioactif).

L'activité et le becquerel

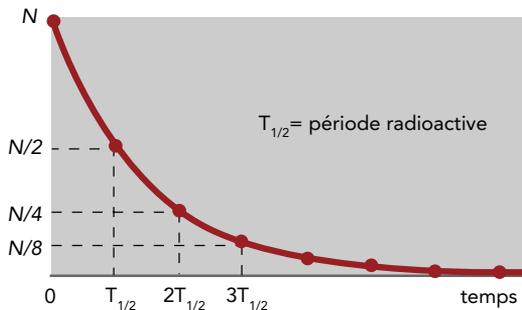
Une substance radioactive est caractérisée par son « activité ». Cette grandeur traduit le nombre de désintégrations qui se produit par unité de temps.

Avant l'introduction du Système International pour les unités de mesure (S.I.), l'activité était exprimée en curie (Ci). Le curie correspond au nombre de désintégrations par seconde produites par 1 gramme de radium à l'équilibre, soit 37 milliards de désintégrations par seconde.

Cette unité est remplacée depuis plusieurs années par le becquerel (Bq) qui est égal à 1 désintégration par seconde. Ainsi, 1 Ci équivaut à 37 milliards de Bq .

On utilise communément les multiples méga (MBq), giga (GBq) et térabecquerel (TBq) (respectivement, 1 million, 1 milliard et mille milliards de becquerels) ou plus rarement le sous-multiple milli-becquerel (mBq) pour les mesures liées à l'environnement.

La période radioactive



La période – notée $T_{1/2}$ – est le temps au bout duquel l'activité initiale est divisée de moitié. Ainsi, celle-ci sera divisée par 2 au bout d'une période, par 4 au bout de deux périodes etc. Les périodes peuvent être très différentes.

Exemples :

20 minutes pour le carbone 11,

8 jours pour l'iode 131,

5,3 ans pour le cobalt 60,

5730 ans pour le carbone 14,

4,5 milliards d'années pour l'uranium 238.

Les rayonnements γ , X, β , α , n

À chaque désintégration, le noyau radioactif peut générer simultanément des rayonnements de différentes natures :

- électromagnétique : photons γ issus du noyau ou X issus du cortège électronique de l'atome,
- particulaire : bêtas issus du noyau ou électrons issus du cortège électronique de l'atome, alpha (noyaux d'hélium) et parfois neutrons (cas du californium 252).

La nature électromagnétique ou particulaire confère aux rayonnements des modes d'interaction différents répondant à des lois physiques spécifiques (atténuation, parcours etc.).



L'énergie et le MeV

Les rayonnements sont caractérisés par leur énergie et leur pourcentage d'émission par désintégration.

L'énergie est exprimée en électron-volt (eV) ou plus généralement en ses multiples : kilo (keV) ou méga (MeV) électron-volt. On retiendra que 1 MeV est égal à $1,6 \cdot 10^{-13}$ joule.

Ainsi, le cobalt 60 émet 2 raies gamma à 1,17 et 1,33 MeV associées chacune à un pourcentage d'émission de 100 %.

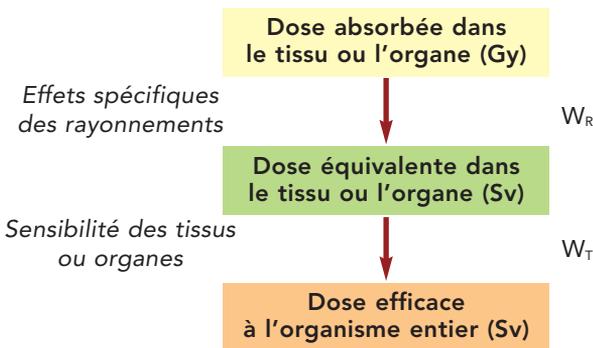
Attention ! Dans l'évaluation du risque, l'activité est un paramètre important. Pour un même radio-nucléide, le risque sera globalement proportionnel à l'activité. Mais il est lié également à la nature, à l'énergie et à la quantité de rayonnements émis. Ainsi, pour une même activité, le risque d'exposition externe associé à une source de tritium est négligeable comparé à celui d'une source de cobalt 60.

La dose absorbée et le gray

Les rayonnements déposent une fraction ou la totalité de leur énergie lorsqu'ils pénètrent dans la matière. La quantité d'énergie cédée par unité de masse de matière est appelée dose absorbée et s'exprime en gray (Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule.kg}^{-1}$$

L'effet des rayonnements et le sievert



L'effet des rayonnements sur l'organisme vivant dépend de la dose absorbée dans les tissus mais également de la nature du rayonnement et de la sensibilité des tissus ou organes irradiés.

Ainsi, la dose efficace qui rend compte de l'effet global des rayonnements sur l'organisme vivant résulte d'une modélisation du risque.

À partir de la dose absorbée, une double pondération est effectuée d'abord avec le facteur prenant en compte la qualité du rayonnement puis avec le facteur prenant en compte la sensibilité relative des tissus ou organes dans lesquels est répartie la dose absorbée.



Facteur w_R prenant en compte le type de rayonnement [3] :

Pour une même valeur de la dose absorbée, les photons, les neutrons ou les particules alpha n'ont pas la même « efficacité biologique ». La dose absorbée doit alors être pondérée en la multipliant par un facteur tenant compte de la qualité du rayonnement (« facteur de pondération w_R » défini dans le tableau ci-dessous). On parlera alors de dose équivalente qui sera exprimée en sievert (Sv).

Ainsi la « dose équivalente » H_T (Sv) au tissu ou à l'organe T sera égale à la dose absorbée par le tissu ou l'organe T pondérée suivant le type de rayonnement :

$$H_T \text{ (Sv)} = \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \text{ (Gy)}$$

Enfin, la « dose équivalente engagée » pour un travailleur correspond implicitement à la dose équivalente intégrée sur 50 ans après incorporation si la durée d'intégration n'est pas précisée. Quand la durée est précisée, la dose équivalente intégrée est dite dose tronquée sur la période d'intégration considérée.

W_R pour différents types de rayonnements

Types de rayonnements et énergies		W_R
X, γ (toutes énergies)		1
β , β^+ et électrons		1
Neutrons*	< 10 keV	5
	de 10 à 100 keV	10
	de 100 keV à 2 MeV	20
	de 2 MeV à 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protons (autres que protons de recul)	> 2 MeV	5
α , fragments de fission, noyaux lourds		20

*Voir les données réactualisées par l'ICRP 92 pour les neutrons.

W_T pour différents tissus ou organes

Tissus ou organe	W_T
Gonades	0,2
Moelle osseuse (rouge)	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Sein	0,05
Foie	0,05
Œsophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres	0,05

Facteur w_T prenant en compte la sensibilité des tissus ou des organes [3] :

Pour considérer le détriment global des rayonnements agissant sur les différents tissus ou organes d'un individu, on définit la « dose efficace » à partir de laquelle sont fondées les limites de doses pour l'organisme entier.

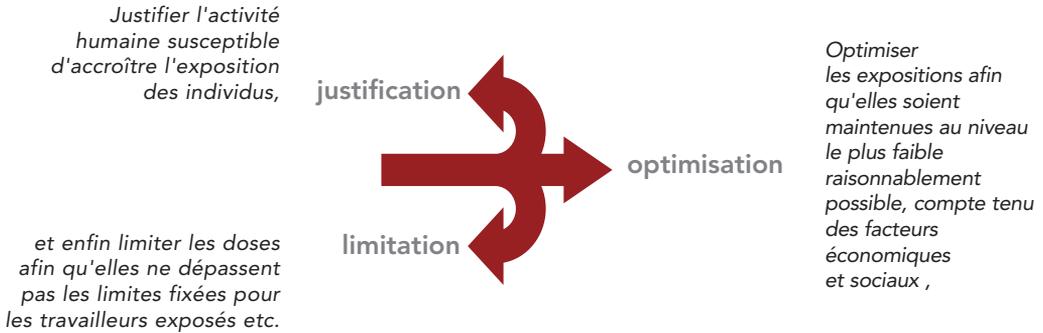
La « dose efficace » est la somme des doses équivalentes délivrées aux différents tissus ou organes du corps, par exposition externe et interne, et pondérées par un « facteur de pondération tissulaire » w_T , propre au tissu ou à l'organe T, selon la formule suivante :

$$E \text{ (Sv)} = \sum_T w_T \cdot H_T \text{ (Sv)}$$



RAPPELS : les principes fondamentaux de la radioprotection

La protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants repose essentiellement sur les principes de justification, d'optimisation et de limitation [4, 7] :



Ces principes se déclinent au travers des actions de prévention suivantes [4, 8] :

- l'évaluation préalable des risques radiologiques et la mise en œuvre d'une démarche d'optimisation de la radioprotection,
- la classification des lieux de travail en différentes zones en fonction du risque d'exposition associé,
- la classification des travailleurs en fonction de l'exposition susceptible d'être reçue,
- la mise en œuvre d'une réglementation et d'une surveillance adaptées aux différentes zones de travail et le cas échéant d'une surveillance individuelle,
- la surveillance médicale.

9

et au travers des limites de doses rappelées dans le tableau suivant :

		Travailleurs	Apprentis et étudiants (de 16 à 18 ans)	Femmes enceintes (grossesse déclarée)
Dose efficace <i>Exposition externe et interne</i>		20	6	<i>Les dispositions prises pour l'exposition de la femme, dans son emploi, doivent être telles que l'exposition de l'enfant à naître soit aussi faible que raisonnablement possible et en tout état de cause en dessous de 1 mSv.</i>
Dose équivalente	<i>crystallin</i>	150	50	
	<i>mains, avant-bras pieds et chevilles</i>	500	150	
	<i>peau (dose moyenne sur 1 cm²)</i>	500	150	

Limites de dose en mSv pour 12 mois consécutifs. (Art. R. 231-76 du code du travail) [12]

Nota : Les femmes qui allaitent ne doivent pas être affectées ou maintenues à des postes de travail comportant un risque d'exposition interne.



Le cadre réglementaire

La détention et l'utilisation de substances radioactives doivent répondre à des obligations réglementaires qui garantissent la protection des personnes et des biens... Ces dispositions visent principalement le statut de l'installation, l'organisation des zones de travail, la surveillance du personnel et des locaux, la nature et la fréquence des contrôles...

L'ensemble des dispositions de radioprotection doit maintenir l'exposition du personnel en dessous des limites réglementaires mais aussi traduire, en permanence, une démarche d'optimisation. Les principaux textes réglementaires sont regroupés dans le fascicule n° 1420 (dans sa dernière mise à jour) du Journal Officiel de la République Française et intitulé « PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS » [8].

Le statut de l'installation

La situation administrative des établissements qui abritent des laboratoires où sont utilisées des substances radioactives doit être conforme à la réglementation française. En particulier, la détention et l'utilisation de substances radioactives sont soumises à autorisation ou déclaration conformément aux dispositions du code de la santé publique. Ce code a été révisé par l'**Ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001** relative à la *transposition de directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants* (notamment, articles L 1133-1 à L 1133-17) [9] puis modifié par le **décret n° 2002-460 du 4 avril 2002** relatif à la *protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants* [10] et par le **décret n° 2003-295 du 31 mars 2003** relatif à *aux interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable* [11].

10

Toutefois, la détention et l'utilisation de substances radioactives peuvent être exemptées de cette autorisation lorsque, à un moment quelconque sur le lieu où la pratique est exercée, l'une ou l'autre des deux conditions suivantes est respectée :

- les quantités de radionucléides présentes ne dépassent pas au total les seuils d'exemption en Bq quelle que soit la valeur de la concentration d'activité de ces substances,
- la concentration par unité de masse des radionucléides présents ne dépasse pas les seuils d'exemption en Bq.g⁻¹ pour autant que les masses des substances mises en jeu soient au plus égales à une tonne.

En outre, si les quantités de substances radioactives détenues ou manipulées dépassent certaines valeurs seuils, l'établissement devra être soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ou des Installations Nucléaires de Base (INB) [13].

Ces exemptions ne s'appliquent pas aux activités destinées à la médecine, à la biologie humaine ou à la recherche médicale, biomédicale et vétérinaire.

Un référentiel de radioprotection adapté au statut...

La prévention du risque d'exposition aux rayonnements ionisants dans les installations nucléaires relève de dispositions réglementaires mises à jour en 2003 et introduites dans le code du travail par le **décret n° 2003-296 du 31 mars 2003** relatif à la *protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants* [12]. Ces dispositions constituent le référentiel réglementaire actualisé de la radioprotection.

La conception des laboratoires, la qualité des équipements, l'organisation des zones de travail, la nature et la fréquence des contrôles, les contraintes nécessaires pour assurer la protection des personnes et des biens etc. vont s'y référer et dépendre **du classement administratif de l'installation**.



On distinguera globalement les installations qui comportent des laboratoires dits de « haute activité » (Installations Nucléaires de Base, certaines ICPE) de celles qui abritent des laboratoires de « faible et moyenne activité ».

Les « laboratoires de haute activité »

La conception de l'installation et les équipements des laboratoires sont adaptés aux activités manipulées qui peuvent être très élevées. On y trouve généralement :

- des circuits de ventilation et de filtration raccordés à des émissaires de rejets gazeux ou chimiques,
- un contrôle continu de la contamination atmosphérique et de l'irradiation externe,
- des blindages pour la protection contre l'irradiation externe,
- des détecteurs pour la prévention contre les incendies et présence de « secteurs feu »,
- des vestiaires et sas d'accès aux zones de travail,
- etc.

Pour ces installations, il est souvent nécessaire de faire des études de radioprotection particulières ou d'établir des dossiers de sûreté assortis de prescriptions techniques. Le contrôle périodique du bon fonctionnement des équipements y est, par exemple, obligatoire.

Les « laboratoires de faible et moyenne activité »

Les laboratoires ne comportent généralement que des équipements simples (paillasse, hottes ventilées ou boîtes à gants). En général, ces laboratoires ne possèdent pas de moyens de contrôle de radioprotection en continu, ni d'émissaire de rejets gazeux suffisamment surélevé pour éviter tout recyclage.

11

En contrepartie, les activités des sources non scellées manipulées y sont faibles et, très souvent, n'atteignent pas les limites supérieures des activités fixées pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (I.C.P.E.) soumises à simple déclaration.

Les zones de travail

Dans une installation nucléaire il est nécessaire de fixer des règles techniques d'aménagement des locaux de travail et de réglementer l'accès aux zones où sont utilisés ou entreposés des radionucléides.

Sur la base d'une évaluation préalable et de l'avis de la personne compétente en radioprotection, on délimitera, autour des sources ou des appareils émettant des rayonnements, deux zones (Art. R. 231-81 du code du travail) [12] :

- **une zone surveillée** dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace dépassant 1 mSv par an ou bien une dose équivalente annuelle dépassant le dixième de l'une des limites fixées pour les expositions partielles de l'organisme,
- **une zone contrôlée** dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace de 6 mSv par an ou bien une dose équivalente annuelle dépassant les trois dixièmes de l'une des limites fixées pour les expositions partielles de l'organisme.

Nota : Une zone non réglementée, non définie dans la réglementation, peut être établie pour délimiter une zone où on ne trouvera aucune source de rayonnement.



La classification des travailleurs

En vue de déterminer les conditions dans lesquelles doivent être effectuées la **surveillance radiologique** et la **surveillance médicale** des travailleurs exposés, on distingue deux catégories réglementaires de travailleurs susceptibles d'être exposés (Art. R. 231-88 du code du travail) [12] :

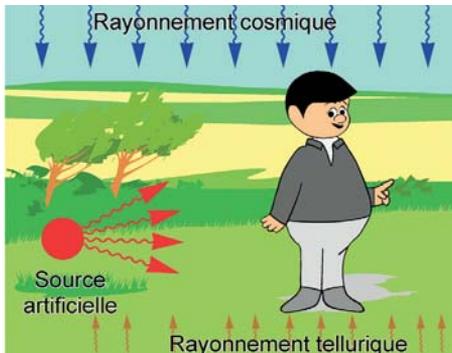
- les travailleurs de **catégorie A** qui sont susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, une dose efficace supérieure à 6 mSv par an ou bien une dose équivalente annuelle supérieure aux trois dixièmes de l'une des limites fixées pour les expositions partielles de l'organisme,
- les travailleurs de **catégorie B** qui sont les autres travailleurs exposés aux rayonnements qui ne relèvent pas de la catégorie A.

Ces travailleurs bénéficient d'une surveillance dosimétrique adaptée (Art. R. 231-93 et R. 231-94 du code du travail) [12] **et d'une surveillance médicale spéciale.** (Art. R. 231-88 du code du travail) [12].

2] Risques liés à la manipulation des radionucléides

2.1] Risques à prendre en compte

Ces risques sont répertoriés selon les deux modes d'exposition aux rayonnements ionisants : l'exposition externe et l'exposition interne.



Exposition externe



Exposition interne

Les risques d'exposition externe

On distingue les modes d'exposition suivants :

- l'exposition externe « **AU CONTACT** ». La manipulation des substances radioactives amène à toucher les récipients qui les contiennent (bêchers, pipettes, seringues...), ou les matériels qui ont été souillés par ces substances. En situation d'incident, celles-ci peuvent elles-mêmes se déposer sur la peau,
- l'exposition externe « **À DISTANCE** ». Toutes les parties du corps de l'opérateur restent éloignées des substances radioactives même si certaines parties (mains, avant-bras...) en sont plus proches occasionnellement lors de manipulations avec ou sans pinces,
- l'exposition externe « **PAR IMMERSION** » dans un « nuage ». Ce type de risque, moins fréquent, se rencontre lors de la manipulation de sources radioactives gazeuses. Il doit être pris en compte dans les laboratoires qui jouxtent les cyclotrons pour la fabrication des radionucléides à vie courte (par exemple, ^{18}F , ^{14}C , ^{123}I , etc.).



Les risques d'exposition interne

Ils résultent de l'incorporation des radionucléides dans l'organisme par trois voies principales :

- l'inhalation après dissémination atmosphérique de gaz, vapeurs ou aérosols,
- l'ingestion après contamination des mains ou d'objets portés à la bouche,
- le transfert à travers la peau avec ou sans blessure associée, après une contamination corporelle éliminée tardivement ou après un simple contact avec certains radionucléides très pénétrants (eau tritiée...) ou substances chimiques agressives (solutions acides, solvants...).

Et les autres RISQUES ?

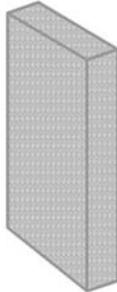
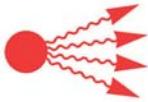
Les substances radioactives sont également des substances chimiques dont la manipulation est souvent accompagnée de nuisances autres que radiologiques. En outre, les substances radioactives sont souvent intimement mêlées à des produits chimiques qui peuvent être agressifs pour l'organisme humain, voire toxiques, mutagènes ou cancérigènes. **De ce fait, si les problèmes de radioprotection retiennent ici toute notre attention, il convient de ne jamais oublier les risques chimiques associés.**

2.2] Protection contre l'exposition externe et interne

Contre l'exposition externe

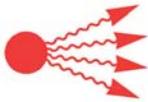
La protection contre l'exposition externe repose sur trois facteurs : l'utilisation d'écran de protection, le temps et la distance.

• Écran



- γ , X : matériaux lourds (plomb, acier, etc.)
- β , e^- : matériaux légers (verre plexiglas, etc.)

• Distance



- S'éloigner de la source
- Utiliser des pinces
- etc.

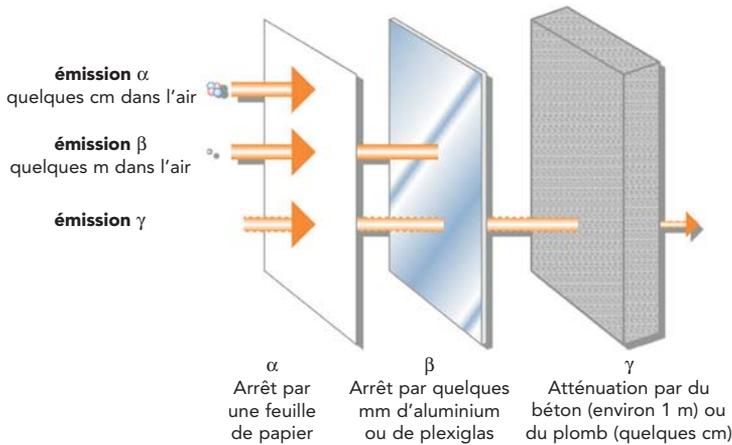
• Temps



- Réduire le temps d'exposition
- Optimiser la gestuelle
- Pas d'improvisation !



Remarques sur les écrans



Les rayonnements β et α sont caractérisés par un parcours dans la matière qui varie avec l'énergie des particules.

Les particules alpha ont un parcours dans l'air qui n'excède pas quelques centimètres et une feuille de papier suffit à les arrêter.

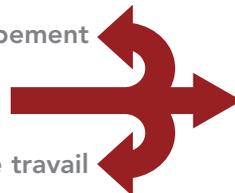
Quelques millimètres de matériaux légers suffisent généralement à arrêter les β . L'arrêt des particules β génère un rayonnement électromagnétique dit de « freinage » qui sera d'autant plus important que le matériau de l'écran est de forte densité. Pour réduire ce phénomène, on utilisera alors de préférence des écrans de plexiglas, verre, aluminium etc.

Contrairement aux rayonnements β et α , les rayonnements électromagnétiques γ et X ne sont pas arrêtés mais seulement atténués dans la matière. Leur atténuation suit une loi physique de type exponentiel dès qu'une épaisseur minimale d'écran a été franchie. On utilise généralement des matériaux de forte densité. L'épaisseur de l'écran dépend de sa nature et de l'énergie du rayonnement. Pour calculer des épaisseurs d'écrans de manière assez précise on utilise les courbes d'atténuation dans des matériaux comme le plomb ou l'acier. De façon plus générale, on considère les grandeurs $x_{1/2}$ ou $x_{1/10^e}$ qui sont respectivement les grandeurs qui atténuent d'un facteur 2 et 10 le rayonnement incident. Dans la partie exponentielle des courbes d'atténuation, à titre d'exemple, l'épaisseur $x_{1/10^e}$ pour le cobalt 60 est de 4,5 cm dans le plomb et 7,0 cm dans l'acier. Pour atténuer le rayonnement incident d'un facteur 100, il faudra alors une épaisseur d'écran de 9 cm de plomb ou de 14 cm d'acier.

Contre l'exposition interne

La protection contre l'exposition interne repose sur les principes suivants : conception des équipements et locaux (ventilation, filtration, dépression etc.), protection individuelle adaptée (blouses, gants, masques etc.), contrôles systématiques du poste de travail.

Conception : locaux et équipement



Protection individuelle

Contrôles systématiques du poste de travail



2.3] Mesure de l'exposition externe et de la contamination

Mesure de l'exposition externe

En radioprotection, la mesure de l'exposition externe s'effectue à l'aide de radiamètres qui permettent d'évaluer la dose en profondeur – dite à l'organisme – et/ou la dose superficielle – dite à la peau. Cette dernière peut être significativement différente de la dose en profondeur dans le cas où le rayonnement est peu pénétrant (β ou γ , X de faible énergie). Généralement un capot amovible sur l'appareil permet d'effectuer les deux types de mesures. La différence entre les deux valeurs permet souvent d'évaluer la composante β .

Les appareils actuels sont généralement étalonnés en $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ (ou $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) pour les mesures en débit et en μGy (ou μSv) pour les mesures intégrées.

Mesure de la contamination

Le contrôle de la contamination s'effectue avec différents types d'équipements selon qu'il s'agit de contamination atmosphérique ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) ou de contamination surfacique ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$).

La contamination atmosphérique s'évalue à l'aide d'un « aspirateur » qui prélève, à débit connu, sur un filtre l'air ambiant du local. L'activité des poussières recueillies est alors mesurée, elle représente l'activité des poussières respirables présentes dans le volume d'air prélevé.

La contamination surfacique ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$) s'évalue à l'aide d'un détecteur muni d'une sonde adaptée aux rayonnements à mesurer. La mesure peut être effectuée directement sur la surface contaminée ou de manière indirecte sur un frottis ayant recueilli une fraction de la contamination labile (non fixée). Les sondes délivrent généralement un signal en choc/seconde qu'il faut convertir ensuite en activité surfacique en tenant compte du rendement de la sonde en fonction de l'énergie du rayonnement. Ce rendement dépend de la configuration géométrique de la mesure (surface de la sonde, surface de l'échantillon mesuré, distance de la sonde à l'échantillon, auto-absorption).

15

3] Description des fiches de radioprotection

Le choix des grandeurs retenues et la description des données compilées pour les besoins de la radioprotection sont explicités dans ce chapitre.

La composition des fiches est représentée ci-après. Elle fait apparaître pour chaque radionucléide : les caractéristiques physiques, les données concernant l'exposition externe et l'exposition interne, les limites pratiques pour les contaminations surfaciques et atmosphériques, les protections, la détection, les activités manipulables en fonction des équipements utilisés (pailleasse, hotte ventilée, boîte à gants).

Remarques concernant le traitement des corps en filiation

Les radionucléides en filiation ont été traités de la façon suivante :

- les radionucléides, en filiation avec un descendant unique, font l'objet d'une fiche commune. Cependant, dans le cas où la séparation physique des constituants est possible (par élution, par exemple), le « fils » fait l'objet d'une fiche individuelle. Par exemple, dans le cas du couple (^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$) le lecteur trouvera la fiche du ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ et celle du $^{99\text{m}}\text{Tc}$,
- les radionucléides (père – fils quand il est descendant unique) sont supposés à l'équilibre,
- tous les résultats se réfèrent à une activité nominale du père mais les émissions de rayonnements



- et les calculs prennent en compte la contribution de chacun des descendants dans la proportion de leur activité produite dans la filiation considérée,
- l'activité massique indiquée est l'activité pour 1 g de radionucléide père en prenant en compte la contribution de l'activité du père et celle des descendants présents,
 - pour les éléments lourds donnant des produits de filiation en nombre plus élevé (plomb, radium, uranium, plutonium, américium etc.), il n'est pas possible de répondre de manière simple à toutes les situations qui se poseront aux utilisateurs. En effet, l'élément père peut ne pas toujours être en équilibre avec tous ses descendants (par exemple, après la séparation ou l'extraction d'un élément) et ces derniers ont alors une activité qui va dépendre de l'âge de l'échantillon.

Néanmoins, pour donner des clefs au lecteur, ces éléments ont été traités de la manière suivante :

- a) Les éléments concernés et les produits de filiation qui doivent être associés sont clairement identifiés sur la fiche. Pour chacun d'eux, une table en annexe donne les produits de filiation et leur activité rapportée à 1 Bq du père en fonction du temps ; ces tables montrent que des associations de radionucléides en filiation peuvent constituer des chaînes entières ou des fragments de chaînes pour rendre compte de possibles séparations radiochimiques et de remises partielles à l'équilibre.

L'uranium naturel, par exemple, est composé des éléments uranium 234, 235, 238 dans des proportions respectives en masse de 0,0056 %, 0.711 % et 99.28 %. Ces éléments sont pris à l'équilibre avec tous leurs descendants radioactifs (respectivement 10, 14 et 12 descendants).

16

Dès les extractions chimiques du minerai d'uranium et la préparation des produits raffinés puis après les séparations isotopiques des uraniums, de nouveaux équilibres se reconstituent plus ou moins vite. Parmi les cas complexes que les filiations des uraniums peuvent produire, outre le cas de l'uranium naturel, nous avons retenu les produits suivants issus de la séparation :

- l'uranium 234 seul qui ne reconstituera sa filiation que très lentement puisque son premier descendant, le thorium 230, a une période de 77 000 ans,
 - l'uranium 235 avec le thorium 231 dont la période de 25,52 h le met très vite à l'équilibre avec le père alors que les autres descendants ne se reconstituent que très lentement et peuvent être négligés pendant un très long temps après l'extraction de l'²³⁵U,
 - l'uranium 238 et ses premiers descendants (²³⁴Th, ^{234m}Pa et ²³⁴Pa) dont les périodes, de 24,1 j, 1,17 min et 6,7 h respectivement, les mettent très vite à l'équilibre avec le père alors que les autres descendants ne se reconstituent que très lentement et resteront négligeables longtemps.
- b) Sous le nom de l'élément figure la mention « produits de filiation : de « père » au « dernier descendant » – voir annexe n° ». Par exemple, dans le cas de la fiche de l'²³⁸U avec ses 1^{er} descendants, figure la mention « produits de filiation : ²³⁸U à ²³⁴Pa – voir annexe 3 ».
- c) Le lecteur, en fonction de l'historique de son échantillon, pourra se référer aux tables données en annexe et pondérer les différentes données en fonction de la proportion des éléments présents dans le « mélange ». Cependant, une fiche est donnée pour chacun des segments prépondérants des filiations que l'on peut rencontrer avec les principaux éléments lourds.



description des caractéristiques physiques

page 18

Période : 3,26 jours Activité massique : $1,12 \cdot 10^{16} \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ Groupe de risque : 4 $^{132}_{52}\text{Te} / ^{132}_{53}\text{I}$
 Descendant : Embr. = 1 ; T = 2,3 heures

Tellure - 132 / Iode - 132

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	Concentration en Bq.g ⁻¹
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Transport (Bq)	A1
E1	668	99	1185	19	195	7			1.10 ⁷	1.10 ⁷
E2	773	76	1617	13	223	1			Transport (Bq)	
E3	1399	7	2140	18	738	<1			A1	3.10 ¹¹
% omis		292		151		84			A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq ⁻¹				Données pratiques		
Inhalation				h/gj pire	h/gj filtr.	
Composés non spécifiés	R	1 µm	5 µm	1,8.10 ⁻⁷	1,9.10 ⁻⁷	
	Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 µm	5 µm	2,4.10 ⁻⁷	2,6.10 ⁻⁷
		L	1 µm	5 µm	3,0.10 ⁻⁷	3,0.10 ⁻⁷
Vapeur de tellure et d'iode iodure de méthyle	F	1 µm	5 µm	5,1.10 ⁻⁷	5,4.10 ⁻⁷	
	V			-	2,0.10 ⁻⁸	

Écrans, détection, contamination des surfaces

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
		Zone Surveillée (ZS)			Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3.1.10 ³	3.1.10 ⁴	1.0.10 ⁴	1.0.10 ⁵	1.0.10 ⁵	
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	3.0.10 ³	3.0.10 ⁴	1.0.10 ⁴	1.0.10 ⁵	1.0.10 ⁵	
Vapeur de tellure	1	Interdit	1.1.10 ³	Interdit	3.7.10 ⁴	3.7.10 ⁴	

description de l'exposition externe page 19

description de l'exposition interne page 22

description des activités maximales manipulables (AMM) page 30

description des écrans, de la détection et contamination des surfaces page 25

3.1] Caractéristiques physiques

Le premier bandeau d'identification contient les indications suivantes (figure 1 ci-contre) :

- l'identification du radionucléide et de sa filiation si elle doit être prise en considération. La représentation symbolique indique le symbole, le numéro atomique et le nombre de masse du



Période : 3,26 jours

Activité massique : $1,12 \cdot 10^{16}$ Bq.g⁻¹

Groupe de risque : 4

$^{132}_{52}\text{Te} / ^{132}_{53}\text{I}$

Descendant : Embr. = 1 ; T = 2,3 heures

Tellure - 132 / Iode - 132

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁷
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E1	668	99	1185	19	195	7				
E2	773	76	1617	13	223	1				
E3	1399	7	2140	18	738	<1				
% omis		292		151		84				

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Figure 1 : Caractéristiques physiques et seuils dans le cas du ^{132}Te

précurseur et du descendant si ce dernier est unique. Si la filiation comporte plus d'un descendant, un signe « + » est placé derrière le symbole du précurseur.

Quand un seul descendant est retenu, le rapport d'embranchement et la période radioactive de ce descendant sont indiqués.

Pour les filiations plus complexes des noyaux lourds, la longueur de la chaîne des descendants est indiquée et un renvoi à l'annexe correspondant à la chaîne de filiation est mentionné. Pour chaque chaîne retenue, l'âge de l'échantillon et les activités relatives de ses composants sont indiqués par la mise en valeur en gras des données correspondantes. Ainsi, la fiche $^{241}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ est établie pour un échantillon formé après 40 ans de décroissance du ^{241}Pu .

- **la période radioactive** [15, 33], exprimée dans l'unité la plus adaptée (heure, jour, an),
- **l'activité massique** en Bq.g⁻¹. Il s'agit de la somme des activités des radionucléides pris en considération dans la filiation par gramme du seul élément précurseur.
- **la classification dans un groupe de risque**. Dans des conditions de travail déterminées, chaque radionucléide présente un risque potentiel spécifique d'exposition externe due aux rayonnements β et γ émis et d'exposition interne par incorporation en raison d'une possible mise en suspension dans l'atmosphère. Le risque relatif propre à chaque radionucléide peut être caractérisé par l'activité de ce radionucléide qui entraînerait, dans les mêmes circonstances d'exposition, la même exposition globale que tout autre radionucléide (exposition externe et exposition interne cumulées).

Ainsi les seuils d'exemption en Bq, attribués à chacun des radionucléides, ont été calculés, dans un scénario d'utilisation prédéterminé, afin que la dose efficace que pourrait recevoir toute personne du public, du fait de l'utilisation de ce radionucléide, soit de l'ordre de 10 μSv ou moins. Ces seuils d'exemption peuvent être retenus pour définir une échelle de risque pour les radionucléides.

De même, pour déterminer les activités maximales manipulables dans les laboratoires en fonction des équipements utilisés, chaque radionucléide a été caractérisé, dans le paragraphe 3.5, par une activité A_0 présentant le même risque potentiel global (exposition externe et exposition interne cumulées) quand elle est manipulée sur une paillasse de laboratoire en zone contrôlée. Ces activités A_0 pourraient également définir une échelle de risque pour les radionucléides utilisés en laboratoire. Bien que plus adaptée au cas des travailleurs, nous n'avons pas retenu cette possibilité pour ne pas introduire de confusion avec les seuils d'exemption.



Dans ce guide, une classification des radionucléides dans une échelle de risque commune a été adoptée en fonction de leur niveau d'exemption en Bq. Pour simplifier cette échelle on a ensuite construit 5 groupes de risques dans lesquels ont été classés les radionucléides selon les critères suivants :

Groupes de risque		Critères de sélection utilisés	
n°	Potentiel de risque	couleur	Selon seuil d'exemption (SE)
1	très élevé	Rouge	SE A 10^4 Bq
2	élevé	Orange	SE = 10^5 Bq
3	modéré	Jaune	SE = 10^6 Bq
4	faible	Vert	SE = 10^7 Bq
5	très faible	Bleu	SE B 10^8 Bq

Chaque fiche de radionucléide est présentée sous une couleur dominante en relation avec le groupe de risque comme indiqué ci-dessus.

- **les principales émissions** décrivent la nature des principaux rayonnements [15, 33] α , β , e^- (électron), X ou γ , leurs énergies en keV, leurs taux d'émissions correspondants en pour-cent (voir la figure 1 ci-contre). Nous avons choisi d'inscrire un maximum de trois émissions les plus caractéristiques pour chaque type de rayonnement. Le critère de sélection retenu est l'importance de l'émission au niveau de la radioprotection. Cependant, afin de pallier l'aspect réducteur de cette démarche (certains éléments ont des émissions multiples, par exemple ^{140}La ou ^{152}Eu), nous indiquons le pourcentage d'émissions omises.
- **les seuils d'exemption**, exprimés en activité totale (Bq) et en concentration ou activité massique (Bq.g^{-1}), sont définis dans les Normes Fondamentales de Sûreté de l'AIEA [3], dans la Directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996 [4], dans le décret français relatif à la protection générale des personnes [10] et dans l'arrêté fixant les seuils d'exemption d'autorisation [14]. Selon la Directive Européenne, ces seuils sont des valeurs à partir desquelles toute intention de détention, de manipulation ou de transport d'un radionucléide doit être déclarée par écrit aux autorités compétentes.
- **les activités de référence A_1 et A_2 pour les transports** ; A_1 et A_2 sont les activités maximales (exprimées en Bq) qui peuvent être transportées dans un emballage de type A [5, 6]. A_1 correspond aux matières radioactives sous « forme spéciale » et A_2 à toutes les autres formes. Les valeurs indiquées sont extraites du tableau 2.2.7.2.1 de l'annexe B de l'arrêté ADR ou, pour les radionucléides n'y figurant pas, attribuées par défaut à partir du tableau 2.2.7.2.2. [5]. Elles sont en application dans les réglementations internationales depuis le 1^{er} janvier 2001. Les valeurs par défaut, signalées comme telles sur la fiche du radionucléide concerné, sont très contraignantes, mais il est possible de requérir l'agrément par l'autorité compétente de valeurs calculées plus adaptées, sur la base d'un dossier de justification.

3.2] L'exposition externe

Les émissions X, γ , β et e^- et les neutrons (par exemple, pour le californium 252) produisent une exposition externe qui dépend de l'énergie du rayonnement, de sa nature ainsi que du conditionnement et de la géométrie de la source. Selon le cas envisagé, on considérera l'exposition superficielle (ou exposition de la peau) définie à une profondeur de 7 mg.cm^{-2} dans les tissus ou l'exposition en profondeur de l'organisme [16].

Pour illustrer les manipulations, nous avons retenu différents gestes et différentes situations couramment rencontrés dans les laboratoires. Afin de comparaison directe entre radionucléides,



les débits de dose au contact ou à distance de sources et de récipients ont été calculés pour des activités totales ou spécifiques identiques égales à 1 Bq. L'unité adoptée pour quantifier les risques qui résultent de ces différents cas d'exposition externe est le débit de dose horaire exprimé en $\mu\text{Sv.h}^{-1}$.

Les gestes retenus dans cet ouvrage pour illustrer la manipulation de certains radionucléides sous forme non scellée sont parfois peu adaptés à la réalité (par exemple, l'utilisation d'une seringue pour la manipulation d'uranium). Cependant, par analogie, le lecteur pourra transposer les valeurs indiquées à tout autre conteneur de dimensions comparables.

Pour effectuer les calculs, les codes de calcul en référence [33] ont été utilisés.

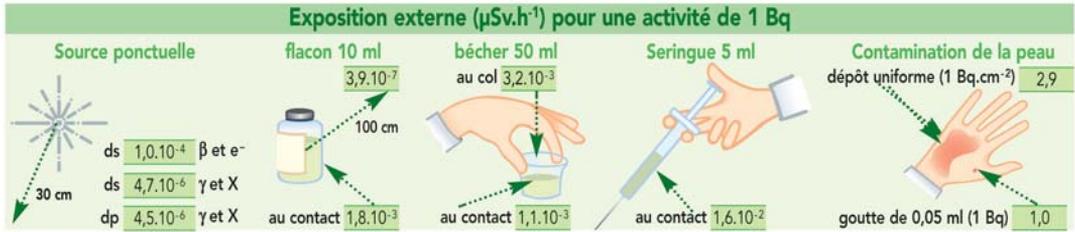


Figure 2: Données pour évaluer l'exposition externe dans le cas du ^{132}Te

3.2.1] Exposition externe à distance

Nous avons considéré successivement le cas d'une source ponctuelle dans l'air et celui d'un flacon de type « pénicilline » (voir la figure 2 ci-dessus).

a) Source ponctuelle

Dans le cas d'une source ponctuelle « à nu » située à 30 cm dans l'air (distance moyenne de l'avant-bras) nous avons choisi de faire figurer à la fois la dose en profondeur (ou organisme entier) due à la composante X et γ et les doses superficielles (ou dose peau) dues, respectivement, à la composante β , e^- et à la composante X, γ . Ceci pour signaler à l'opérateur que l'interposition d'un écran d'épaisseur égale au parcours maximal des β et e^- permet de réduire considérablement cette exposition superficielle.

b) Liquide dans un flacon

Nous avons considéré un flacon de type « pénicilline » contenant en général les solutions « mères » ou les solutions en stock. Dans ce cas, la source a été modélisée par un cylindre de 2,3 cm de diamètre et 2,5 cm de hauteur dont le contenu de densité 1 est dans une enveloppe de verre d'épaisseur 1,5 mm et de densité 2,7. Nous donnons les valeurs suivantes :

- Dose superficielle, au contact, (composantes β , e^- et X, γ cumulées),
- Dose en profondeur sous 1 g.cm^{-2} , à 1 m dans l'air (cette distance simule la distance opérateur – plan de travail) [17].

3.2.2] Exposition externe au contact de récipients

Nous avons considéré successivement le cas d'un bécher et le cas d'une seringue. Les doses indiquées sont des doses superficielles qui tiennent compte des composantes β , e^- et X, γ .

Dans chacun des cas, la dose a été calculée sous 7 mg.cm^{-2} au contact des récipients [17] et au niveau du col du bécher (le point de calcul est visualisé par l'extrémité de la flèche sur la figure 2 ci-dessus). Ce point correspond à la dose maximale pouvant être reçue lors de la préhension.

Toutefois, pour des raisons pédagogiques, les illustrations représentées sur la fiche montrent les doigts du manipulateur dans une position correcte qui permet de les éloigner le plus possible de la source.



a) Solution dans un bécher

Le bécher de 50 cm³ contenant 20 cm³ de solution a été modélisé par un cylindre de 4 cm de diamètre et 1,6 cm de hauteur dont la solution, de densité 1, est contenue dans une enveloppe de verre épaisse de 2 mm et de densité 2,7. Notons que dans le cas du bécher (2 mm de verre) la composante β est souvent négligeable (hormis pour quelques corps tels que ⁴²K, ⁹⁰Y ou ¹⁴⁴Pr). Par contre, elle contribue fortement à la dose au col du bécher situé à 3,5 cm au-dessus de la surface libre de la solution.

b) Solution dans une seringue

La seringue de 5 cm³ contenant 2,5 cm³ de solution a été modélisée par un cylindre de 1,2 cm de diamètre, 2,2 cm de hauteur dont la solution, de densité 1, est contenue dans une enveloppe de plastique épaisse de 1 mm et de densité 1. Dans le cas de la seringue, la contribution des β peut être importante (2,4 10⁻² μ Sv.h⁻¹ par Bq de ³²P).

Remarques :

- L'absorption du rayonnement β dans la paroi des récipients est le siège d'un **rayonnement électromagnétique** dit de « **freinage** ». Pour une activité importante de la source, celui-ci peut induire une dose significative. Une remarque est portée sur la fiche pour attirer l'attention du lecteur sur ce point.
- Pour cette raison également, dans le cas des radionucléides émetteurs β « purs » (³H, ¹⁴C, ³⁵S, ³²P, ³⁶Cl et ⁴⁵Ca) pour lesquels le calcul de débit de dose derrière une épaisseur de protection conduit à une valeur très faible ou nulle, nous avons porté la mention « **Rayt freinage** ». Pour ces radionucléides très utilisés en laboratoire, la valeur du débit de dose au-dessus de la surface de la solution et au niveau de l'ouverture du bécher ne doit pas être négligée.
- Notons enfin le bon accord entre les valeurs calculées et présentées ici et celles disponibles dans la littérature [18, 19, 20, 21, 22].

21

3.2.3] Exposition de la peau lors d'une contamination corporelle

Bien que toute contamination corporelle doive être éliminée dans les plus brefs délais, dès qu'elle est repérée et quel que soit son niveau en raison des risques de transferts indésirables à l'intérieur de l'organisme, il ne faut pas négliger d'évaluer l'exposition externe à la peau qui en résulte car elle peut être très importante.

Nous avons considéré deux situations pour illustrer une contamination corporelle. La première est une contamination surfacique homogène sur la peau égale à 1 Bq.cm⁻² [16, 17] et la seconde correspond à la projection d'une goutte de 0,05 cm³ de substance radioactive d'activité totale égale à 1 Bq. La goutte a été modélisée par un cylindre de densité 1, de 1 cm² de section et de 0,5 mm de hauteur [17] (voir la figure 2 ci-contre).

Les valeurs des doses à la peau ont été calculées à une profondeur moyenne de la couche basale de l'épiderme égale à 70 μ m. À cette profondeur, la dose délivrée lors d'une contamination surfacique est principalement due à la composante β et électronique du radionucléide. La contribution γ à la dose est généralement de quelques pour-cent. Enfin, la comparaison des valeurs obtenues dans le cas du dépôt homogène (infiniment mince) et celui de la goutte, donne une idée de l'atténuation des β dans les tissus.

Nota : Ces valeurs sont données en considérant que la pénétration de la contamination à travers la peau peut être négligée, ce qui suppose une élimination dans un délai très bref de cette contamination.



3.3] L'exposition interne

Dans des conditions normales de travail, l'exposition externe peut être justifiée à de faibles niveaux car elle résulte des rayonnements émis par des sources qui ne sont le plus souvent qu'atténués par les écrans de protection et non pas arrêtés, même si ces sources sont bien confinées et bien protégées. Par contre, l'exposition interne, même faible, doit être considérée comme reflétant une situation anormale de travail. Le confinement des sources vis-à-vis de l'air respirable et des surfaces de travail accessibles doit être total de façon à éviter tout risque d'incorporation de radionucléides dans l'organisme.

Les données que nous présentons ci-dessous permettent :

- 1 - Aux médecins habilités, d'évaluer les conséquences d'une incorporation accidentelle de radionucléide, en utilisant les coefficients de dose engagée par unité d'incorporation par inhalation ou par ingestion. Un premier ordre de grandeur peut être obtenu par l'utilisation des Activités Incorporées conduisant à une dose efficace engagée égale à 20 mSv (AI_{20}). Notons que ces valeurs de AI_{20} , données à titre indicatif, ont été recalculées à partir des coefficients de dose les plus restrictifs (voir § 3.3.2),
- 2 - Aux personnes compétentes en radioprotection, de pré-évaluer les risques résultant d'une contamination atmosphérique en utilisant les Limites Pratiques de Concentration dans l'Air (LPCA) pour déterminer la conduite à tenir au poste de travail.

Exposition interne pour les travailleurs					Données pratiques	
Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq ⁻¹					Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ⁽²⁾
Inhalation			h(g) père	h(g) filiat.		
Composés non spécifiés	R	1 µm	1,8.10 ⁻⁹	1,9.10 ⁻⁹	4,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,5.10 ³ Bq.m ⁻³
		5 µm	2,4.10 ⁻⁹	2,6.10 ⁻⁹		
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 µm	2,2.10 ⁻⁹	2,2.10 ⁻⁹		
		5 µm	3,0.10 ⁻⁹	3,0.10 ⁻⁹		
	L	1 µm				
		5 µm				
Vapeur de tellure et d'iode	F		5,1.10 ⁻⁹	5,4.10 ⁻⁹		
Iodure de méthyle	V		-	2,0.10 ⁻¹⁰		
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés			0,3	3,7.10 ⁻⁹	4,0.10 ⁻⁹	

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Thyroïde (R), poumons (M 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm)
 Ingestion : Thyroïde

$AI_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 3,7.10^6$

$AI_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 5,0.10^6$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Figure 3 : Données pour l'exposition interne dans le cas du ¹³²Te

3.3.1] Dose efficace engagée par unité d'incorporation.

Les expositions internes résultant d'une incorporation de radionucléides par inhalation ou par ingestion sont évaluées à partir de coefficients de dose $h(g)_{inhalation}$ et $e(g)_{ingestion}$ exprimés en Sv.Bq⁻¹ et sont donnés par l'AIEA [3] dans ses Normes Fondamentales de Sûreté (NFS), par la Directive Européenne 96/29 [4], par les publications 30, 68 de la CIPR [28, 29] et la base de données sur CD-ROM de la CIPR [30]. Ces coefficients sont établis pour les travailleurs et pour les personnes du public et prennent en compte l'âge des personnes exposées. Dans cet ouvrage, ne sont considérés que les travailleurs.

Inhalation

La dose efficace engagée par Bq inhalé dépend du type de composé physico-chimique associé au radionucléide – particules d'aérosols, gaz, réactifs ou vapeurs – Le type de composé détermine les conditions de transferts pulmonaire, intestinal et dans les fluides corporels.



Dans le cas des particules d'aérosols, nous avons considéré les trois types d'absorption pulmonaire retenus par la CIPR – Rapide (R), Modéré (M) ou Lent (L) – et deux tailles de particules respirées – 1 et 5 μm – Cette taille est définie par le diamètre aérodynamique médian en activité (AMAD). Dans le cas des gaz, réactifs ou vapeurs, nous avons considéré les paramètres de transfert dans les fluides corporels retenus par la CIPR – rapide (F), complet et instantané (V), durée de séjour et dépôts partiels dans les voies respiratoires (c ou d). Les données correspondantes concernent les radioisotopes des huit éléments suivants : tritium, carbone, soufre, nickel, ruthénium, tellure, iode et mercure.

Les données « composé chimique », absorption pulmonaire R, M et L, $h(g)_{\text{inhalation}}$, transfert dans les fluides corporels F, V, c et d sont représentées dans chaque fiche comme il est indiqué dans le tableau inhalation sur la figure 3 ci-contre.

Ingestion

La dose efficace engagée par Bq ingéré est fonction de la fraction, f_1 , transférée dans le sang à travers la paroi intestinale. Cette fraction transférée et le coefficient de dose dépendent de la forme physico-chimique du radionucléide.

Les données « composé chimique », f_1 et $e(g)_{\text{ingestion}}$ sont représentées dans chaque fiche comme il est indiqué dans le tableau ingestion sur la figure 3 ci-contre.

Nota : Pour les radionucléides qui se désintègrent en donnant naissance à d'autres éléments eux-mêmes radioactifs, les coefficients de dose, issus des publications 30, 68, 72 et des bases de données numériques de la CIPR, ne prennent pas en compte la présence de ces descendants dans l'incorporation initiale. Ces coefficients de dose ne retiennent que la contribution des descendants produits dans toutes les parties de l'organisme à la suite de l'incorporation de 1 Bq du radionucléide parent seul.

De ce fait, pour évaluer les conséquences d'une incorporation de radionucléides en filiation, la CIPR indique qu'il pourrait être approprié de considérer que l'incorporation du radionucléide parent s'accompagne de l'incorporation simultanée du (ou des) radionucléide(s) fils dans les proportions de l'équilibre à considérer. Ces proportions sont le plus souvent proches de l'unité pour les descendants de période courte par rapport à celle du précurseur.

C'est ce que nous avons retenu, en faisant l'hypothèse que chacun des descendants incorporés concomitamment au radionucléide parent se comportait de manière autonome selon les modèles d'incorporation de la CIPR et n'était lié au précurseur que par le nombre de Bq incorporé pour 1 Bq de ce précurseur.

Le coefficient de dose efficace pour des éléments en filiation est donc celui du père, qui prend en compte la contribution des descendants produits dans l'organisme, auquel on ajoute le coefficient de dose efficace de chaque descendant pondéré par son activité incorporée en même temps que celle du père. La sommation a été faite sur des modes d'incorporation similaires (rapide ou modérée ou lente) pour le précurseur et ses descendants. Les coefficients de dose ainsi obtenus sont utilisés pour calculer les $AI_{\text{inhalation}}$ et $AI_{\text{ingestion}}$. Ils sont présentés, à côté de ceux du père seul, de manière à permettre au lecteur de retrouver les valeurs fournies par la CIPR et d'apprécier l'incidence de l'approche faite par les auteurs.

3.3.2] Limites Pratiques de Contamination dans l'Air (LPCA)

Activités Incorporées conduisant à une dose efficace engagée égale à 20 mSv (AI_{20})

Pour quantifier l'importance d'une contamination interne à la suite d'une incorporation de radionucléides, on a établi les valeurs d'activités incorporées par inhalation ou par ingestion qui conduiraient, pour chaque radionucléide, à une dose efficace engagée égale à la valeur de la limite



réglementaire (0,02 Sv). Ces valeurs d'activités incorporées sont obtenues à partir des coefficients de dose, respectivement $h(g)_{\text{inhalation}}$ et $e(g)_{\text{ingestion}}$, de la façon suivante :

$$AI_{20\text{ingestion}} = 0,02 / e(g)_{\text{ingestion}} \quad \text{et} \quad AI_{20\text{inhalation}} = 0,02 / h(g)_{\text{inhalation}}$$

Leur utilisation doit, bien entendu, être adaptée à la forme physico-chimique du radionucléide et éventuellement à la granulométrie des aérosols si les informations correspondantes sont connues. Ce n'est toutefois pas toujours le cas. C'est pourquoi, dans un souci de réalisme et de simplification, nous avons choisi d'indiquer, pour chaque voie d'incorporation, la limite la plus restrictive des valeurs tabulées par la CIPR (1 et 5 μm) (voir la figure 3 ci-avant).

Limite Pratique de Concentration dans l'Air (LPCA)

La présence de radionucléides dans l'atmosphère d'une zone de travail conduit aux deux types d'expositions suivantes :

- une exposition interne après incorporation de ces radionucléides dans l'organisme par inhalation,
- une exposition externe par immersion dans le volume d'air contaminé.

Quand on surveille une atmosphère de travail au titre de la prévention, il est intéressant d'utiliser une Limite Pratique de Concentration dans l'Air (LPCA) qui prenne en compte simultanément ces deux expositions par la formule classique de composition des risques suivante :

$$1 / \text{LPCA} = 1 / \text{LPCA}_{\text{inhalation}} + 1 / \text{LPCA}_{\text{immersion}}$$

où LPCA ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) est l'activité volumique de l'air, respiré par un travailleur, qui le conduirait à atteindre par exposition externe (dose directe) et par exposition interne (dose engagée) une dose efficace de 20 mSv pour une présence continue pendant la durée d'une année de travail (de 2000 h) dans cette atmosphère contaminée.

24

Remarque :

Une exposition permanente à la contamination pendant 2000 h par an est un cas d'école commode pour les calculs. Cette hypothèse rend les limites pratiques obtenues plus restrictives d'environ 20 % par rapport à celles que l'on obtiendrait en utilisant la durée moyenne du travail actuelle. Mais, outre que l'hypothèse de calcul resterait un cas d'école même si on appliquait une durée de travail plus conforme à la réalité, la limite pratique ainsi définie n'est qu'un indicateur qui n'a pas besoin d'une précision aussi inutile qu'illusoire.

Les modalités de calcul retenues sont les suivantes :

Calcul de $\text{LPCA}_{\text{inhalation}}$

La $\text{LPCA}_{\text{inhalation}}$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) est l'activité volumique de l'air à un poste de travail qui conduirait, un travailleur exerçant son activité en permanence à ce poste, à inhaler une activité ($AI_{20\text{inhalation}}$) conduisant à une dose efficace engagée égale à 20 mSv.

$$\text{LPCA}_{\text{inhalation}} = AI_{20\text{inhalation}} / (d \cdot 2000)$$

Où d ($1,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) est le débit respiratoire d'un travailleur exposé pendant 2000 heures au cours d'une année.

Calcul de $\text{LPCA}_{\text{immersion}}$

La $\text{LPCA}_{\text{immersion}}$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) est l'activité volumique de l'air à un poste de travail qui conduirait un travailleur, exerçant son activité en permanence à ce poste, à recevoir une dose efficace annuelle par exposition externe de l'organisme entier égale à la limite annuelle.

$$\text{LPCA}_{\text{immersion}} = LD / D_E$$



où LD est la limite annuelle de dose efficace, égale à 20 mSv, et D_E ($\text{mSv}\cdot\text{an}^{-1}$ par $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) est la dose annuelle efficace, délivrée pendant 2000 heures d'exposition par immersion dans un volume de 100 m^3 correspondant à un laboratoire de dimension $5 \times 5 \times 4\text{ m}$ dont l'activité volumique de l'air est égale à $1\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Quand elles ont pu être confrontées aux résultats des références [3] et [23], notamment en milieu semi infini, les valeurs de D_E qui ont été calculées sont en bon accord avec ces résultats.

Nous donnons ainsi les valeurs de deux indicateurs utiles pour la conduite, sur le terrain, des opérations à risque d'exposition à la contamination atmosphérique :

- le débit de dose horaire (en $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) par immersion dans un volume d'air de 100 m^3 contaminé à $1\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Cette donnée doit intéresser les producteurs et les utilisateurs de certains radionucléides émetteurs $\beta\gamma$ produits dans les cyclotrons et notamment ceux qui, sous formes gazeuses, présentent des risques d'exposition externe prépondérants,
- la Limite Pratique de Concentration dans l'Air (LPCA). Cette limite pouvant varier en fonction de la forme physico-chimique du radionucléide, nous avons choisi, comme pour les Activités Incorporées ($AI_{20\text{inhalation}}$), de retenir la limite la plus sévère (voir la figure 3 ci-avant).

Remarques :

- les valeurs de LPCA obtenues sont généralement peu différentes des $LPCA_{\text{inhalation}}$ sauf pour certains radionucléides de période courte et émetteurs $\beta\gamma$ qui sont produits dans les cyclotrons pour les besoins de la médecine.
- les valeurs concernant l'exposition interne ont été déterminées à partir de modèles métaboliques et dosimétriques [28, 29, 30]. Elles reposent donc sur un certain nombre d'hypothèses dont le lecteur devra avoir connaissance s'il désire les utiliser. Toutefois, l'interprétation de résultats d'analyses reste du seul domaine des spécialistes.

25

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Les modèles métaboliques et dosimétriques permettent de déterminer les doses équivalentes engagées aux différents organes puis, après avoir pondéré ces doses par le facteur de pondération tissulaire, de les sommer pour obtenir la dose efficace engagée à l'organisme entier. On peut, en particulier, préciser l'organe qui contribue le plus à la dose efficace (par exemple, la thyroïde dans le cas des iodes).

Notons que les doses pondérées aux organes et la dose efficace dépendent de la voie de pénétration dans l'organisme (ingestion, inhalation...), des modes de transfert dans l'organisme (R, M ou L) liés à la forme physico-chimique du composé et de sa granulométrie (1 ou $5\text{ }\mu\text{m}$).

Ainsi, la dose efficace est déterminée par toute combinaison de ces paramètres et l'organe qui contribue le plus à cette dose efficace peut ne pas être le même selon la valeur de ces paramètres. Quand c'est le cas, il est précisé pour chaque organe, la forme physico-chimique du composé pour l'ingestion, le mode de transfert – R, M ou L – et éventuellement la granulométrie – 1 ou $5\text{ }\mu\text{m}$ – pour l'inhalation. Quand un paramètre n'est pas précisé, c'est que l'organe est le même quelle que soit la valeur de ce paramètre.

3.4] Écrans de protection, détection et contamination des surfaces

Les données que nous présentons ci-après permettent :

- 1 - de définir les épaisseurs d'écrans nécessaires pour arrêter les rayonnements particuliers tels que les β et e^- ou pour réduire avec l'efficacité désirée les doses de rayonnements par les photons X et γ ,
- 2 - de choisir les sondes de détection les plus appropriées pour chaque radionucléide,



- 3 - d'évaluer les débits de dose X et γ à l'organisme (en profondeur et superficiel) et les débits de dose β et e^- à 10 cm et à 1 m d'une surface plane uniformément contaminée,
- 4 - de pré-évaluer les risques résultant d'une contamination surfacique en utilisant les Limites Pratiques de Contamination labiles (LPC_L), et fixées (LPC_F) pour déterminer la conduite à tenir.

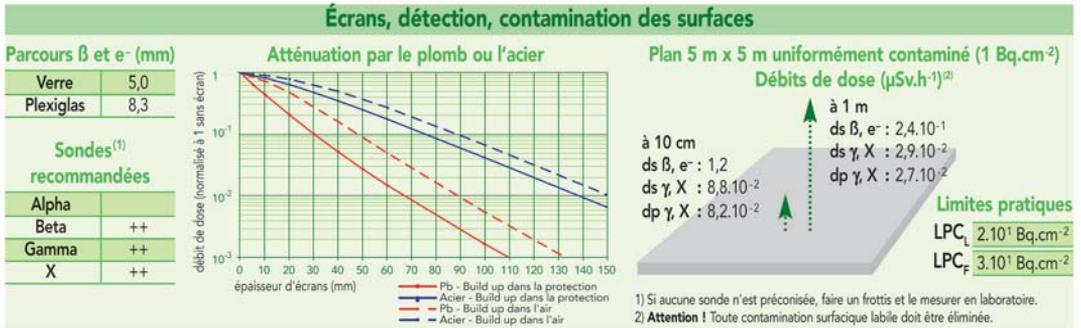


Figure 4 : Écrans, détection et contamination des surfaces dans le cas du ¹³²Te

3.4.1] Écrans de protection contre l'exposition externe

La portée des β et e^- , appelée souvent parcours par abus de langage, ou l'atténuation des γ et X dans la matière en fonction de l'énergie du rayonnement et de la nature de la protection.

26

Pour les rayonnements β et e^- nous avons déterminé les épaisseurs d'absorption totale de ces particules dans le verre et le plexiglas [25] qui sont les matériaux les plus couramment utilisés. Pour les rayonnements γ et X, nous donnons les courbes d'atténuation pour des épaisseurs de plomb et d'acier allant jusqu'à 15 cm. (voir la figure 4 ci-dessus).

Ces courbes sont établies [33] dans la configuration suivante : source ponctuelle située à 30 cm du point de mesure entre lesquels est placé un écran de plomb ou d'acier. Les résultats dépendent toutefois du choix du matériau, l'air ou l'écran, dans lequel est calculé le « build up ».

Dans la quatrième mise à jour de ce livre, précédemment édité en 2004 dans lequel les courbes apparaissaient pour la première fois, nous avons retenu le calcul du « build up » dans l'air, car ce choix va dans le sens de la protection.

Dans la présente édition, nous avons complété ces résultats en traçant des courbes prenant en compte le calcul du « build up » dans l'écran pour répondre aux besoins et à la demande d'opérateurs plus aguerris et plus spécialisés en calcul de protection.

Les courbes présentées, ici, prennent donc en considération deux approches différentes :

L'une conservative garantit que les débits de dose derrière l'écran seront réduits avec une marge de sécurité suffisante, en considérant le « build up » dans l'air. Cette approche, la seule retenue dans la précédente édition, pourra intéresser les opérateurs n'ayant besoin que de faibles épaisseurs d'écrans et qui n'ont pas, de ce fait, de contraintes d'encombrement ou de coûts.

L'autre entre dans une démarche d'optimisation. Elle permet d'éviter des sur-épaisseurs inappropriées



de protection en considérant le « build up » dans la protection. Cette méthode fournit des résultats plus conformes aux valeurs traditionnelles de la littérature qui tiennent compte du « build up » dans des protections de dimensions infinies. Ils sont aussi, généralement plus adaptés à des protections nécessitant des écrans de fortes épaisseurs qui posent des contraintes d'encombrements et de coûts. La réalisation de tels écrans nécessite toujours d'en contrôler l'efficacité.

Par ailleurs, dans le cas de protections complexes comportant des écrans de natures différentes, la combinaison des facteurs de « build up » répond le plus souvent à des lois semi-empiriques qui rendent l'exercice difficile. Il est alors nécessaire de faire appel à des spécialistes qui disposent de l'expérience et des codes de modélisation nécessaires.

Les épaisseurs « moitié » ou « dixième » ne sont plus explicitement affichées, car il est préférable de lire, directement sur les courbes, l'épaisseur d'écran nécessaire plutôt que d'ajouter des épaisseurs « moitié » ou « dixième » successives pour obtenir l'atténuation souhaitée. Le lecteur qui souhaite, pour des raisons pratiques de simplification, disposer de ces valeurs peut les obtenir à partir des courbes d'évolution. Il constatera que dans certains cas, ces valeurs varient fortement en fonction de l'épaisseur d'écran et que leur utilisation doit être faite avec beaucoup de discernement.

3.4.2] Sonde(s) de détection préconisée(s)

Pour de nombreux radionucléides présentés ici, la détection d'une contamination surfacique peut s'effectuer à l'aide de sondes « β mous », β , α , X ou γ .

Les sondes de détection sont préconisées selon un ordre préférentiel indiqué dans le tableau de la figure 4 ci-dessus selon la signification suivante :

pas de croix	Inadaptée
+	Éventuelle
++	Recommandée

Remarque :

Les sondes X qui sont munies d'un cristal d'iodure de césium, détectent bien les β « durs » (^{32}P , ^{90}Sr - ^{90}Y , etc.). Nous l'avons signalé, dans la mesure où elles permettent, par exemple aux laboratoires qui utilisent de l'iode 125 et du phosphore 32, d'assurer les contrôles au moyen d'une seule sonde de mesure.

3.4.3] Expositions dues à une surface plane uniformément contaminée

Nous avons considéré les expositions externes superficielles (sous 7 mg.cm^{-2}) et en profondeur dans l'organisme (sous 1 g.cm^{-2}), à 10 cm et à 1 m d'un sol plan de 25 m^2 et uniformément contaminé à un niveau de 1 Bq.cm^{-2} . Les contributions liées respectivement aux émetteurs β et e^- d'une part et aux émetteurs γ et X d'autre part ont été traitées séparément pour que les valeurs indiquées ici puissent être associées aux résultats de mesure qui permettent éventuellement de faire la distinction entre ces émetteurs.

Les émetteurs β purs, tels que ^{32}P , ^{90}Sr - ^{90}Y ne sont pas détectés avec une sonde γ par exemple.

3.4.4] Limites Pratiques de Contamination Surfaccique (LPCS)

Les Limites Pratiques de Contamination Surfaccique (LPCS), que l'on ne trouve pas dans la réglementation, ont pour objet de quantifier les risques d'exposition résultant d'une contamination de surface fixée ou non.



La contamination surfacique entraîne des risques d'exposition externe et/ou d'exposition interne selon les mécanismes suivants :

- la remise en suspension dans l'atmosphère des radionucléides déposés sur les surfaces conduisant à une exposition interne par inhalation,
- le transfert par ingestion dans l'organisme conduisant également à une exposition interne,
- le transfert à la peau conduisant à l'exposition externe de la couche basale de l'épiderme et dans une moindre mesure de l'organisme,
- l'exposition externe directe de l'organisme par les radionucléides déposés sur les surfaces contaminées.

Alors que les trois premiers modes d'exposition concernent la seule contamination non fixée dite labile, le dernier concerne la contamination totale c'est à dire à la fois la contamination labile et la contamination fixée.

L'évaluation des risques d'exposition professionnelle résultant d'une contamination de surface doit rendre compte globalement de l'ensemble de ces mécanismes tant que cette contamination n'a pas été retirée. Fondées sur des hypothèses de transfert et des durées d'exposition (2000 heures par an) pénalisantes, des limites dérivées de la limite de dose annuelle – As_{atm} , $As_{ingestion}$, As_{peau} et As_{surf} – peuvent être calculées pour chacun des modes d'exposition définis ci-dessus.

La Limite Dérivée de Contamination de Surface (LDCS), qui prend en compte l'ensemble des modes d'exposition, est alors définie par la relation suivante :

$$1/LDCS = 1/As_{atm} + 1/As_{ingestion} + 1/As_{peau} + 1/As_{surf}$$

où As_i est l'activité totale par unité de surface qui conduirait à atteindre les limites annuelles d'exposition selon chacun des quatre modes d'exposition considérés séparément. Ces limites prises en compte sont respectivement :

- 20 mSv pour l'exposition externe de l'organisme entier,
- 500 mSv pour l'exposition externe à la peau,
- la LPCA la plus restrictive pour la remise en suspension dans l'atmosphère,
- l'Activité Incorporée $AI_{20ingestion}$ la plus restrictive pour le transfert par ingestion.

Les modalités de calcul retenues sont les suivantes :

Calcul de As_{atm}

As_{atm} est l'activité surfacique d'une zone contaminée qui conduirait un travailleur, exerçant son activité en permanence dans cette zone, à évoluer dans une atmosphère contaminée au niveau de la LPCA (en $Bq.m^{-3}$) en raison de la remise en suspension de particules contaminées. Rappelons que cette limite pratique prend en compte l'exposition interne par inhalation et l'exposition externe par immersion dans un volume de $100 m^3$ (voir § 3.3.2). Le calcul considère un facteur de remise en suspension dans l'air, T_{atm} , égal à $10^{-4} m^{-1}$.

As_{atm} ($Bq.cm^{-2}$) est donné par l'équation suivante :

$$As_{atm} = 10^{-4} \times LPCA / T_{atm}$$

Calcul de $As_{ingestion}$

$As_{ingestion}$ est l'activité surfacique qui conduirait un travailleur, exerçant son activité en permanence sur un poste de travail contaminé, à ingérer, par transfert à la peau et à la bouche, une activité égale à $AI_{20ingestion}$. Le calcul prend en compte un coefficient de transfert dans l'organisme, T_{ing} , égal à $1 cm^2.h^{-1}$ et une durée de séjour annuelle de 2000 h.

$As_{ingestion}$ ($Bq.cm^{-2}$) est donné par l'équation suivante :

$$As_{ingestion} = AI_{20ingestion} / (T_{ing} \cdot 2000)$$



Calcul de $A_{s_{peau}}$

$A_{s_{peau}}$ est l'activité surfacique qui conduirait un travailleur, exerçant son activité en permanence sur un poste de travail contaminé, à recevoir, par transfert d'une fraction de la contamination à la peau, une dose annuelle à la couche basale de l'épiderme égale à 500 mSv. Le calcul prend en compte un coefficient de transfert à la peau, T_{peau} , égal à 0,1 et une durée d'exposition annuelle de 2000 h en considérant que la contamination de la peau est chronique et constante pendant la durée du travail mais qu'elle est retirée par lavage quand le travailleur sort de la zone de travail et se contrôle.

$A_{s_{peau}}$ (Bq.cm⁻²) est donné par l'équation suivante :

$$A_{s_{peau}} = 500 / (T_{peau} \cdot 2000 \cdot D_p)$$

Où D_p (mSv.h⁻¹) est un coefficient de conversion [23, 24] donnant le débit de dose dans les tissus sous 7 mg.cm⁻² pour une contamination de la peau égale à 1 Bq.cm⁻².

Calcul de $A_{s_{surf}}$

$A_{s_{surf}}$ est l'activité surfacique qui conduirait un travailleur, exerçant son activité en permanence dans une zone contaminée, à recevoir, par exposition externe de l'organisme, une dose efficace annuelle égale à 20 mSv pour une durée annuelle d'exposition de 2000 h.

$A_{s_{surf}}$ (Bq.cm⁻²) est donné par l'équation suivante :

$$A_{s_{surf}} = 20 / (2000 \cdot D_{sol})$$

Où D_{sol} (mSv.h⁻¹) est un coefficient de conversion calculé, permettant d'obtenir le débit de dose efficace à 1 m au-dessus d'un sol uniformément contaminé à 1 Bq.cm⁻².

Remarque :

Les valeurs des LDCS obtenues sont comprises entre 1 Bq.cm⁻² et 10⁵ Bq.cm⁻² pour la plupart des radionucléides. Elles sont généralement de l'ordre de 100 Bq.cm⁻² sauf pour les émetteurs α pour lesquels les calculs conduisent à des valeurs beaucoup plus faibles. Une limite inférieure égale à 0,04 Bq.cm⁻² a été fixée pour ces radionucléides.

Les valeurs des LDCS permettent de quantifier les risques pour les personnes, mais dans la pratique, une contamination des surfaces de travail n'est pas tolérable. En particulier, **toute contamination labile doit être retirée dès qu'elle est détectée**. Il y a donc lieu de déterminer les moyens d'actions les plus appropriés en fonction des niveaux d'activités surfaciques, en distinguant les contaminations labiles (non fixées), des contaminations fixées. Nous donnons ainsi les Limites Pratiques de Contamination Labile (LPC_L) et les Limites Pratiques de Contamination Fixée (LPC_F) [26, 27].

Limite Pratique de Contamination Labile (LPC_L)

Elle est définie comme étant égale au 1/10^e de la valeur de la LDCS pour chacun des radionucléides considérés. Cela permet de prendre en compte des expositions professionnelles ayant d'autres origines pour les opérateurs. La LPC_L est un niveau d'activité surfacique qui devrait conduire à adopter les attitudes suivantes :

- en dessous de 10 fois la LPC_L et pour une contamination étendue à moins d'un m², tout opérateur doit retirer la contamination dès qu'elle est détectée par ses propres moyens s'il en a les compétences,
- au-dessus de 10 fois la LPC_L ou pour une contamination étendue à plus d'un m², tout opérateur doit matériellement interdire l'accès à la zone contaminée dès qu'elle est détectée et délimitée. Il doit ensuite faire retirer la contamination par une équipe spécialisée.



Limite Pratique de Contamination Fixée (LPC_F)

Elle est définie comme étant égale au 1/10^e de la valeur A_{surf} qui ne prend en considération que la seule exposition externe de l'organisme entier à partir d'un sol uniformément contaminé. La présence d'un opérateur dans une zone contaminée au niveau de la LPC_F, pendant une année de 2000 h de travail, conduirait à une dose efficace égale au 1/10^e de la limite annuelle égale à 20 mSv.

Pour tenir compte de la mise en suspension possible de toute contamination fixée, elle est limitée toutefois à 10 LDCS.

La LPC_F est donc au plus égale à 100 fois la LPC_L.

Remarque :

Précisons qu'une contamination de surface ne doit être considérée comme fixée que s'il s'agit d'une contamination résiduelle après une décontamination poussée avec des moyens appropriés et pose, en final, d'un revêtement ou d'un fixateur de protection. Toute contamination fixée doit être repérée localement et faire l'objet d'un contrôle périodique.

Les valeurs des LPC_L et LPC_F sont indiquées dans l'illustration du plan contaminé figurant dans chacune des fiches comme représenté sur la figure 4 ci-avant.

3.5] Activités Maximales Manipulables (AMM)

Les opérateurs ou les « personnes compétentes » en radioprotection s'interrogent souvent sur l'ordre de grandeur de l'Activité Maximale Manipulable (AMM) pour un équipement donné (paillasse, hotte ventilée ou boîte à gants) et dans une zone de travail donnée (zone surveillée ou contrôlée).

30 3.5.1] Le modèle de calcul

Pour la détermination des AMM, chaque radionucléide a été caractérisé par le risque potentiel lié à la manipulation d'une activité A₀ (Bq) de ce radionucléide. Celui-ci fait intervenir l'exposition externe due aux composantes γ et β du rayonnement ainsi que la remise en suspension dans l'atmosphère du radionucléide.

A₀ (Bq) est déterminée par la relation suivante:

$$1/A_0 = 1/A_\beta + 1/A_\gamma + 1/A_v$$

Expression dans laquelle :

– A_β (Bq) et A_γ (Bq) représentent les activités maximales déterminées pour une source ponctuelle située à 30 cm dans l'air. Ces activités sont calculées par rapport aux limites suivantes de débit de dose horaire obtenues à partir des limites annuelles et d'une exposition de 2000 h. :

- 250 μSv.h⁻¹ sous 7 mg.cm⁻² résultant de la composante β, e⁻ d'une part et de la composante γ, X superficielles d'autre part,
- 10 μSv.h⁻¹ pour la contribution de la composante γ, X profonde.

– A_v (Bq) représente le risque potentiel de contamination atmosphérique qui est directement lié à la volatilité du produit radioactif.

Pour une manipulation à l'air libre, l'activité A_v est donnée par l'expression suivante qui signifie qu'en cas de dispersion et de mise en suspension de particules, de gaz ou de vapeurs, leur concentration dans l'air ne doit pas dépasser la valeur de la LPCA.

$$A_v = (V / k) \times \text{LPCA}$$

Où k est la fraction mise en suspension, V (en m³) est le volume contaminé, LPCA (en Bq.m⁻³) est la Limite Pratique de Concentration dans l'Air telle que définie au § 3.3.2. Elle prend en compte l'expo-



sition interne par inhalation et l'exposition externe par immersion dans ce même volume. Nous avons considéré un volume de 100 m³ correspondant à un laboratoire de dimensions égales à 5 x 5 x 4 m.

Les valeurs de **k** (sans dimension), liées à la volatilité du produit, sont définies comme suit :

- $k = 1$: gaz, substances à forte tension de vapeur d'environ 1 atm à 20 °C, substances pénétrant à travers la peau, particules de dimensions inférieures à 5 µm.
- $k = 0,1$: substances à tension de vapeur d'environ 0,1 atm à 20 °C, particules de dimensions supérieures à 5 µm.
- $k = 0,01$: substances peu volatiles à tension de vapeur d'environ 0,01 atm à 20 °C. (Ex. : l'eau.)
- $k = 0,001$: substances non volatiles à tension de vapeur inférieure à 0,01 atm à 20 °C.

3.5.2] Activités Maximales Manipulables en fonction des équipements et des zones de travail.

Pour la détermination des AMM, les règles suivantes ont été retenues :

- le travail sur paillasse est interdit pour les substances très volatiles ($k > 0,01$) ainsi que pour les éléments dont la valeur de l'Activité Incorporée $A_{I20inhalation}$ est inférieure à 1000 Bq (en raison du fait qu'une contamination même « légère » pourrait représenter une fraction significative de cette valeur et serait par ailleurs difficilement détectable),
- une manipulation sous hotte ventilée apporte un facteur de protection de 10 par rapport au travail sur paillasse,
- une boîte à gants apporte un facteur de protection de 100 par rapport à la hotte ventilée,
- les AMM en zone surveillée sont 3 fois moindres qu'en zone contrôlée (cela respecte globalement le rapport des limites de l'exposition susceptible d'être atteinte dans chacune des zones de travail). Par ailleurs, le cas de l'installation d'une boîte à gants en zone surveillée n'a pas été retenu. On peut estimer, en effet, que le niveau de protection d'un tel équipement n'est pas cohérent avec ce type de zone.

Le tableau 1 ci-dessous présente les expressions paramétrées des Activités Maximales Manipulables (AMM) en fonction des équipements et de la zone de travail.

Équipement	Volatilité	Type de zone	
		Surveillée	Contrôlée
Paillasse	$k \leq 10^{-2}$	AMM $\leq 0,3 A_0$	AMM $\leq A_0$
	$k > 10^{-2}$ ou LAI $< 10^3$ Bq	Manipulation interdite	
Hotte ventilée	tout k	AMM $\leq 3 A_0$	AMM $\leq 10 A_0$
Boîte à gants	tout k	Installation non envisagée	AMM $\leq 10^3 A_0$

Tableau 1 : Mode de calcul des Activités Maximales Manipulables (AMM) en fonction de la zone de travail et de l'équipement



À titre d'illustration, la figure 5 donne les valeurs des AMM en fonction de la forme physico-chimique du radionucléide.

Activités maximales manipulables (Bq)						
Etat physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$3,1 \cdot 10^5$	$3,1 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	$3,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^9$
Vapeur de tellure	1	interdit	$1,1 \cdot 10^5$	interdit	$3,7 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^7$

Figure 5 : Activités Maximales Manipulables en fonction de la zone et de l'équipement dans le cas du ^{132}Te

Remarques :

Rappelons que les valeurs indiquées sur les fiches concernent essentiellement les laboratoires de « faible et moyenne activité ». Les activités manipulées dans ces laboratoires sont toujours inférieures aux limites d'activités fixées pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises au seul régime de déclaration préfectorale. Les AMM dans les boîtes à gants ont donc été limitées, quel que soit le résultat de calcul, à la valeur du seuil de déclaration en ICPE pour chacun des groupes d'appartenance des radionucléides. Ainsi, les limitations sont les suivantes :

Groupe 1 (rouge) :	0,5 GBq
Groupe 2 (orange), groupe 3 (jaune), groupe 4 (vert) :	5 GBq
Groupe 5 (bleu) :	50 GBq

Notons que les valeurs calculées en fonction de ces règles sont des valeurs guides données à titre indicatif, car il faut également tenir compte de paramètres non quantifiables tels que l'organisation et les méthodes de travail, les facteurs humains. Néanmoins, il a été observé dans les pratiques que ces règles simples conduisent à de très faibles niveaux de contamination atmosphérique et d'exposition.

Les AMM concernant le tritium sous forme élémentaire (^3H) ou d'eau tritiée (HTO) ont été volontairement réduites d'un facteur 100 du fait de la difficulté de détection en cas de contamination surfacique ou atmosphérique. Ce facteur pourra être adapté en fonction des moyens de mesures et de la fréquence des contrôles mis en place.

Pour la manipulation des iodes (^{123}I , ^{125}I et ^{131}I), nous avons considéré le cas où ceux-ci peuvent se trouver sous une forme particulièrement instable (possibilité de dégagement sous forme I_2 par exemple). La valeur de k est prise égale à 1 et les AMM correspondantes sont alors beaucoup plus sévères.

TRÈS IMPORTANT :

- Les valeurs d'activités manipulables sont à considérer sous réserve de respecter les limites d'exposition externe.
- Enfin, ces grandeurs, restrictives dans certains cas, pourront être modulées en fonction des conditions locales de manipulation et de sécurité. Cela nécessitera alors une analyse du poste de travail par un personnel compétent en radioprotection.



Références bibliographiques

- [1] DELACROIX D., GUERRE J.-P., LEBLANC P. *Radionucléides et Radioprotection*. CEA-Saclay, juin 1993.
- [2] DELACROIX D., GUERRE J.-P., LEBLANC P., HICKMAN C. *Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 1998 puis 2002*. Radiation Protection Dosimetry Vol. 76 N° 1-2 1998 (1^{ère} édition) puis Vol. 98 N° 1-2002 (2^e édition), publiées par Nuclear Technology Publishing.
- [3] AIEA. *Normes Fondamentales de Sûreté pour la protection contre les rayonnements ionisants et pour la sûreté des sources de rayonnements*. Séries Sûreté n° 115, (Vienne : AIEA), (1996).
- [4] Journal Officiel des Communautés Européennes, L159, 29 juin 1996 : Directive n° 96/29/EURATOM du Conseil, du 13 mai 1996, fixant les « *normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants* ».
- [5] Arrêtés du 17 décembre 1998 et du 1^{er} juin 2001 dits « arrêtés ADR » relatifs au transport des marchandises dangereuses par route.
- [6] AIEA. Réglementation pour la sécurité du transport des matières radioactives. Édition 1996. Séries Normes de Sûreté n° NS-1/Recommandations Séries Sûreté n° 6, (Vienne : AIEA), (1996).
- [7] ICRP n° 60. *Recommandations 1990 de la Commission Internationale de la Protection Radiologique* (adoptées en novembre 1990 et publiées en 1991).
- [8] Journal Officiel de la République Française. « *Protection Contre les Rayonnements Ionisants* », JORF brochure n° 1420.
- [9] Ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001 relative à la *transposition de directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants*.
- [10] Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la *protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants*.
- [11] Décret n° 2003-295 du 31 mars 2003 relatif aux *interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable*.
- [12] Décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la *protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants*.
- [13] Décret en cours d'élaboration pour modifier la nomenclature des installations classées (rubrique 1700).
- [14] Arrêté du 2 décembre 2003 fixant les seuils d'exemption d'autorisation pour les activités nucléaires mentionnées à l'article R 1333-26 du code de la santé publique.
- [15] LAGOUTINE F., COURSOL N., LEGRAND J. « *Tables des radionucléides* ». CEA-ORIS, 4 vol; 1983-1987.
- [16] ICRP n° 51. « *Data for use in radioprotection against external radiation* ». Pergamon Press, 1987.
- [17] DELACROIX D., CHAZOT C., GUERRE J.-P. « *Calcul des débits de dose β et γ en fonction de la géométrie de la source* ». CE-Saclay. DSCE/SRI-A/93-362, avril 1993.
- [18] TAKAKU Y., KIDA T. « *Radiation dose to skin and bone of fingers from handling radioisotopes in a syringe* ». Health Physics Pergamon Press, vol. 22, pp. 295-297, 1971.



- [19] HENSON P.W. « Radiation dose to the skin in contact with unshielded syringes containing radioactive substances ». *British Journal of Radiology*, 46, pp. 972-977, 1973.
- [20] PEROTIN J.-P., GOUBERT J. *Évaluation des risques d'irradiation des mains dans un laboratoire de contrôle radiopharmaceutique* ». D. CEN-S. SPR/SRI, 1979.
- [21] SCHMIDT W., NOWOTNY R., KLETTER FRISSCHAUF H. « Radiation exposure due to ^{99m}Tc and ^{131}I manipulated in syringes ». *Journal of Nuclear Medicine*, 4, pp. 389-391, 1979.
- [22] MOREAU A. - « La radioprotection dans les laboratoires de faible et moyenne radioactivité » DCEN-S. SPR/SRI, 1981.
- [23] KOCHER D.C., ECKERMAN K.F. « Electron dose rate conversion factors for external exposure of the skin from uniformly deposited activity on the body surface ». *Health physics*, vol. 53 n° 2 pp. 135-141, 1987.
- [24] PIECHOWSKI J., MENOUX B., CHAPTINEL Y., DURAND F. « Dosimétrie et thérapeutique des contaminations cutanées ». Rapport CEA - 5441, 1988.
- [25] Radiological Health Handbook. US Department of health, éducation and welfare, 1970.
- [26] DELACROIX D., GUERRE J.-P., LEBLANC P. « Détermination des limites de contamination surfacique pour les principaux radionucléides ». CE-Saclay. DSCE/SRI, janvier 1992.
- [27] PELLERIN P., CHANTEUR J., MORONI R. « Organisation de la surveillance et du contrôle de l'aire de travail en application de la réglementation française ». Rapport SCPRI n° 116 - Congrès de Stockholm, 10-16 juin 1967.
- 34 [28] ICRP n° 30. « Limits for the intake of radionuclides by workers ». (Parties 1 à 4 et suppléments) Pergamon Press, 1979 – 1988.
- [29] ICRP n° 68. « Dose coefficients for intakes of radionuclides by workers ». Pergamon Press, 1994.
- [30] ICRP CD-ROM « The ICRP Database of dose coefficients: workers and members of the public ». Elsevier Science, 2001.
- [31] ICRP n° 71. « Age dependant doses to members of the public for intake of radionuclides : part 4. Inhalation dose coefficients », 1995. (en complément des publications 56, 57 et 69 de l'ICRP).
- [32] ICRP n° 78. « Individual monitoring for intakes of radionuclides by workers : design and interprétation », 1998. (en remplacement de l'ICRP n° 54).
- [33] Codes de calculs utilisés :
- Microshield Version 5 pour les calculs concernant les rayonnements γ et X (Grove Engineering, 15215 Shady Grove Road, Rockeville, USA, 1996) ;
 - Varskin mod 2 pour les rayonnements β et Varskin mod 2 modifié pour les électrons mono-énergétiques (J.S. Durham, Pacific Northwest Laboratory , PO Box 999, Richland, Washington 99352, USA).
 - RadDecay – Nuclide information and decay software – Licensed to CEA Grove Engineering (AFTI Company) Rockeville Maryland.



Liste des radionucléides



Liste des radionucléides

Liste des 212 fiches éditées [1] par ordre de numéro atomique et nombre de masse croissants

Radionucléides	Symboles	Page	Radionucléides	Symboles	Page
Tritium	^3_1H	41	Calcium - 47 / Scandium - 47	$^{47}_{20}\text{Ca}$ - $^{47}_{21}\text{Sc}$	68
Béryllium - 7	^7_4Be	42	Scandium - 46	$^{46}_{21}\text{Sc}$	69
Béryllium - 10	$^{10}_4\text{Be}$	43	Scandium - 47	$^{47}_{21}\text{Sc}$	70
Carbone - 11 (formes gaz. et particulaire)	$^{11}_6\text{C}$	44-45	Scandium - 48	$^{48}_{21}\text{Sc}$	71
Carbone - 14 (formes gaz. et particulaire)	$^{14}_6\text{C}$	46-47	Titane - 45	$^{45}_{22}\text{Ti}$	72
Azote - 13	$^{13}_7\text{N}$	48	<i>Vanadium - 48</i>	$^{48}_{23}\text{V}$	73
Oxygène - 15	$^{15}_8\text{O}$	49	Chrome - 51	$^{51}_{24}\text{Cr}$	74
Fluor-18	$^{18}_9\text{F}$	50	Manganèse - 52m	$^{52\text{m}}_{25}\text{Mn}$	75
Sodium - 22	$^{22}_{11}\text{Na}$	51	Manganèse - 52	$^{52}_{25}\text{Mn}$	76
36 Sodium - 24	$^{24}_{11}\text{Na}$	52	Manganèse - 54	$^{54}_{25}\text{Mn}$	77
Magnésium - 28 / Aluminium - 28	$^{28}_{12}\text{Mg}$ - $^{28}_{13}\text{Al}$	53	Manganèse - 56	$^{56}_{25}\text{Mn}$	78
Aluminium - 26	$^{26}_{13}\text{Al}$	54	Fer - 52 / Manganèse - 52m	$^{52}_{26}\text{Fe}$ - $^{52\text{m}}_{25}\text{Mn}$	79
Silicium - 31	$^{31}_{14}\text{Si}$	55	Fer - 55	$^{55}_{26}\text{Fe}$	80
Silicium - 32 / Phosphore - 32	$^{32}_{14}\text{Si}$ - $^{32}_{15}\text{P}$	56	Fer - 59	$^{59}_{26}\text{Fe}$	81
Phosphore - 32	$^{32}_{15}\text{P}$	57	Cobalt - 56	$^{56}_{27}\text{Co}$	82
Phosphore - 33	$^{33}_{15}\text{P}$	58	Cobalt - 57	$^{57}_{27}\text{Co}$	83
Soufre - 35	$^{35}_{16}\text{S}$	59	Cobalt - 58	$^{58}_{27}\text{Co}$	84
Chlore - 36	$^{36}_{17}\text{Cl}$	60	Cobalt - 60	$^{60}_{27}\text{Co}$	85
Chlore - 38	$^{38}_{17}\text{Cl}$	61	Nickel - 59	$^{59}_{28}\text{Ni}$	86
Argon - 37	$^{37}_{18}\text{Ar}$	62	Nickel - 63	$^{63}_{28}\text{Ni}$	87
Argon - 41	$^{41}_{18}\text{Ar}$	63	Nickel - 65	$^{65}_{28}\text{Ni}$	88
Potassium - 40	$^{40}_{19}\text{K}$	64	Cuivre - 61	$^{61}_{29}\text{Cu}$	89
Potassium - 42	$^{42}_{19}\text{K}$	65	Cuivre - 64	$^{64}_{29}\text{Cu}$	90
Potassium - 43	$^{43}_{19}\text{K}$	66	Cuivre - 67	$^{67}_{29}\text{Cu}$	91
Calcium - 45	$^{45}_{20}\text{Ca}$	67	Zinc - 65	$^{65}_{30}\text{Zn}$	92
			Gallium - 66	$^{66}_{31}\text{Ga}$	93
			Gallium - 67	$^{67}_{31}\text{Ga}$	94
			Gallium - 68	$^{68}_{31}\text{Ga}$	95
			Gallium - 72	$^{72}_{31}\text{Ga}$	96



Radionucléides	Symboles	Page
Germanium - 68 / Gallium - 68	$^{68}_{32}\text{Ge}$ - $^{68}_{31}\text{Ga}$	97
<i>Arsenic - 73</i>	$^{73}_{33}\text{As}$	98
<i>Arsenic - 74</i>	$^{74}_{33}\text{As}$	99
<i>Arsenic - 76</i>	$^{76}_{33}\text{As}$	100
<i>Arsenic - 77</i>	$^{77}_{33}\text{As}$	101
<i>Sélénium - 75</i>	$^{75}_{34}\text{Se}$	102
Sélénium - 79	$^{79}_{34}\text{Se}$	103
<i>Brome - 77</i>	$^{77}_{35}\text{Br}$	104
<i>Brome - 82</i>	$^{82}_{35}\text{Br}$	105
<i>Krypton - 81</i>	$^{81}_{36}\text{Kr}$	106
<i>Krypton - 83m</i>	$^{83\text{m}}_{36}\text{Kr}$	107
<i>Krypton - 85m</i>	$^{85\text{m}}_{36}\text{Kr}$	108
<i>Krypton - 85</i>	$^{85}_{36}\text{Kr}$	109
Rubidium - 84	$^{84}_{37}\text{Rb}$	110
<i>Rubidium - 86</i>	$^{86}_{37}\text{Rb}$	111
Rubidium - 88	$^{88}_{37}\text{Rb}$	112
<i>Strontium - 85</i>	$^{85}_{38}\text{Sr}$	113
<i>Strontium - 89</i>	$^{89}_{38}\text{Sr}$	114
<i>Strontium - 90 / Yttrium - 90</i>	$^{90}_{38}\text{Sr}$ - $^{90}_{39}\text{Y}$	115
Strontium - 91 / Yttrium - 91m	$^{91}_{38}\text{Sr}$ - $^{91\text{m}}_{39}\text{Y}$	116
Yttrium - 88	$^{88}_{39}\text{Y}$	117
<i>Yttrium - 90</i>	$^{90}_{39}\text{Y}$	118
Yttrium - 91m	$^{91\text{m}}_{39}\text{Y}$	119
<i>Yttrium - 91</i>	$^{91}_{39}\text{Y}$	120
Zirconium - 93 / Niobium - 93m	$^{93}_{40}\text{Zr}$ - $^{93\text{m}}_{41}\text{Nb}$	121
<i>Zirconium - 95 / Niobium - 95m et 95</i>	$^{95}_{40}\text{Zr}$ - $^{95}_{41}\text{Nb}$	122
Zirconium - 97 / Niobium - 97m et 97	$^{97}_{40}\text{Zr}$ - $^{97\text{m}}_{41}\text{Nb}$	123
Niobium - 93m	$^{93\text{m}}_{41}\text{Nb}$	124
Niobium - 94	$^{94}_{41}\text{Nb}$	125
Niobium - 95m	$^{95\text{m}}_{41}\text{Nb}$	126
Niobium - 95	$^{95}_{41}\text{Nb}$	127
<i>Molybdène - 99 / Technétium - 99m</i>	$^{99}_{42}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}_{43}\text{Tc}$	128

Radionucléides	Symboles	Page
<i>Technétium - 99m</i>	$^{99\text{m}}_{43}\text{Tc}$	129
<i>Technétium - 99</i>	$^{99}_{43}\text{Tc}$	130
<i>Ruthénium - 103 / Rhodium - 103m</i>	$^{103}_{44}\text{Ru}$ - $^{103\text{m}}_{45}\text{Rh}$	131
Ruthénium - 105 / Rhodium - 105m et 105	$^{105}_{44}\text{Ru}$ - $^{105\text{m}}_{45}\text{Rh}$	132
<i>Ruthénium - 106 / Rhodium - 106</i>	$^{106}_{44}\text{Ru}$ - $^{106}_{45}\text{Rh}$	133
Rhodium - 105	$^{105}_{45}\text{Rh}$	134
<i>Palladium - 103 / Rhodium - 103m</i>	$^{103}_{46}\text{Pd}$ - $^{103\text{m}}_{45}\text{Rh}$	135
<i>Argent - 110m / Argent - 110</i>	$^{110\text{m}}_{47}\text{Ag}$ - $^{110}_{47}\text{Ag}$	136
<i>Argent - 111</i>	$^{111}_{47}\text{Ag}$	137
<i>Cadmium - 109 / Argent - 109m</i>	$^{109}_{48}\text{Cd}$ - $^{109\text{m}}_{47}\text{Ag}$	137
Cadmium - 113m	$^{113\text{m}}_{48}\text{Cd}$	139
Cadmium - 115m	$^{115\text{m}}_{48}\text{Cd}$	140
<i>Indium - 111</i>	$^{111}_{49}\text{In}$	141
<i>Indium - 113m</i>	$^{113\text{m}}_{49}\text{In}$	142
<i>Indium - 115m</i>	$^{115\text{m}}_{49}\text{In}$	143
Etain - 113 / Indium - 113m	$^{113}_{50}\text{Sn}$ - $^{113\text{m}}_{49}\text{In}$	144
<i>Etain - 125</i>	$^{125}_{50}\text{Sn}$	145
<i>Antimoine - 122</i>	$^{122}_{51}\text{Sb}$	146
<i>Antimoine - 124</i>	$^{124}_{51}\text{Sb}$	147
<i>Antimoine - 125 / Tellure - 125m</i>	$^{125}_{51}\text{Sb}$ - $^{125\text{m}}_{52}\text{Te}$	148
<i>Antimoine - 126</i>	$^{126}_{51}\text{Sb}$	149
<i>Tellure - 123m</i>	$^{123\text{m}}_{52}\text{Te}$	150
<i>Tellure - 125m</i>	$^{125\text{m}}_{52}\text{Te}$	151
Tellure - 127	$^{127}_{52}\text{Te}$	152
<i>Tellure - 132 / Iode - 132</i>	$^{132}_{52}\text{Te}$ - $^{132}_{53}\text{I}$	153
<i>Iode - 123</i>	$^{123}_{53}\text{I}$	154
<i>Iode - 124</i>	$^{124}_{53}\text{I}$	155
<i>Iode - 125</i>	$^{125}_{53}\text{I}$	156
<i>Iode - 129</i>	$^{129}_{53}\text{I}$	157
<i>Iode - 131</i>	$^{131}_{53}\text{I}$	158



Radionucléides	Symboles	Page
Iode - 132	$^{132}_{53}\text{I}$	159
Iode - 133	$^{133}_{53}\text{I}$	160
Xénon - 133	$^{133}_{54}\text{Xe}$	161
Césium - 131	$^{131}_{55}\text{Cs}$	162
Césium - 134	$^{134}_{55}\text{Cs}$	163
Césium - 137 / Baryum - 137m	$^{137}_{55}\text{Cs}$ - $^{137\text{m}}_{56}\text{Ba}$	164
Baryum - 133	$^{133}_{56}\text{Ba}$	165
Baryum - 140 / Lanthane - 140	$^{140}_{56}\text{Ba}$ - $^{140}_{57}\text{La}$	166
Lanthane - 140	$^{140}_{57}\text{La}$	167
Cérium - 139	$^{139}_{58}\text{Ce}$	168
Cérium - 141	$^{141}_{58}\text{Ce}$	169
Cérium - 143	$^{143}_{58}\text{Ce}$	170
Cérium - 144 / Praséodyme - 144m et 144	$^{144}_{58}\text{Ce}$ - $^{144}_{59}\text{Pr}$	171
Praséodyme - 143	$^{143}_{59}\text{Pr}$	172
Praséodyme - 144	$^{144}_{59}\text{Pr}$	173
Néodyme - 147	$^{147}_{60}\text{Nd}$	174
Prométhéum - 147	$^{147}_{61}\text{Pm}$	175
Samarium - 151	$^{151}_{62}\text{Sm}$	176
Samarium - 153	$^{153}_{62}\text{Sm}$	177
Europium - 152	$^{152}_{63}\text{Eu}$	178
Europium - 154	$^{154}_{63}\text{Eu}$	179
Europium - 155	$^{155}_{63}\text{Eu}$	180
Europium - 156	$^{156}_{63}\text{Eu}$	181
Gadolinium - 153	$^{153}_{64}\text{Gd}$	182
Terbium - 160	$^{160}_{65}\text{Tb}$	183
Holmium - 166m	$^{166\text{m}}_{67}\text{Ho}$	184
Erbium - 169	$^{169}_{68}\text{Er}$	185
Thulium - 170	$^{170}_{69}\text{Tm}$	186
Thulium - 171	$^{171}_{69}\text{Tm}$	187
Ytterbium - 169	$^{169}_{70}\text{Yb}$	188

Radionucléides	Symboles	Page
Lutétiem - 177m / Lutétiem - 177	$^{177\text{m}}_{71}\text{Lu}$ - $^{177}_{71}\text{Lu}$	189
Lutétiem - 177	$^{177}_{71}\text{Lu}$	190
Hafnium - 181	$^{181}_{72}\text{Hf}$	191
Tantale - 182	$^{182}_{73}\text{Ta}$	192
Rhénium - 186	$^{186}_{75}\text{Re}$	193
Rhénium - 188	$^{188}_{75}\text{Re}$	194
Osmium - 185	$^{185}_{76}\text{Os}$	195
Osmium - 191	$^{191}_{76}\text{Os}$	196
Iridium - 192	$^{192}_{77}\text{Ir}$	197
Or - 198	$^{198}_{79}\text{Au}$	198
Mercuré - 197	$^{197}_{80}\text{Hg}$	199
Mercuré - 203	$^{203}_{80}\text{Hg}$	200
Thallium - 201	$^{201}_{81}\text{Tl}$	201
Thallium - 204	$^{204}_{81}\text{Tl}$	202
Plomb - 209	$^{209}_{82}\text{Pb}$	203
<i>Plomb - 210 et tous ses descendants</i>	$^{210}_{82}\text{Pb}+$	204
Plomb - 211 et tous ses descendants	$^{211}_{82}\text{Pb}+$	205
Plomb - 212 et tous ses descendants	$^{212}_{82}\text{Pb}+$	206
<i>Plomb - 214 et ses 1^{er} descendants</i>	$^{214}_{82}\text{Pb}+$	207
<i>Bismuth - 207</i>	$^{207}_{83}\text{Bi}$	208
<i>Bismuth - 210</i>	$^{210}_{83}\text{Bi}$	209
Bismuth - 212 et tous ses descendants	$^{212}_{83}\text{Bi}+$	210
Bismuth - 213 et tous ses descendants	$^{213}_{83}\text{Bi}+$	211
<i>Bismuth - 214 / Polonium - 214</i>	$^{214}_{83}\text{Bi}$ - $^{214}_{84}\text{Po}$	212
<i>Polonium - 210</i>	$^{210}_{84}\text{Po}$	213
Radium - 223 et tous ses descendants	$^{223}_{88}\text{Ra}+$	214
Radium - 224 et tous ses descendants	$^{224}_{88}\text{Ra}+$	215



Radionucléides	Symboles	Page
Radium - 225 et tous ses descendants	$^{225}_{88}\text{Ra}+$	216
<i>Radium - 226</i> et tous ses descendants	$^{226}_{88}\text{Ra}+$	217
Radium - 228 / Actinium - 228	$^{228}_{88}\text{Ra} - ^{228}_{89}\text{Ac}$	218
Radium - 228 et tous ses descendants	$^{228}_{88}\text{Ra}+$	219
Actinium - 225 et tous ses descendants	$^{225}_{89}\text{Ac}+$	220
Actinium - 227 et tous ses descendants	$^{227}_{89}\text{Ac}+$	221
Actinium - 228	$^{228}_{89}\text{Ac}$	222
Thorium - 227 et tous ses descendants	$^{227}_{90}\text{Th}+$	223
Thorium - 228 et tous ses descendants	$^{228}_{90}\text{Th}+$	224
Thorium - 229 et tous ses descendants	$^{229}_{90}\text{Th}+$	225
Thorium - 230	$^{230}_{90}\text{Th}$	226
<i>Thorium - 231</i>	$^{231}_{90}\text{Th}$	227
Thorium - 232 seul	$^{232}_{90}\text{Th}$	228
<i>Thorium - 234</i> et ses 1 ^{er} descendants	$^{234}_{90}\text{Th}+$	229
Thorium naturel	Th nat	230
Protactinium - 231 seul	$^{231}_{91}\text{Pa}$	231
Protactinium - 231 et tous ses descendants	$^{231}_{91}\text{Pa}+$	232
Protactinium - 233	$^{233}_{91}\text{Pa}$	233
<i>Protactinium - 234</i>	$^{234}_{91}\text{Pa}$	234
<i>Uranium - 233</i>	$^{233}_{92}\text{U}$	235
<i>Uranium - 234 seul</i>	$^{234}_{92}\text{U}$	236
Uranium - 235 / Thorium - 231	$^{235}_{92}\text{U} - ^{231}_{90}\text{Th}$	237
Uranium - 238 et ses 1 ^{er} descendants	$^{238}_{92}\text{U}+$	238
Uranium naturel [2]	U nat	239
Neptunium - 237 / Protactinium - 233	$^{237}_{93}\text{Np} - ^{233}_{91}\text{Pa}$	240
Neptunium - 238	$^{238}_{93}\text{Np}$	241
<i>Neptunium - 239</i>	$^{239}_{93}\text{Np}$	242
<i>Plutonium - 238</i>	$^{238}_{94}\text{Pu}$	243
<i>Plutonium - 239</i>	$^{239}_{94}\text{Pu}$	244
<i>Plutonium - 240</i>	$^{240}_{94}\text{Pu}$	245

Radionucléides	Symboles	Page
<i>Plutonium - 241 seul</i>	$^{241}_{94}\text{Pu}$ seul	246
Plutonium - 241 / Américium - 241	$^{241}_{94}\text{Pu} - ^{241}_{95}\text{Am}$	247
Américium - 241	$^{241}_{95}\text{Am}$	248
Américium - 243 / Neptunium - 239	$^{243}_{95}\text{Am} - ^{239}_{93}\text{Np}$	249
Curium - 242	$^{242}_{96}\text{Cm}$	250
Curium - 244	$^{244}_{96}\text{Cm}$	251
Californium - 252	$^{252}_{98}\text{Cf}$	252

[1] Les radionucléides en italiques ou en caractères gras sont des radionucléides ajoutés à ceux figurant dans chacune des trois éditions de la première version du guide. Alors que les radionucléides en italiques figurent déjà dans le handbook anglais réédité, fin 2001, par Nuclear Technology Publishing, les radionucléides en caractères gras apparaissent pour la première fois dans cette nouvelle version du guide.

[2] Fiches utilisées pour créer la fiche de l'Uranium naturel

Uranium - 234 et tous ses descendants

$^{234}_{92}\text{U}$ et desc.

Uranium - 235 et tous ses descendants

$^{235}_{92}\text{U}$ et desc.

Uranium - 238 et tous ses descendants

$^{238}_{92}\text{U}$ et desc.



212 fiches de radioprotection

Tritium

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			19	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁹
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁶
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col rayt de freinage

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Tritium gazeux	V		1,8.10 ⁻¹⁵
Eau tritiée	V		1,8.10 ⁻¹¹
Tritium dans un composé organique	V		4,1.10 ⁻¹¹
Méthane tritié	V		1,8.10 ⁻¹³
Ingestion		f ₁ e(g)	
Eau tritiée		1,000	1,8.10 ⁻¹¹
Tritium dans un composé organique		1,000	4,2.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2), (3)}
0 µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,0.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Organisme entier

Ingestion : Organisme entier ou estomac (comp. org.)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,9.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,8.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_β 1.10⁴ Bq.cm⁻²

LPC_γ 1.10⁶ Bq.cm⁻²

(1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

(2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tritium gazeux	1	interdit	3,5.10 ⁹	interdit	1,2.10 ¹⁰	5,0.10 ¹⁰
Eau tritiée	0,01	3,5.10 ⁶	3,5.10 ⁷	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁸	1,2.10 ¹⁰
Tritium dans un composé organique	0,01	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	5,1.10 ⁶	5,1.10 ⁷	5,1.10 ⁹
Méthane tritié	1	interdit	3,5.10 ⁷	interdit	1,2.10 ⁸	1,2.10 ¹⁰



Béryllium - 7

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	477	10						
E2								
E3								
% omis		0						

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	2.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds sans objet β et e⁻
ds 9,7.10⁻⁸ γ et X
dp 9,2.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

8,2.10⁻⁹

100 cm

au contact 3,6.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 4,9.10⁻⁶

au contact 2,4.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,3.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,9.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,9.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,8.10 ⁻¹¹
		5 µm	4,3.10 ⁻¹¹
Oxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	5,2.10 ⁻¹¹
		5 µm	4,6.10 ⁻¹¹

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,005	2,8.10 ⁻¹¹
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,0.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,6.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

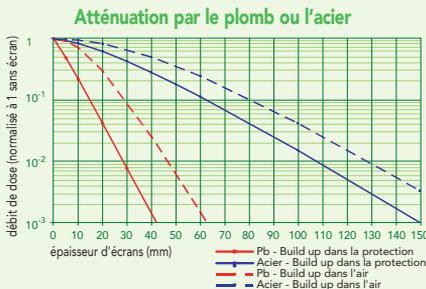
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	sans objet
Plexiglas	sans objet

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : sans objet
	ds γ, X : 5,9.10 ⁻⁴
à 10 cm	ds β, e ⁻ : sans objet
	ds γ, X : 1,8.10 ⁻³
	dp γ, X : 1,7.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC _i	1,10 ³ Bq.cm ⁻²
LPC _f	2,10 ³ Bq.cm ⁻²

(1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

(2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,6.10 ⁷	2,6.10 ⁸	8,7.10 ⁷	8,7.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, halogénures et nitrates	0,01	2,6.10 ⁷	2,6.10 ⁸	8,5.10 ⁷	8,5.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Béryllium - 10

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1			556	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	4.10 ¹³
% omis			0				A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,0.10⁻⁴ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col 3,3.10⁻⁴

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact 9,2.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,1.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	9,1.10 ⁻⁹
		5 µm	6,7.10 ⁻⁹
Oxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	3,2.10 ⁻⁸
		5 µm	1,9.10 ⁻⁸

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,005	1,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,3.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,6.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Poumons (M-L)
 Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 2,2.10⁻³
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

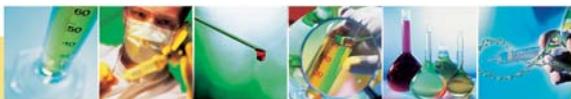
à 10 cm
ds β, e⁻ : 8,7.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques
 LPC_γ 2,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_f 2,10³ Bq.cm⁻²

(1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,6.10 ⁵	3,6.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Oxydes, halogénures et nitrates	0,01	1,6.10 ⁵	1,6.10 ⁶	5,2.10 ⁵	5,2.10 ⁶	5,2.10 ⁸



Carbone - 11 (monoxyde et dioxyde)

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁹
E1	511	200	960	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2								
E3								
% omis		0		0				

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,3 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
 ds $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
 dp $1,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $7,3 \cdot 10^{-4}$

au contact $5,8 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $6,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Gaz carbonique (CO ₂)	V		2,2.10 ⁻¹²
Oxyde de carbone (CO)	V		1,2.10 ⁻¹²

Ingestion

f ₁		e(g)
sans objet		

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ⁶ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Immersion : Organisme entier, pancréas (CO₂)
Ingestion : sans objet

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 9,1.10⁹

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : sans objet

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,6
Plexiglas	3,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les formes gazeuses

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz carbonique (CO ₂)	1	interdit	4,0.10 ⁶	interdit	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹
Oxyde de carbone (CO)	1	interdit	4,1.10 ⁶	interdit	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹



Carbone - 11 (particulaire ou vapeurs organiques)

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁶
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E1	511	200	960	100						
E2										
E3										
% omis		0		0						

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,3 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $7,3 \cdot 10^{-4}$

au contact $5,8 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $6,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Forme particulaire (abs. rapide)	R	1 µm 1,1.10 ⁻¹¹
		5 µm 2,0.10 ⁻¹¹
Forme particulaire (abs. modérée)	M	1 µm 1,8.10 ⁻¹¹
		5 µm 3,1.10 ⁻¹¹
Forme particulaire (abs. lente)	L	1 µm 1,8.10 ⁻¹¹
		5 µm 3,3.10 ⁻¹¹
Gaz ou vapeur de carbone organique	V	3,2.10 ⁻¹²
Méthane marqué au Carbone 11	V	2,7.10 ⁻¹⁴

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés organiques marqués	1,000	2,4.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,4.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
ovaires (méthane)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,1.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,6
Plexiglas	3,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,2.10⁻¹
ds γ, X : 1,2.10⁻²
dp γ, X : 1,1.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,2
ds γ, X : 3,7.10⁻²
dp γ, X : 3,5.10⁻²

Limites pratiques

LPC_s 5,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 9,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Forme particulaire (abs. rapide)	0,01	4,1.10 ⁵	4,1.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹
Forme particulaire (abs. modérée)	0,01	4,1.10 ⁵	4,1.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹
Forme particulaire (abs. lente)	0,01	4,1.10 ⁵	4,1.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹
Vapeur de carbone organique - méthane marqué	1	interdit	4,0.10 ⁶	interdit	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹



Carbone - 14 (monoxyde et dioxyde)

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			157	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ¹¹
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁹ pour CO
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁷ pour CO2
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact rayt de freinage

bécher 50 ml
au col 3,5.10⁻⁶

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
	V	1 µm	6,2.10 ⁻¹²
		5 µm	8,0.10 ⁻¹³
Gaz carbonique (CO2)	V		
Oxyde de carbone (CO)	V		
Ingestion		f ₁ e(g)	
sans objet			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

6,7.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ⁶ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Organisme entier, poumons (CO2)

Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁹

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les formes gazeuses

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNEÉ				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz carbonique (CO2)	1	interdit	9,6.10 ⁷	interdit	3,2.10 ⁸	5,0.10 ¹⁰
Oxyde de carbone (CO)	1	interdit	7,8.10 ⁸	interdit	2,6.10 ⁹	3,4.10 ¹⁰



Carbone - 14 (particulaire ou vapeurs organiques)

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁷
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E1			157	100						
E2										
E3										
% omis				0						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col 3,5.10⁻⁶

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,2.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Forme particulaire (abs. rapide)	R	1 µm	2,0.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,9.10 ⁻¹⁰
Forme particulaire (abs. modérée)	M	1 µm	2,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,7.10 ⁻⁹
Forme particulaire (abs. lente)	L	1 µm	5,8.10 ⁻⁹
		5 µm	4,0.10 ⁻⁹
Gaz ou vapeur de carbone organique	V		5,8.10 ⁻¹⁰
Méthane marqué au Carbone 14	V		2,9.10 ⁻¹²

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés organiques marqués	1,000	5,8.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ **LPCA^{(2),(3)}**

6,7.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,4.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R),
 poumons (M-L méthane)
Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : sans objet
 dp γ, X : sans objet

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : sans objet
 dp γ, X : sans objet

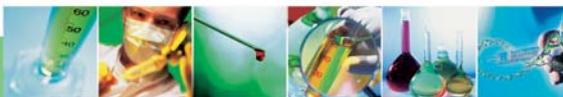
Limites pratiques

LPC₁ 1.10² Bq.cm⁻²
 LPC_F 1.10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillassse	Hotte ventilée	Paillassse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Forme particulaire (abs. rapide)	0,01	3,1.10 ⁷	3,1.10 ⁸	1,0.10 ⁸	1,0.10 ⁹	5,0.10 ⁹
Forme particulaire (abs. modérée)	0,01	3,1.10 ⁶	3,1.10 ⁷	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Forme particulaire (abs. lente)	0,01	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	3,6.10 ⁶	3,6.10 ⁷	3,6.10 ⁹
Méthane marqué au Carbone 14	1	interdit	2,2.10 ⁸	interdit	7,2.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Gaz ou vapeur de carbone organique	1	interdit	1,1.10 ⁶	interdit	3,6.10 ⁶	3,6.10 ⁸



Azote - 13

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	200	1199	100				
E2								
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁹
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1	9.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $9,2 \cdot 10^{-4}$

au contact $5,8 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,3 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $1,9$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $1,2$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Gaz	G	M	1 µm
		M	5 µm
		L	1 µm
		L	5 µm
Ingestion		f ₁ e(g)	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,9.10 ⁶ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Organisme entier

Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

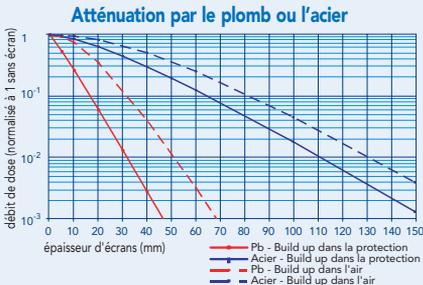
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,1
Plexiglas	4,0

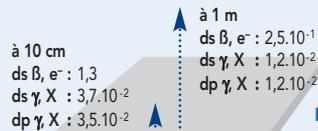
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i $5,0 \cdot 10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_f $8,0 \cdot 10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz	1	interdit	4,4.10 ⁶	interdit	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Autres composés	0,01	4,5.10 ⁵	4,5.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹



Oxygène - 15

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	200	1732	100				
E2								
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁹
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,0.10⁻⁶ γ et X
dp 1,9.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻²

100 cm

au contact 8,5.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,3.10⁻³

au contact 5,9.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,0.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Gaz	G	M	1 µm
		M	5 µm
		L	1 µm
		L	5 µm
Ingestion	f ₁	e(g)	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,9.10 ⁶ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Organisme entier
Ingestion : Sans objet

AI_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : sans objet

AI_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

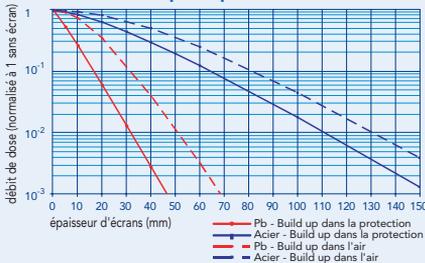
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,7
Plexiglas	6,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,8.10⁻¹
ds γ, X : 1,2.10⁻²
dp γ, X : 1,2.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : 3,7.10⁻²
dp γ, X : 3,5.10⁻²

Limites pratiques

LPC₁ 4,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_F 7,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz	1	interdit	4,4.10 ⁶	interdit	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Autres composés	0,01	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹



Fluor - 18

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	194	634	97	1	3		
E2								
E3								
% omis		0		0		0		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,9.10⁻⁶ γ et X
dp 1,8.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact 7,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 4,5.10⁻⁴

au contact 5,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,9.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,9.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Selon le cation auquel il est combiné	R	1 µm	3,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	5,4.10 ⁻¹¹
Selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	5,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	8,9.10 ⁻¹¹
Selon le cation auquel il est combiné	L	1 µm	6,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	9,3.10 ⁻¹¹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	4,9.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,8.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,1.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

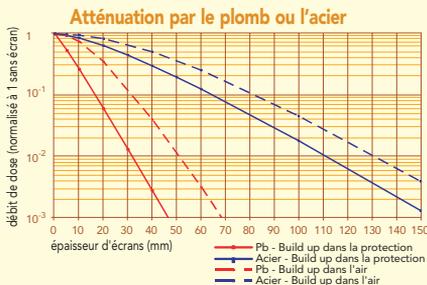
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,7

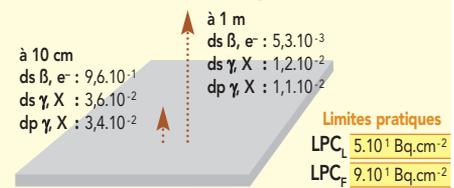
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



(1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

(2) Attention ! Toute contamination superficielle labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,5.10 ⁵	4,5.10 ⁴	1,5.10 ⁴	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Forme volatile	1	interdit	2,7.10 ⁶	interdit	9,0.10 ⁶	9,0.10 ⁸



Sodium - 22

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	181	546	90				
E2	1275	100						
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
 ds $3,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X
 dp $3,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,1.10⁻⁷

100 cm

au contact $1,4 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $4,4 \cdot 10^{-4}$

au contact $1,1 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $5,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,7 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	1,3.10 ⁻⁹
		5 µm	2,0.10 ⁻⁹
	M	1 µm	
		5 µm	
L	1 µm		
	5 µm		

Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	3,2.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion (1)	LPCA ^{(2),(3)}
4,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
 Ingestion : Surfaces osseuses

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 1,0 \cdot 10^7$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 6,3 \cdot 10^6$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

→ Pb - Build up dans la protection
 → Acier - Build up dans la protection
 - - - Pb - Build up dans l'air
 - - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : $2,4 \cdot 10^{-2}$
 dp γ, X : $2,2 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm
 ds β, e⁻ : $7,2 \cdot 10^{-1}$
 ds γ, X : $7,3 \cdot 10^{-2}$
 dp γ, X : $6,9 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques
 LPC_i $3 \cdot 10^1$ Bq.cm⁻²
 LPC_F $5 \cdot 10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D' EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composées	0,01	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁴	1,2.10 ⁴	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹



Sodium - 24

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	1369	100	1390	100				
E2	2754	100						
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	2.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $5,7.10^{-6}$ γ et X
dp $5,4.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,6.10^{-7}$

au contact : $2,0.10^{-3}$

bécher 50 ml au col

à 100 cm : $1,2.10^{-3}$

au contact : $1,6.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $2,2.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	2,9.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,3.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
		1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	4,3.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
7,4.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,6.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 4,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



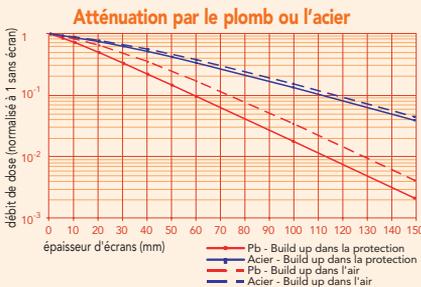
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,6
Plexiglas	4,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : 3,3.10⁻¹
ds γ, X : 3,5.10⁻²
dp γ, X : 3,3.10⁻²

à 10 cm :
ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : 1,1.10⁻¹
dp γ, X : 1,0.10⁻¹

Limites pratiques
LPC_i : 2.10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f : 3.10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	2,8.10 ⁵	2,8.10 ⁶	9,4.10 ⁵	9,4.10 ⁶	9,4.10 ⁸



Magnésium - 28 / Aluminium - 28

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	401	37	212	5	1	26		
E2	941	38	459	95	29	27		
E3	1779	100	2864	100	31	3		
% omis		128		5		0		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,6.10^{-4}$ β et e⁻
ds $5,1.10^{-6}$ γ et X
dp $4,8.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

4,2.10⁻⁷
100 cm
au contact 5,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,5.10⁻³
au contact 2,0.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 5,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,4
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm		
Composés non spécifiés	R	1 µm	6,4.10 ⁻¹⁰	6,4.10 ⁻¹⁰	
		5 µm	1,1.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁹	
	M	1 µm	1,2.10 ⁻⁹	1,2.10 ⁻⁹	
		5 µm	1,7.10 ⁻⁹	1,7.10 ⁻⁹	
		L	1 µm		
			5 µm		

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,5	2,2.10 ⁻⁹	2,2.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 9,1.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	7,1
Plexiglas	12,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,6.10⁻¹
ds γ, X : 3,1.10⁻²
dp γ, X : 2,9.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,1
ds γ, X : 9,5.10⁻²
dp γ, X : 9,0.10⁻²

Limites pratiques
LPC_g 2,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 3,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,6.10 ⁵	2,6.10 ⁶	8,7.10 ⁵	8,7.10 ⁶	8,7.10 ⁸
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures, nitrates	0,01	2,5.10 ⁵	2,5.10 ⁶	8,5.10 ⁵	8,5.10 ⁶	8,5.10 ⁸



Aluminium - 26

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	164	1174	82				
E2	1130	3						
E3	1809	100						
% omis		<1		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹¹
A2	1.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $4,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $3,5 \cdot 10^{-7}$

au contact : $1,6 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $9,8 \cdot 10^{-4}$

au contact : $1,3 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,7 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1,1.10 ⁻⁸	1,4.10 ⁻⁸
	M	1,8.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻⁸
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures, nitrates, Al métal	M	1,8.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻⁸
	L	1 µm	5 µm

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,010	3,5.10 ⁻⁹
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,6.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Moëlle rouge (R1µ), voies respiratoires supérieures (R-5µ), poumons (M)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁶
 Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,7.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



54

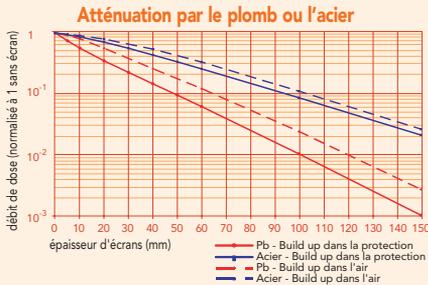
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,1
Plexiglas	3,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 2,7.10⁻¹; ds γ, X : 2,6.10⁻²; dp γ, X : 2,5.10⁻²

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,0; ds γ, X : 8,1.10⁻²; dp γ, X : 7,7.10⁻²

Limites pratiques
 LPC_α : 2,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_β : 4,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,0.10 ⁵	2,0.10 ⁶	6,7.10 ⁵	6,7.10 ⁶	6,7.10 ⁸
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures, nitrates, Al métal	0,01	1,8.10 ⁵	1,8.10 ⁶	5,9.10 ⁵	5,9.10 ⁶	5,9.10 ⁸



Silicium - 31

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	1266	<1	1491	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	6.10 ¹¹
% omis		0		<1			A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,5.10^{-9}$ γ et X
dp $1,4.10^{-9}$ γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻¹⁰
100 cm
au contact $3,3.10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $1,0.10^{-3}$
au contact $3,5.10^{-7}$

Seringue 5 ml

au contact $1,7.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Composés non spécifiés	R	1 µm 2,9.10 ⁻¹¹
		5 µm 5,1.10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes, carbures et nitrates	M	1 µm 7,5.10 ⁻¹¹
		5 µm 1,1.10 ⁻¹⁰
Aérosol de verre d'aluminosilicate	L	1 µm 8,0.10 ⁻¹¹
		5 µm 1,1.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,01	1,6.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,7.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
Ingestion : Intestin grêle

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,1
Plexiglas	5,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - Pb - Build up dans l'air
 - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,9.10⁻¹
ds γ, X : 8,9.10⁻⁶
dp γ, X : 8,4.10⁻⁶

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : 2,7.10⁻⁵
dp γ, X : 2,6.10⁻⁵

Limites pratiques
 LPC_g 9,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_f 3,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et nitrates	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Aérosol de verre d'aluminosilicate	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹



Silicium - 32 / Phosphore - 32

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			213	100				
E2			1710	100				
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,0.10⁻⁵ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm

au contact 1,1.10⁻⁴

bécher 50 ml
au col

1,2.10⁻³

au contact 1,8.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 2,2.10⁻²

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²)

2,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R		3,2.10 ⁻⁹	4,0.10 ⁻⁹	3,7.10 ⁻⁹	4,8.10 ⁻⁹
			1 µm	5 µm	1,5.10 ⁻⁸	1,8.10 ⁻⁸
Oxydes, hydroxydes, carbures, nitrates	M		9,6.10 ⁻⁹	1,3.10 ⁻⁸	1,1.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷
			1 µm	5 µm	5,5.10 ⁻⁸	5,5.10 ⁻⁸
Aérosol de verre d'aluminosilicate	L		1,1.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷
			1 µm	5 µm	5,5.10 ⁻⁸	5,5.10 ⁻⁸

Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,01	5,6.10 ⁻¹⁰	3,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Côlon (R) ou poumons (M-L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,8.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,6
Plexiglas	6,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débites de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,5.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i : 7 Bq.cm⁻²

LPC_f : 2.10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,6.10 ⁵	5,6.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et nitrates	0,01	2,8.10 ⁵	2,8.10 ⁶	9,2.10 ⁵	9,2.10 ⁶	9,2.10 ⁸
Aérosol de verre d'aluminosilicate	0,01	5,3.10 ⁴	5,3.10 ⁵	1,8.10 ⁵	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁸



Phosphore - 32

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			1710	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact $1,1 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml
au col $1,2 \cdot 10^{-3}$

au contact $1,7 \cdot 10^{-6}$

Seringue 5 ml

au contact $2,4 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²)

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $1,3$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	8,0.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,1.10 ⁻⁹
Certain phosphates : selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	3,2.10 ⁻⁹
		5 µm	2,9.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,800	2,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Divers organes (R), poumons (M)
Ingestion : Divers organes

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁶
Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,6
Plexiglas	6,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,6.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i 5,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Certain phosphates : selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹



Phosphore - 33

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			249	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁵
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col 4,6.10⁻⁵

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 8,6.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	9,6.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,4.10 ⁻¹⁰
Certain phosphates : selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	1,4.10 ⁻⁹
		5 µm	1,3.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,800	2,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,4.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,0.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,3
Plexiglas	0,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,3.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i 2,10² Bq.cm⁻²
LPC_f 2,10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,5.10 ⁷	4,5.10 ⁸	1,5.10 ⁸	1,5.10 ⁹	5,0.10 ¹⁰
Certain phosphates : selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,5.10 ⁶	4,5.10 ⁷	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	1,5.10 ¹⁰



Soufre - 35

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁸
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁵
E1			168	100						
E2										
E3										
% omis				0						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col 5,1.10⁻⁶

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,5.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,8.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné	R	1 µm 5,3.10 ⁻¹¹ 5 µm 8,0.10 ⁻¹¹
	M	1 µm 1,3.10 ⁻⁹ 5 µm 1,1.10 ⁻⁹
Soufre élémentaire sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné	L	1 µm 5 µm
	F	7,0.10 ⁻¹⁰
Disulfure de carbone	F	1,2.10 ⁻¹⁰
Gaz sulfureux ou vapeur de soufre	F	

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés inorganiques	0,800	1,4.10 ⁻¹⁰
Soufre élémentaire	0,100	1,9.10 ⁻¹⁰
Soufre organique	1,000	7,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion (1) **LPCA** (2), (3)

8,6.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M), vessie (vapeur)

Ingestion : Vessie (S org.), côlon (S ing)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_β 3,10² Bq.cm⁻²

LPC_γ 3,10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné	0,01	7,8.10 ⁷	7,8.10 ⁸	2,6.10 ⁸	2,6.10 ⁹	5,0.10 ¹⁰
S élément. sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,8.10 ⁶	4,8.10 ⁷	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁸	1,6.10 ¹⁰
Disulfure de carbone	1	interdit	8,9.10 ⁵	interdit	3,0.10 ⁶	3,0.10 ⁸
Gaz sulfureux ou vapeur de soufre	1	interdit	5,2.10 ⁶	interdit	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Chlore - 36

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1			710	98			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	1.10 ¹³
% omis				0			A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm

au contact
rayt de freinage

bécher 50 ml
au col 4,3.10⁻⁴

au contact
rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact 5,1.10⁻⁴

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,7.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Selon le cation auquel il est combiné	R	3,4.10 ⁻¹⁰	4,9.10 ⁻¹⁰
Selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	6,9.10 ⁻⁹
		5 µm	5,1.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	9,3.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,5.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M)
Ingestion : Vessie

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,9.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm

ds β, e⁻ : 9,9.10⁻¹

ds γ, X : sans objet

dp γ, X : sans objet

à 1 m

ds β, e⁻ : 2,6.10⁻²

ds γ, X : sans objet

dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i 6,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 4,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	6,6.10 ⁵	6,6.10 ⁶	2,2.10 ⁶	2,2.10 ⁷	2,2.10 ⁹
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	3,9.10 ⁵	3,9.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹



Chlore - 38

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁵
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E1	1642	33	111	33						
E2	2168	44	2749	12						
E3			4917	56						
% omis		< 0,01		0						

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $7,8 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,2.10⁻²

bécher 50 ml

au col 2,4.10⁻³
au contact 4,3.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 5,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Selon le cation auquel il est combiné	R	1 µm	2,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	4,6.10 ⁻¹¹
Selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	4,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	7,3.10 ⁻¹¹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	1,2.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁸
 Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	14,6
Plexiglas	26,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 4,1.10⁻¹
 ds γ, X : 1,3.10⁻²
 dp γ, X : 1,2.10⁻²

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 1,3
 ds γ, X : 4,0.10⁻²
 dp γ, X : 3,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 4,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 6,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	5,8.10 ⁵	5,8.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	5,8.10 ⁵	5,8.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹



Argon - 37

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	3	8			2	82		
E2								
E3								
% omis		0				0		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁶

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds ? γ et X
dp ? γ et X

flacon 10 ml

?
100 cm
au contact ?

bécher 50 ml

au col ?
au contact ?

Seringue 5 ml

au contact ?

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Gaz rare	GR	M	1 µm
		M	5 µm
		L	1 µm
		L	5 µm
Ingestion	f ₁	e(g)	
Sans objet			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,7.10 ⁻¹⁰ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,8.10 ¹⁰ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Poumons
Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

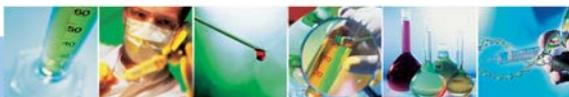
Plan contaminé
et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	1,5.10 ⁸	interdit	5,0.10 ⁸	5,0.10 ¹⁰



Argon - 41

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁹
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E1	1294	100	1198	100						
E2			2492	1						
E3										
% omis		< 1		< 1						

Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,3 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁷

100 cm

au contact 7,7.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 9,0.10⁻⁴

au contact 6,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,2.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)
	1 µm	5 µm
		1 µm
	5 µm	M
		L
1 µm	GR	5 µm
		Gaz rare

Ingestion

Sans objet	f ₁	e(g)

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,2.10 ⁻⁴ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,6.10 ⁺⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Organisme entier, peau
Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	6,1
Plexiglas	10,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	4,1.10 ⁶	interdit	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹



Potassium - 40

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	1461	11	1312	89	3	7		
E2								
E3								
% omis		0		0		0		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	9.10 ¹¹
A2	9.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,4.10⁻⁷ γ et X
dp 2,3.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

2,0.10⁻⁸

100 cm

au contact 9,1.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 8,1.10⁻⁴

au contact 7,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,4.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	2,1.10 ⁻⁹
		5 µm	3,0.10 ⁻⁹
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	6,2.10 ⁻⁹

Données pratiques

Dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,0.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,8.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Côlon
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

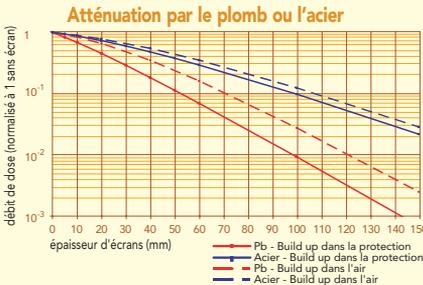
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,4
Plexiglas	4,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹) ⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,0.10⁻¹
ds γ, X : 1,5.10⁻³
dp γ, X : 1,4.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,0
ds γ, X : 4,6.10⁻³
dp γ, X : 4,3.10⁻³

Limites pratiques
LPC_β 5,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,0.10 ⁵	5,0.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Potassium - 42

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	313	< 1	1996	18				
E2	1525	18	3521	82				
E3								
% omis		< 1		< 1				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,3 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $4,0 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $3,5 \cdot 10^{-8}$

au contact : $6,5 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $2,3 \cdot 10^{-3}$

au contact : $1,7 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $7,7 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	$1,3 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$2,0 \cdot 10^{-10}$
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	$4,3 \cdot 10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ : $5,3 \cdot 10^{-7}$ µSv.h⁻¹ par Bq.m⁻³

LPCA^{(2),(3)} : $4,2 \cdot 10^4$ Bq.m⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)

Ingestion : Estomac

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 1,0 \cdot 10^8$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 4,7 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	8,6
Plexiglas	16,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $5,2 \cdot 10^{-1}$; ds γ, X : $2,6 \cdot 10^{-3}$; dp γ, X : $2,7 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,4; ds γ, X : $8,0 \cdot 10^{-3}$; dp γ, X : $7,6 \cdot 10^{-3}$

Limites pratiques

LPC_i : $6,10^1$ Bq.cm²

LPC_f : $1,10^2$ Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$6,6 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^9$



Potassium - 43

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	373	87	827	92				
E2	593	11	1224	4				
E3	618	81	18,7	1				
% omis		18		3				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,9.10^{-6}$ γ et X
dp $1,8.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻⁷

100 cm

au contact $6,9.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $6,1.10^{-4}$

au contact $5,5.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $2,9.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $8,7.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	$1,5.10^{-10}$
		5 µm	$2,6.10^{-10}$
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	$2,5.10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,0.10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$3,2.10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)

Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $7,7.10^7$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $8,0.10^7$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

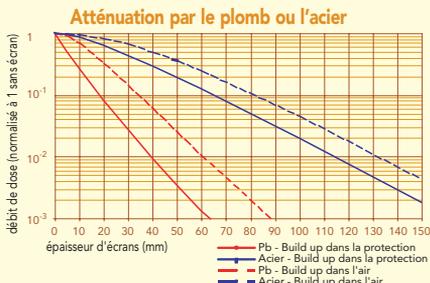
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,9
Plexiglas	7,1

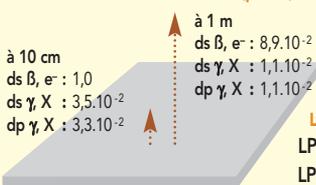
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_β $5,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_γ $8,10^1$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$4,4.10^5$	$4,4.10^6$	$1,5.10^6$	$1,5.10^7$	$1,5.10^9$



Calcium - 45

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁷
E1			257	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	4.10 ¹³
% omis		< 1		0			A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 0 γ et X
dp 0 γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact rayt de freinage

bécher 50 ml
au col 4,4.10⁻⁵

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 8,4.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	2,7.10 ⁻⁹
		5 µm	2,3.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,3	7,6.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

4,6.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,1.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Surfaces osseuses (M 1µm), poumons (M 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 7,4.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,3
Plexiglas	0,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier
épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)
Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,1.10⁻¹
ds γ, X : 0
dp γ, X : 0

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 0
dp γ, X : 0

Limites pratiques

LPC_i 1.10² Bq.cm⁻²
 LPC_f 1.10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	7,7.10 ⁶	7,7.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Calcium - 47 / Scandium - 47

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	159	68	441	68				
E2	808	7	691	82				
E3	1297	75	1988	18				
% omis		7		32				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ¹
Transport (Bq)		
A1		3.10 ¹²
A2		3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,8.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,0.10⁻⁶ γ et X
dp 1,9.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact 7,7.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 8,7.10⁻⁴

au contact 5,7.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 8,8.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g) père		h(g) filiat.	
	R	1 µm 5 µm		
Tous composés	M	1 µm	1,8.10 ⁻⁹	1,8.10 ⁻⁹
		5 µm	2,1.10 ⁻⁹	2,1.10 ⁻⁹
	L	1 µm		
		5 µm		
Ingestion				
	f ₁	h(g) père	h(g) filiat.	
Tous composés	0,3	1,6.10 ⁻⁹	1,6.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,0.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm),
voies respiratoires supérieures (M 5µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

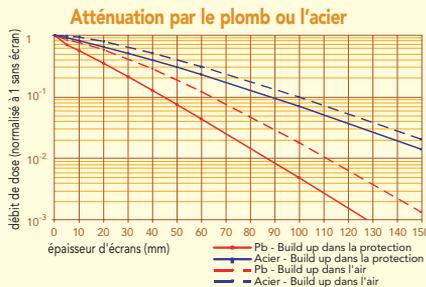
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,1
Plexiglas	7,7

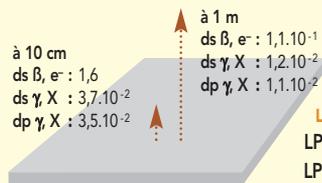
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 8,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,0.10 ⁵	3,0.10 ⁶	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁹



Scandium - 46

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	889	100	357	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	1121	100					Transport (Bq)	
E3							A1	5.10 ¹¹
% omis		0		0			A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,3 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $3,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $3,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

2,8.10⁻⁷

100 cm

au contact $1,3 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,9 \cdot 10^{-4}$

au contact $1,0 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $4,8 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,8 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g)
Tous composés	1 µm	M	
		L	
	5 µm	M	
		L	
Tous composés		L	1 µm $6,4 \cdot 10^{-9}$ 5 µm $4,8 \cdot 10^{-9}$

Ingestion

Tous composés	f ₁	e(g)
	0,0001	$1,5 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$4,0 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,3 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Poumons (L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $3,1 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,3 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	0,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $1,4 \cdot 10^{-5}$
ds γ, X : $2,1 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $2,0 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $3,2 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $6,6 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $6,1 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques
LPC₃ $3,10^1$ Bq.cm⁻²
LPC_F $5,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$4,1 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^9$



Scandium - 47

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	159	68	441	68				
E2			601	32				
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,8 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,1 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $2,1 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,9.10⁻⁸

100 cm

au contact $8,6 \cdot 10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $2,2 \cdot 10^{-4}$

au contact $6,5 \cdot 10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $3,0 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $4,6 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	
	M	5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Tous composés		1 µm	7,0.10 ⁻¹⁰
		5 µm	7,3.10 ⁻¹⁰
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0001	5,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,0.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (L),
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,7.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

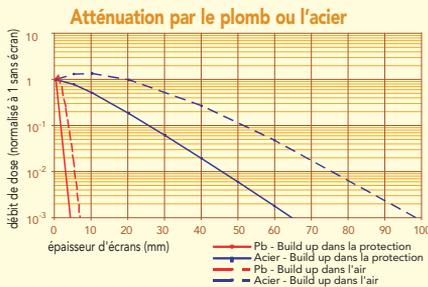
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

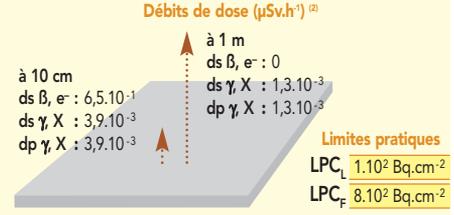
Verre	0,9
Plexiglas	1,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)



Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	9,1.10 ⁵	9,1.10 ⁶	3,0.10 ⁶	3,0.10 ⁷	3,0.10 ⁹



Scandium - 48

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	984	100	482	10				
E2	1038	98	657	90				
E3	1312	100						
% omis		< 10		0		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $5,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $5,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,7 \cdot 10^{-7}$

au contact : $2,0 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $6,7 \cdot 10^{-4}$

au contact : $1,7 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $8,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $8,7 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	
		5 µm	
	M	1 µm	
		5 µm	
Tous composés	L	1 µm	$1,1 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Ingestion			
	f ₁	e(g)	
Tous composés	0,0001	$1,7 \cdot 10^{-9}$	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$6,6 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$5,2 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $1,3 \cdot 10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,2 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



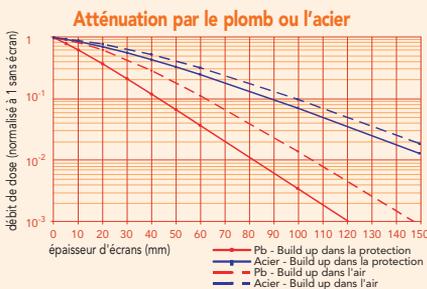
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : $2,1 \cdot 10^{-2}$
ds γ, X : $3,5 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $3,3 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm :
ds β, e⁻ : $9,0 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $1,1 \cdot 10^{-1}$
dp γ, X : $1,0 \cdot 10^{-1}$

Limites pratiques

LPC_i : $2,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_f : $3,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$2,9 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^5$	$9,7 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^8$



Titane - 45

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	170	1041	85	4	11		
E2								
E3								
% omis		< 2		< 0,1		23		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,7 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,4 · 10⁻⁷
100 cm
au contact $6,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml au col

7,2 · 10⁻⁴
au contact $5,0 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $9,0 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,4
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $9,7 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	R	1 μm	4,6 · 10 ⁻¹¹
		5 μm	8,3 · 10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures, nitrates	M	1 μm	9,1 · 10 ⁻¹¹
		5 μm	1,4 · 10 ⁻¹⁰
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	L	1 μm	9,6 · 10 ⁻¹¹
		5 μm	1,5 · 10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,01	1,5 · 10 ⁻¹⁰
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,8 · 10 ⁻⁶ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,5 · 10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,3 · 10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,3 · 10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



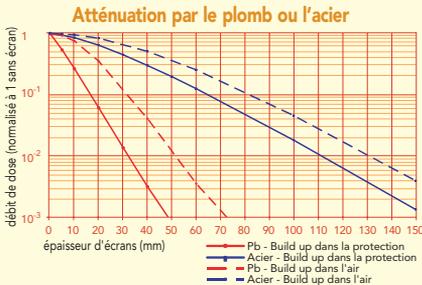
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,9
Plexiglas	3,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,8 · 10⁻¹
ds γ, X : 1,0 · 10⁻²
dp γ, X : 9,8 · 10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,9 · 10⁻¹
ds γ, X : 3,2 · 10⁻²
dp γ, X : 3,0 · 10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 6,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 9,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,9 · 10 ⁵	5,9 · 10 ⁶	2,0 · 10 ⁶	2,0 · 10 ⁷	2,0 · 10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures, nitrates	0,01	5,8 · 10 ⁵	5,8 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁷	1,9 · 10 ⁹
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	5,8 · 10 ⁵	5,8 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁷	1,9 · 10 ⁹



Vanadium - 48

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁵
E1	511	100	697	50	4	35	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	1312	98			1	74		
E3	2240	2						
% omis		119		0		0		

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $5,8 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $5,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $4,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,1 \cdot 10^{-7}$

au contact : $1,8 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $5,0 \cdot 10^{-4}$

au contact : $1,2 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $6,5 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $4,4 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Composés non spécifiés	R	1 µm : $1,1 \cdot 10^{-9}$
		5 µm : $1,7 \cdot 10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogènes et nitrates	M	1 µm : $2,3 \cdot 10^{-9}$
		5 µm : $2,7 \cdot 10^{-9}$
	L	1 µm : ...
		5 µm : ...

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,01	$2,0 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ : $5,8 \cdot 10^{-6}$ µSv.h⁻¹ par Bq.m⁻³

LPCA^{(2),(3)} : $3,1 \cdot 10^3$ Bq.m⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M 5µm), poumons (M 1µm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $7,4 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,0 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $3,8 \cdot 10^{-2}$
ds γ, X : $3,1 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $2,9 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $5,1 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $9,4 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $8,9 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_i : $3,10^1$ Bq.cm⁻²
LPC_f : $3,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$3,8 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogènes et nitrates	0,01	$3,6 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^9$



Chrome - 51

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁷
E1	5	20			4	67	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E2	320	10					Transport (Bq)	
E3							A1	3.10 ¹³
% omis		0				0	A2	3.10 ¹³

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 6,2.10⁻⁸ γ et X
dp 6,0.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

5,3.10⁻⁹

100 cm

au contact 2,3.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 3,1.10⁻⁶

au contact 1,9.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 8,7.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 μm	2,1.10 ⁻¹¹
		5 μm	3,0.10 ⁻¹¹
Halogénures et nitrates	M	1 μm	3,1.10 ⁻¹¹
		5 μm	3,4.10 ⁻¹¹
Oxydes et hydroxydes	L	1 μm	3,6.10 ⁻¹¹
		5 μm	3,6.10 ⁻¹¹

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés hexavalents	0,100	3,8.10 ⁻¹¹
Composés trivalents	0,010	3,7.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ **LPCA^{(2),(3)}**

6,2.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,3.10 ⁵ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L 5μm),
poumons (L 1μm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 5,6.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,3.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 3,8.10⁻⁴
dp γ, X : 3,7.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,2.10⁻³
dp γ, X : 1,1.10⁻³

Limites pratiques

LPC₂ 2,10³ Bq.cm⁻²
LPC_f 3,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,0.10 ⁷	4,0.10 ⁸	1,3.10 ⁸	1,3.10 ⁹	5,0.10 ⁹
Halogénures et nitrates	0,01	3,9.10 ⁷	3,9.10 ⁸	1,3.10 ⁸	1,3.10 ⁹	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	3,9.10 ⁷	3,9.10 ⁸	1,3.10 ⁸	1,3.10 ⁹	5,0.10 ⁹



Manganèse - 52m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	378	2	2633	96				
E2	511	193						
E3	1434	98						
% omis		< 1		< 1				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $3,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,5.10⁻⁷
100 cm
au contact 4,5.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,1.10⁻³
au contact 1,8.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 6,3.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,6

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	2,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	3,5.10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	3,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	5,0.10 ⁻¹¹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion			
Tous composés		f ₁	e(g)
		0,100	6,9.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,5.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 4,0.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,9.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



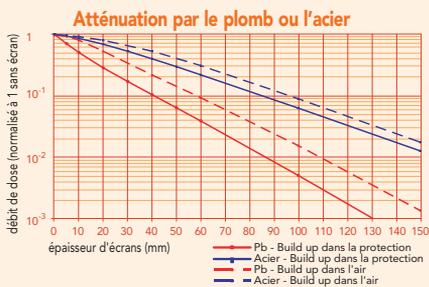
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	6,4
Plexiglas	11,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,2.10⁻¹
ds γ, X : 2,6.10⁻²
dp γ, X : 2,5.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : 7,8.10⁻²
dp γ, X : 7,4.10⁻²

Limites pratiques
LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 3,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹



Manganèse - 52

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁵
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E1	511	59	575	29						
E2	936	95								
E3	1434	100								
% omis		105		0						

Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,2.10^{-5}$ β et e⁻
ds $5,9.10^{-6}$ γ et X
dp $5,6.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,8.10^{-7}$

au contact : $2,1.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $3,3.10^{-4}$

au contact : $1,7.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $8,2.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : $6,4.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $3,6.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	$9,9.10^{-10}$
		5 µm	$1,6.10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	$1,4.10^{-9}$
		5 µm	$1,8.10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,100	$1,8.10^{-9}$
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ : $6,8.10^{-6}$ µSv.h⁻¹ par Bq.m⁻³

LPCA^{(2),(3)} : $4,6.10^3$ Bq.m⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $1,1.10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,1.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $5,0.10^{-5}$
ds γ, X : $3,6.10^{-2}$
dp γ, X : $3,4.10^{-2}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $8,6.10^{-2}$
ds γ, X : $1,1.10^{-1}$
dp γ, X : $1,0.10^{-1}$

Limites pratiques

LPC₂ : $2,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_f : $3,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,5.10^5$	$4,5.10^6$	$1,5.10^6$	$1,5.10^7$	$1,5.10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	$4,4.10^5$	$4,4.10^6$	$1,5.10^6$	$1,5.10^7$	$1,5.10^9$



Manganèse - 54

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	5	23			4	67		
E2	6	3						
E3	835	100						
% omis		0				0		

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,5.10⁻⁶ γ et X
dp 1,4.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻⁷

100 cm

au contact 5,5.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

7,6.10⁻⁵

au contact 4,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,1.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 6,2.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Composés non spécifiés	R	1 µm : 8,7.10 ⁻¹⁰ 5 µm : 1,1.10 ⁻⁹
	M	1 µm : 1,5.10 ⁻⁹ 5 µm : 1,2.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm : 5 µm :

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,100	7,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M 5µm),
poumons (M 1µm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,8.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,3.10⁻³
dp γ, X : 8,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,9.10⁻²
dp γ, X : 2,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 9,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	5,1.10 ⁶	5,1.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	4,7.10 ⁶	4,7.10 ⁷	4,7.10 ⁹



Manganèse - 56

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	847	99	735	15				
E2	1811	27	1037	28				
E3	2113	14	2848	56				
% omis		2		1				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,7.10^{-6}$ γ et X
dp $2,6.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $2,3.10^{-7}$

au contact : $2,9.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $1,5.10^{-3}$

au contact : $1,2.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $4,0.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	$6,9.10^{-11}$	$1,2.10^{-10}$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	$1,3.10^{-10}$	$2,0.10^{-10}$
	L	$1,3.10^{-10}$	$2,0.10^{-10}$
		1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,100	$2,5.10^{-10}$
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$3,3.10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$4,1.10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $1,0.10^8$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $8,0.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



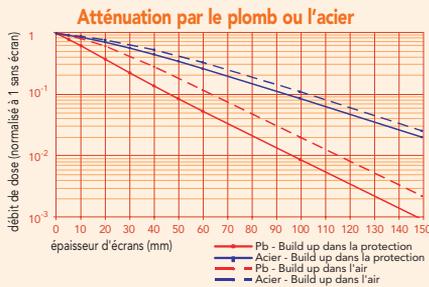
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	6,5
Plexiglas	12,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $3,6.10^{-1}$
ds γ, X : $1,7.10^{-2}$
dp γ, X : $1,6.10^{-2}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : $5,1.10^{-2}$
dp γ, X : $4,8.10^{-2}$

Limites pratiques
LPC_i $3,10^{-1}$ Bq.cm⁻²
LPC_f $5,10^{-1}$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Pailasse	Hotte ventilée	Pailasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,1.10^5$	$4,1.10^6$	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$1,4.10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	$4,1.10^5$	$4,1.10^6$	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$1,4.10^9$



Fer - 52 / Manganèse - 52m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	169	97	804	56	5	29		
E2	511	305	2633	96	162	3		
E3	1434	98						
% omis		105		< 1		0		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,4.10⁻⁵ β et e⁻
ds 5,6.10⁻⁶ γ et X
dp 5,3.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

4,7.10⁻⁷

100 cm

au contact 5,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,5.10⁻³

au contact 2,2.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 5,7.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g) père		h(g) filiat.	
Composés non spécifiés	R	1 µm	4,1.10 ⁻¹⁰	4,3.10 ⁻¹⁰	
		5 µm	6,9.10 ⁻¹⁰	7,3.10 ⁻¹⁰	
Oxydes, hydroxydes et halogénures	M	1 µm	6,3.10 ⁻¹⁰	6,6.10 ⁻¹⁰	
		5 µm	9,5.10 ⁻¹⁰	1,0.10 ⁻⁹	
	L	1 µm			
		5 µm			
Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés		0,01	1,4.10 ⁻⁹	1,5.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



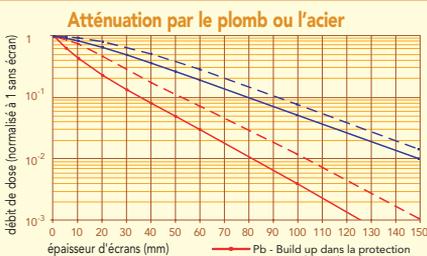
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	6,4
Plexiglas	11,5

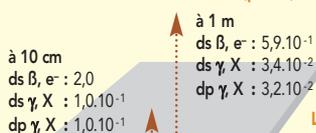
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC _β	2,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _γ	3,10 ¹ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et halogénures	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Fer - 55

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	6	25			5	61		
E2	7	3						
E3								
% omis		< 1				< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds ? γ et X
dp ? γ et X

flacon 10 ml

?
100 cm
au contact ?

bécher 50 ml

au col ?
au contact ?

Seringue 5 ml

au contact ?

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6.10⁻²
goutte de 0,05 ml (1 Bq) ?

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	7,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm	9,2.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et halogénures	M	1 µm	3,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm	3,3.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,100	3,3.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,0.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Rate (R-M)
Ingestion : Rate

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,1.10⁷

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : sans objet
ds γ, X : 0
dp γ, X : 0

à 1 m
ds β, e⁻ : sans objet
ds γ, X : 0
dp γ, X : 0

Limites pratiques
LPC_i 7,10² Bq.cm⁻²
LPC_f 7,10⁴ Bq.cm⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,8.10 ⁶	6,8.10 ⁷	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et halogénures	0,01	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁸	5,6.10 ⁷	5,6.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Fer - 59

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	192	3	131	1			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	1099	56	273	46			Transport (Bq)	
E3	1292	44	466	53			A1	9.10 ¹¹
% omis		1		< 1			A2	9.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,5 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $2,3 \cdot 10^{-4}$

au contact $5,8 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $2,7 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $9,7 \cdot 10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,0 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	R	2,2.10 ⁻⁹	3,0.10 ⁻⁹
		5 μm	3,0.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et halogénures	M	1 μm	3,5.10 ⁻⁹
		5 μm	3,2.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,100	1,8.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

2,3.10 ⁻⁶ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,4.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R 5μm), foie (R 1μm), poumons (M)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 5,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,6
Plexiglas	1,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,2.10⁻²
dp γ, X : 1,1.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 4,1.10⁻¹
ds γ, X : 3,7.10⁻²
dp γ, X : 3,5.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 5,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 9,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,4.10 ⁵	6,4.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et halogénures	0,01	6,1.10 ⁵	6,1.10 ⁶	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	2,0.10 ⁹



Cobalt - 56

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	39	422	1				
E2	847	100	1460	19				
E3	1238	67						
% omis		84		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,8.10⁻⁵ β et e⁻
ds 5,7.10⁻⁶ γ et X
dp 5,3.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : 4,6.10⁻⁷

au contact : 2,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col : 3,2.10⁻⁴

au contact : 1,6.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact : 1,2.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 5,1.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 3,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,6.10 ⁻⁹
		5 µm	4,0.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	6,3.10 ⁻⁹
		5 µm	4,9.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Composés non spécifiés		0,100	2,5.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et composés inorganiques		0,050	2,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,5.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm-L 5µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 8,0.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



82

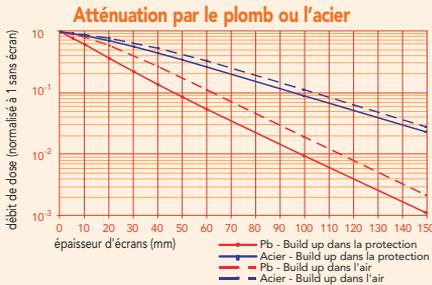
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,7
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 1,4.10⁻²; ds γ, X : 3,4.10⁻²; dp γ, X : 3,2.10⁻²

à 10 cm : ds β, e⁻ : 5,1.10⁻²; ds γ, X : 1,1.10⁻¹; dp γ, X : 9,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC₂₀ : 2,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_F : 3,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,9.10 ⁵	3,9.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹



Cobalt - 57

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	9			7	176		
E2	122	86			14	9		
E3	137	11			125	3		
% omis		< 1				2		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $5,9 \cdot 10^{-10}$ β et e⁻
ds $3,3 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $2,5 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

2,2.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,7.10⁻⁵
au contact 7,5.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 3,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,2.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	5,2.10 ⁻¹⁰
		5 µm	3,9.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	9,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm	6,0.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés non spécifiés	0,100	2,1.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et composés inorganiques	0,050	1,9.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	+
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,9.10⁻³
dp γ, X : 1,5.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,5.10⁻⁴
ds γ, X : 6,0.10⁻³
dp γ, X : 4,7.10⁻³

Limites pratiques
LPC₃ 3,10² Bq.cm⁻²
LPC_F 7,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,0.10 ⁶	6,0.10 ⁷	2,0.10 ⁷	2,0.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	4,3.10 ⁶	4,3.10 ⁷	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Cobalt - 58

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	30	475	15				
E2	811	99						
E3	1675	< 1						
% omis		< 1		0				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,5.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,8.10⁻⁶ γ et X
dp 1,7.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁷

100 cm

au contact 6,5.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

9,6.10⁻⁵

au contact 5,2.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,8.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,5.10 ⁻⁹
		5 µm	1,4.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	2,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,7.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	Oxydes, hydroxydes, et composés inorganiques
	0,100	7,4.10 ⁻¹⁰	
	0,050	7,0.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm - L 5µm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,7
Plexiglas	1,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,1.10⁻²
dp γ, X : 1,0.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,9.10⁻²
ds γ, X : 3,4.10⁻²
dp γ, X : 3,2.10⁻²

Limites pratiques

LPC_a 7,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 1,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	4,0.10 ⁶	4,0.10 ⁷	4,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	3,7.10 ⁶	3,7.10 ⁷	3,7.10 ⁹



Cobalt - 60

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁵
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E1	1173	100	318	100						
E2	1333	100	1491	< 1						
E3										
% omis		< 1		0						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,3.10^{-5}$ β et e⁻
ds $4,1.10^{-6}$ γ et X
dp $3,9.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,3.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,5.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,9.10⁻⁴
au contact 1,2.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 5,7.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 7,8.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,2.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	9,6.10 ⁻⁹
		5 µm	7,1.10 ⁻⁹
		1 µm	2,9.10 ⁻⁸
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	L	1 µm	2,9.10 ⁻⁸
		5 µm	1,7.10 ⁻⁸

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés non spécifiés	0,100	3,4.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et composés inorganiques	0,050	2,5.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ **LPCA^{(2),(3)}**

4,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9.10 ² Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,9.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,5.10⁻²
dp γ, X : 2,4.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,6.10⁻¹
ds γ, X : 7,7.10⁻²
dp γ, X : 7,3.10⁻²

Limites pratiques

LPC₂₀ 2,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_F 4,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,3.10 ⁵	3,3.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	1,6.10 ⁵	1,6.10 ⁶	5,5.10 ⁵	5,5.10 ⁶	5,5.10 ⁸



Nickel - 59

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	7	30			6	55		
E2	8	4			1	134		
E3								
% omis		< 1				0		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴

Transport (Bq)

A1	illimitée
A2	illimitée

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds ? γ et X
dp ? γ et X

flacon 10 ml

?
100 cm
au contact ?

bécher 50 ml

au col ?
au contact ?

Seringue 5 ml

au contact ?

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) ?
goutte de 0,05 ml (1 Bq) ?

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	1,8.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,2.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et carbures	M	1 µm	1,3.10 ⁻¹⁰
		5 µm	9,4.10 ⁻¹¹
Vapeur - Carbonyle de nickel	L	1 µm	
		5 µm	8,3.10 ⁻¹⁰
C			
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,050	6,3.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
0 µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,0.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Côlon (R), poumons (M),
voies respiratoires supérieures (Carbonyle)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,4.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

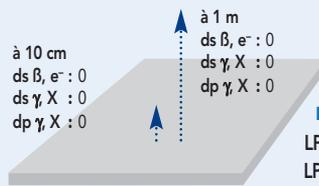
Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC _i	9,10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _f	9,10 ⁴ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Pailasse	Hotte ventilée	Pailasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,8.10 ⁷	2,8.10 ⁸	9,5.10 ⁷	9,5.10 ⁸	5,0.10 ¹⁰
Oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	4,8.10 ⁷	4,8.10 ⁸	1,6.10 ⁸	1,6.10 ⁹	5,0.10 ¹⁰
Vapeur - Carbonyle de nickel	1	interdit	7,5.10 ⁵	interdit	2,5.10 ⁶	2,5.10 ⁸



Nickel - 63

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁸
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁵
E1			66	100						
E2										
E3										
% omis				0						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	3.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col rayt de freinage

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	4,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,2.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et carbures	M	1 µm	4,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm	3,1.10 ⁻¹⁰
Vapeur - Carbonyle de nickel	L	1 µm	
		5 µm	
	C		2,0.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,050	1,5.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾ **LPCA** ^{(2),(3)}

0 µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,2.10 ³ Bq.m ⁻³
--	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Côlon (R), poumons (M), voies respiratoires supérieures (Carbonyle)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹) ⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_β 4.10² Bq.cm⁻²

LPC_γ 4.10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁸	4,0.10 ⁷	4,0.10 ⁸	4,0.10 ¹⁰
Oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁸	4,7.10 ⁷	4,7.10 ⁸	4,7.10 ¹⁰
Vapeur - Carbures de nickel	1	interdit	3,1.10 ⁵	interdit	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁸



Nickel - 65

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	366	5	655	28				
E2	1116	15	1021	10				
E3	1482	24	2137	61				
% omis		1		1				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	4.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 8,9.10⁻⁷ γ et X
dp 8,4.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

7,3.10⁻⁸
100 cm
au contact 8,1.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻³
au contact 3,0.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,4.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,2
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	4,4.10 ⁻¹¹
		5 µm	7,5.10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes et carbures	M	1 µm	8,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,3.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Vapeur - Carbonyle de nickel	C		3,6.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,050	1,8.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,3.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Intestin grêle

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,6.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

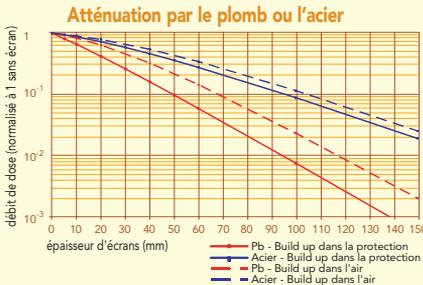
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,5
Plexiglas	8,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,2.10⁻¹
ds γ, X : 5,4.10⁻³
dp γ, X : 5,1.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,2
ds γ, X : 1,7.10⁻²
dp γ, X : 1,6.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 6,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,6.10 ⁵	5,6.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	5,6.10 ⁵	5,6.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Vapeur - Carbonyle de nickel	1	interdit	1,3.10 ⁶	interdit	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁸



Cuivre - 61

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	283	12	933	6	1	52	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	511	123	1149	2	7	20		
E3	656	10	1216	51	59	< 1		
% omis		25		3		0		

Transport (Bq)	
A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,0 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻⁷

100 cm

au contact $5,8 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $6,0 \cdot 10^{-4}$

au contact $4,7 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $9,2 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $7,4 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq ⁻¹				Données pratiques	
Inhalation		h(g)		Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾ LPCA ^{(2),(3)}	
Composés inorganiques non spécifiés	R	1 µm	4,0.10 ⁻¹¹	1,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,9.10 ⁴ Bq.m ⁻³
		5 µm	7,3.10 ⁻¹¹		
Sulfures, halogénures et nitrates	M	1 µm	7,6.10 ⁻¹¹	Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L) Ingestion : Côlon	
		5 µm	1,2.10 ⁻¹⁰		
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	8,0.10 ⁻¹¹	Al _{20inhalation} (Bq) ⁽²⁾ : 1,7.10 ⁸ Al _{20ingestion} (Bq) ⁽²⁾ : 1,7.10 ⁸	
		5 µm	1,2.10 ⁻¹⁰		
				(1) Calculée dans un volume de 100 m ³ . (2) Valeurs les plus restrictives. (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.	

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,3
Plexiglas	4,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,8.10⁻¹
ds γ, X : 9,7.10⁻³
dp γ, X : 9,2.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 7,4.10⁻¹
ds γ, X : 3,0.10⁻²
dp γ, X : 2,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 6,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 9,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés inorganiques non spécifiés	0,01	7,6.10 ⁵	7,6.10 ⁶	2,5.10 ⁶	2,5.10 ⁷	2,5.10 ⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	7,6.10 ⁵	7,6.10 ⁶	2,5.10 ⁶	2,5.10 ⁷	2,5.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	7,6.10 ⁵	7,6.10 ⁶	2,5.10 ⁶	2,5.10 ⁷	2,5.10 ⁹



Cuivre - 64

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	36	578	37				
E2	1346	< 1	653	18				
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 5,7.10⁻⁵ β et e⁻
ds 3,6.10⁻⁷ γ et X
dp 3,4.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,3.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 3,2.10⁻⁵
au contact 1,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 5,8.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 8,6.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,2.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés inorganiques non spécifiés	R	1 µm	3,8.10 ⁻¹¹
		5 µm	6,8.10 ⁻¹¹
Sulfures, halogénures et nitrates	M	1 µm	1,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,5.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,2.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,5.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Tous composés	1,2.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,8.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,5.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

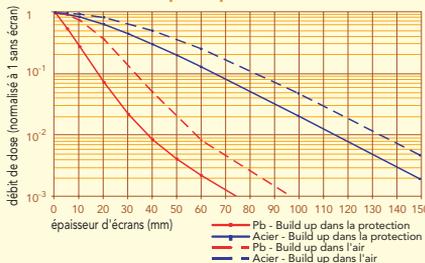
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

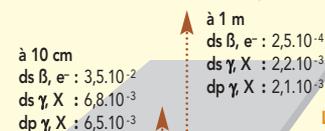
Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_β 2,10² Bq.cm⁻²

LPC_γ 3,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés inorganiques non spécifiés	0,01	5,6.10 ⁶	5,6.10 ⁷	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	5,2.10 ⁶	5,2.10 ⁷	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	5,2.10 ⁶	5,2.10 ⁷	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Cuivre - 67

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	91	7	390	57	84	12		
E2	93	16	482	22	92	2		
E3	185	49	575	20				
% omis		1		1		2		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 4,9.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,2.10⁻⁷ γ et X
dp 2,2.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

2,0.10⁻⁸

100 cm

au contact 9,1.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 2,0.10⁻⁴

au contact 7,0.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 3,2.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,7.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	e(g)
Composés inorganiques non spécifiés	R	1 µm	1,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,8.10 ⁻¹⁰
Sulfures, halogénures et nitrates	M	1 µm	5,2.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,3.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	5,8.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,8.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,500	3,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,4.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,9.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 — Pb - Build up dans l'air
 — Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 9,1.10⁻⁴
 ds γ, X : 1,4.10⁻³
 dp γ, X : 1,4.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 5,3.10⁻¹
 ds γ, X : 4,2.10⁻³
 dp γ, X : 4,2.10⁻³

Limites pratiques

LPC₁ 1,10² Bq.cm⁻²
 LPC_F 7,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés inorganiques non spécifiés	0,01	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁷	4,4.10 ⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	4,1.10 ⁶	4,1.10 ⁷	4,1.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	4,1.10 ⁶	4,1.10 ⁷	4,1.10 ⁹



Zinc - 65

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	3	330	2				
E2	1116	51						
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,8.10⁻⁷ β et e⁻
ds 9,9.10⁻⁷ γ et X
dp 9,3.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

8,0.10⁻⁸
100 cm
au contact 3,6.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,0.10⁻⁵
au contact 2,9.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,4.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,9.10⁻²
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,6.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	2,9.10 ⁻⁹
		5 µm	2,8.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,500	3,9.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (L 1µm),
voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,1.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

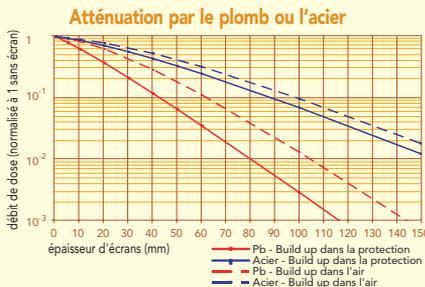
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 6,1.10⁻³
dp γ, X : 5,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 8,1.10⁻⁵
ds γ, X : 1,9.10⁻²
dp γ, X : 1,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	4,3.10 ⁶	4,3.10 ⁷	4,3.10 ⁹



Gallium - 66

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	113	361	1				
E2	1039	38	924	4				
E3	2752	23	4153	51				
% omis		35		< 2				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10^5
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10^1

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10^{11}
A2 ⁽¹⁾	2.10^{10}

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,1 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $3,8 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $3,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,1.10⁻⁷

100 cm

au contact 5,1.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,6.10⁻³

au contact 2,2.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 6,1.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	$2,7 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$4,7 \cdot 10^{-10}$
Oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures et nitrates	M	1 µm	$4,6 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$7,1 \cdot 10^{-10}$
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,001	$1,2 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$4,5 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,2 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $2,8 \cdot 10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,7 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

93

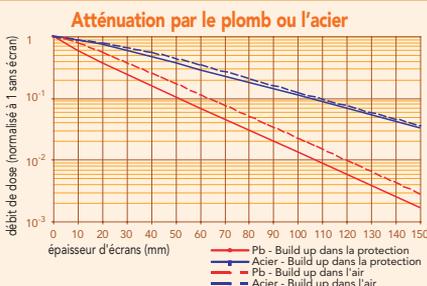
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	10,7
Plexiglas	20,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $2,7 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $2,3 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $2,2 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $8,2 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $7,2 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $6,7 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques
LPC_β $3,10^1$ Bq.cm⁻²
LPC_γ $4,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,8 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes, carbures et halogénures et nitrates	0,01	$4,7 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^9$



Gallium - 67

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	93	39			8	62		
E2	185	21			84	29		
E3	300	17			93	6		
% omis		68				2		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹²
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁸ β et e⁻
ds 2,8.10⁻⁷ γ et X
dp 2,8.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

2,5.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,2.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,5.10⁻⁵
au contact 8,8.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 4,0.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,5.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	6,8.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,1.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	2,3.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,8.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,001	1,9.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
2,7.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		3,0.10 ⁴ Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace		
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)		
Ingestion : Côlon		

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁸

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



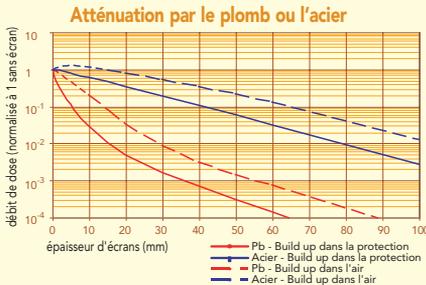
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,8.10⁻³
dp γ, X : 1,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 3,1.10⁻³
ds γ, X : 5,3.10⁻³
dp γ, X : 5,3.10⁻³

Limites pratiques
LPC_β 3,10² Bq.cm⁻²
LPC_γ 6,10² Bq.cm⁻²

- (1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	9,0.10 ⁶	9,0.10 ⁷	3,0.10 ⁷	3,0.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	7,2.10 ⁶	7,2.10 ⁷	2,4.10 ⁷	2,4.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Gallium - 68

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁵
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E1	511	178	822	1						
E2	1077	3	1899	88						
E3	1883	< 1								
% omis		< 1		0						

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,8 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷
100 cm
au contact $9,0 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,2 \cdot 10^{-3}$
au contact $5,5 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $3,1 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	Composés non spécifiés	R	h(g)	
			1 µm	5 µm
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M		1 µm	2,8.10 ⁻¹¹
			5 µm	4,9.10 ⁻¹¹
	L		1 µm	5,1.10 ⁻¹¹
			5 µm	8,1.10 ⁻¹¹

Ingestion	Tous composés	f ₁	e(g)
			0,001

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,0.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
 Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,5.10⁸
 Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,1
Plexiglas	7,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 — Pb - Build up dans l'air
 — Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 4,2.10⁻¹
 ds γ, X : 1,1.10⁻²
 dp γ, X : 1,1.10⁻²

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 1,2
 ds γ, X : 3,4.10⁻²
 dp γ, X : 3,3.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 4,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_f 7,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Gallium - 72

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	834	96	660	37	1	< 1		
E2	2202	26	970	29	9	< 1		
E3	2510	21	1350	10	680	< 1		
% omis		60		17		0		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 4,2.10⁻⁶ γ et X
dp 3,9.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

3,5.10⁻⁷

100 cm

au contact 2,1.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻³

au contact 1,3.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 1,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	3,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,6.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	5,5.10 ⁻¹⁰
		5 µm	8,4.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,001	1,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,4.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



96

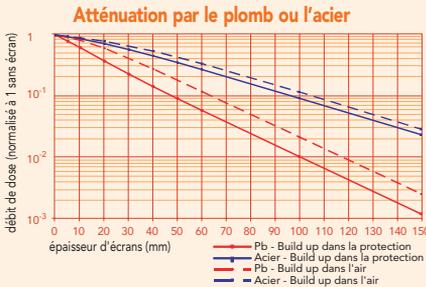
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	8,1
Plexiglas	14,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,9.10⁻¹
ds γ, X : 2,6.10⁻²
dp γ, X : 2,4.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,2
ds γ, X : 7,9.10⁻²
dp γ, X : 7,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 4,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Germanium - 68 / Gallium - 68

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	178	822	1	1	122		
E2	1077	3	1899	88	8	42		
E3	1883	< 1						
% omis		< 1		0		0		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,9.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,9.10⁻⁶ γ et X
dp 1,7.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,1.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,3.10⁻³
au contact 5,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.		
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés		R	1 µm	5,4.10 ⁻¹⁰	5,7.10 ⁻¹⁰		
			5 µm	8,3.10 ⁻¹⁰	8,8.10 ⁻¹⁰		
Oxydes, sulfures et halogénures	M	M	1 µm	1,3.10 ⁻⁸	1,3.10 ⁻⁸		
			5 µm	7,9.10 ⁻⁹	8,0.10 ⁻⁹		
	L	L	1 µm				
			5 µm				
Ingestion			f ₁	e(g) père		e(g) filiat.	
Tous composés				1	1,3.10 ⁻⁹	1,4.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R) ou poumons (M)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



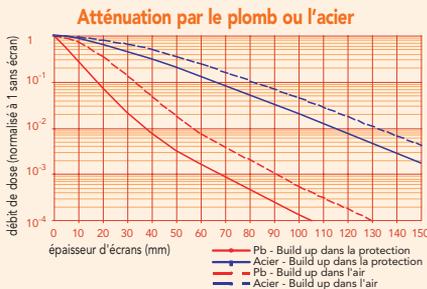
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,1
Plexiglas	7,5

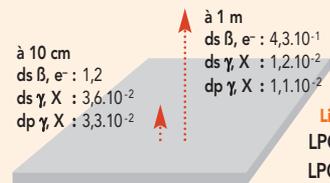
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 7,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, sulfures et halogénures	0,01	2,7.10 ⁵	2,7.10 ⁶	9,0.10 ⁵	9,0.10 ⁶	9,0.10 ⁸



Arsenic - 73

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	10	89			12	61		
E2	11	13			42	75		
E3	53	10			53	15		
% omis		2				445		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 2,5.10⁻⁷ γ et X
dp 2,4.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁹

100 cm

au contact 9,5.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 7,9.10⁻⁵

au contact 4,0.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 1,7.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,5.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,3.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Tous composés	M	1 μm	9,3.10 ⁻¹⁰
		5 μm	6,5.10 ⁻¹⁰
	L	1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,5	2,6.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,4.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,0.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 7,7.10⁷

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



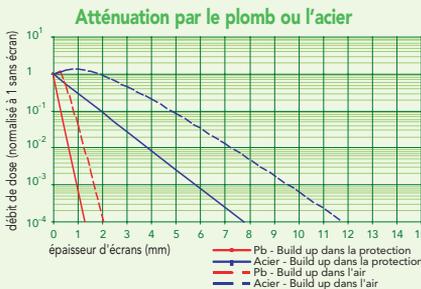
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

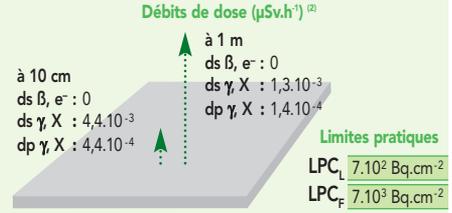
Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)



Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	6,4.10 ⁶	6,4.10 ⁷	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Arsenic - 74

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	511	59	944	27	1	43	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	596	60	1353	19	9	15	Transport (Bq)	
E3	1204	< 1	1540	3			A1	1.10 ¹²
% omis		33		16		0	A2	9.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $7,5 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,4 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,2 · 10⁻⁷

100 cm

au contact $5,4 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,2 \cdot 10^{-3}$

au contact $3,6 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $3,5 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,5 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	2,1 · 10 ⁻⁹
		5 µm	1,8 · 10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,5	1,3 · 10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,5 · 10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,0 · 10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Pouxons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $9,5 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,5 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,2
Plexiglas	5,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $1,3 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $9,2 \cdot 10^{-3}$
dp γ, X : $8,5 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $7,2 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $2,8 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $2,6 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques
LPC_β $5,10^1$ Bq.cm⁻²
LPC_F $1,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,6 · 10 ⁵	5,6 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁶	1,9 · 10 ⁷	1,9 · 10 ⁹



Arsenic - 76

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	559	45	1748	8				
E2	657	6	2405	35				
E3	1216	3	2964	51				
% omis		7		5				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0.10^{-4}$ β et e⁻
ds $7,8.10^{-7}$ γ et X
dp $7,4.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $6,5.10^{-8}$

au contact : $2,8.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $2,1.10^{-3}$

au contact : $7,3.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $5,5.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	$7,4.10^{-10}$
		5 µm	$9,2.10^{-10}$
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,500	$1,6.10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

$8,6.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$9,1.10^3$ Bq.m ⁻³
--	-------------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm), côlon (M 5µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $2,2.10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,3.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



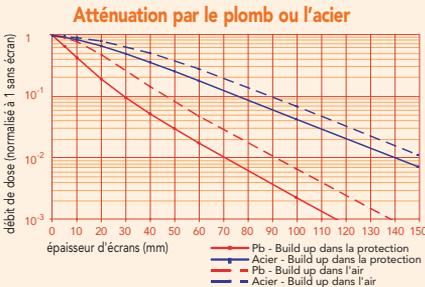
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	7,5
Plexiglas	13,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : $4,9.10^{-1}$
ds γ, X : $4,8.10^{-3}$
dp γ, X : $4,5.10^{-3}$

à 10 cm :
ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : $1,5.10^{-2}$
dp γ, X : $1,4.10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_β : $5,0.10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_γ : $1,0.10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$5,6.10^5$	$5,6.10^6$	$1,9.10^6$	$1,9.10^7$	$1,9.10^9$



Arsenic - 77

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	239	2	452	2			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E2	520	< 1	690	97			Transport (Bq)	
E3							A1	2.10 ¹³
% omis		< 1		1			A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $9,4 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,7 \cdot 10^{-8}$ γ et X
dp $1,6 \cdot 10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻⁹

100 cm

au contact $6,3 \cdot 10^{-6}$

bécher 50 ml

au col $4,2 \cdot 10^{-4}$

au contact $4,3 \cdot 10^{-6}$

Seringue 5 ml

au contact $6,9 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,5 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Tous composés	M	1 μm	$3,8 \cdot 10^{-10}$
		5 μm	$4,2 \cdot 10^{-10}$
	L	1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,5	$4,0 \cdot 10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

$1,7 \cdot 10^{-8}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,0 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³
--	-------------------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $4,8 \cdot 10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $5,0 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

débit de dose (normalisé à 1 sans écran)

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $2,6 \cdot 10^{-2}$
ds γ, X : $1,0 \cdot 10^{-4}$
dp γ, X : $1,0 \cdot 10^{-4}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $9,3 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $3,1 \cdot 10^{-4}$
dp γ, X : $3,1 \cdot 10^{-4}$

Limites pratiques

LPC_i $1,10^2$ Bq.cm⁻²
LPC_f $3,10^3$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$7,5 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^9$



Sélénium - 75

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	136	59			14	6		
E2	265	59			85	3		
E3	401	12			124	2		
% omis		106				3		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,8.10^{-6}$ β et e⁻
ds $1,8.10^{-6}$ γ et X
dp $7,4.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

6,7.10⁻⁸

100 cm

au contact $3,0.10^{-4}$

bécher 50 ml au col

7,0.10⁻⁴

au contact $2,3.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,1.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $1,4.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $4,1.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	Composés inorganiques non spécifiés	
		R	h(g)
Sélénium élémentaire, oxydes, hydroxydes et carbures	M	1 µm	1,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,4.10 ⁻⁹
	L	1 µm	1,7.10 ⁻⁹
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Composés non marqués		0,800	2,6.10 ⁻⁹
Sélénium élémentaire et séléniures		0,050	4,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
7,4.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Reins (R-M 5µm), poumons (M 1µm)
Ingestion : Reins, côlons (séléniures)

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 7,7.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



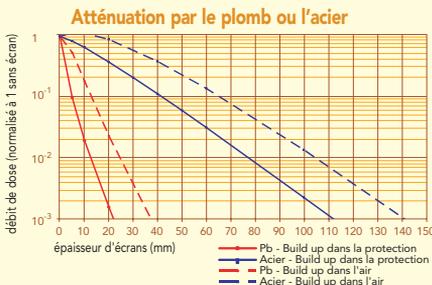
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,7.10⁻³
dp γ, X : 4,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,1.10⁻³
ds γ, X : 3,2.10⁻²
dp γ, X : 1,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 1,10² Bq.cm⁻²

LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés inorganiques non spécifiés	0,01	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	6,7.10 ⁶	6,7.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Sélénium élémentaire, oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	6,1.10 ⁶	6,1.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Sélénium - 79

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			149	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact
rayt de freinage

bécher 50 ml
au col 8,8.10⁻⁶

au contact
rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact
rayt de freinage

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,0.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,9.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	h(g)	
		1 μm	5 μm
Composés inorganiques non spécifiés	R	1,2.10 ⁻⁹	1,6.10 ⁻⁹
	M	2,9.10 ⁻⁹	3,1.10 ⁻⁹
Sélénium élémentaire, oxydes, hydroxydes et carbures	L	1 μm	5 μm

Ingestion

f ₁	e(g)
Composés non spécifiés	0,800
Sélénium élémentaire et séléniures	0,050

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

9,1.10 ⁻⁹ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,7.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Reins (R-M 5μm), poumons (M 1μm)
Ingestion : Reins

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,5.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,6.10⁻⁴
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i 1.10² Bq.cm⁻²
LPC_f 1.10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés inorganiques non spécifiés	0,01	3,9.10 ⁶	3,9.10 ⁷	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Sélénium élémentaire, oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	6,7.10 ⁶	6,7.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Brome - 77

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	239	24	343	< 1	10	36		
E2	521	23			149	< 1		
E3	818	2			226	< 1		
% omis		82		0		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 4,5.10⁻⁷ β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁶ γ et X
dp 5,8.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

5,1.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,2.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 4,5.10⁻⁴

au contact 1,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 8,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 7,1.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,9.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Selon le cation auquel il est combiné	R	1 µm	6,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,2.10 ⁻¹⁰
Selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm	8,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,3.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	9,6.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,1.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁸



- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

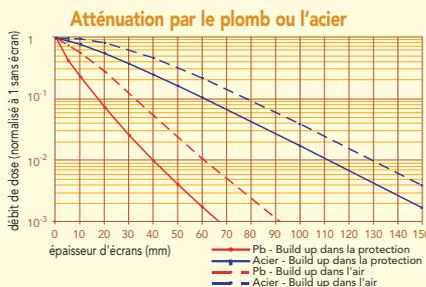
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 6,0.10⁻³
dp γ, X : 4,1.10⁻³

Limites pratiques

LPC_g 2,10² Bq.cm⁻²

LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,6.10 ⁶	4,6.10 ⁷	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,6.10 ⁶	4,6.10 ⁷	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Brome - 82

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	554	71	265	1			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	777	83	448	99			Transport (Bq)	
E3	1318	27					A1	4.10 ¹¹
% omis		149		0			A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 4,9.10⁻⁵ β et e⁻
ds 4,7.10⁻⁶ γ et X
dp 4,4.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

3,8.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,7.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,5.10⁻³

au contact 1,4.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 6,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,1.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)
Selon le cation auquel il est combiné	R	1 µm 3,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm 6,4.10 ⁻¹⁰
Selon le cation auquel il est combiné	M	1 µm 6,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm 8,8.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm
		5 µm

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	5,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,4.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,3.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 3,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,6
Plexiglas	1,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,9.10⁻²
dp γ, X : 2,7.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,5.10⁻¹
ds γ, X : 8,9.10⁻²
dp γ, X : 8,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC₃ 3,10¹ Bq.cm²
LPC_F 4,10¹ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,5.10 ⁵	4,5.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Selon le cation auquel il est combiné	0,01	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹



Krypton - 81

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁷
E1	12	44			1	110	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E2	13	7			10	31		
E3	276	4						
% omis		1				0		

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 7,5.10⁻⁷ γ et X
dp 6,6.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁹

100 cm

au contact 9,0.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 2,3.10⁻⁴

au contact 6,3.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 4,9.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R
Gaz rare	GR	1 µm
		5 µm
		1 µm
		5 µm
Ingestion	f ₁	e(g)
		sans objet

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ : 8,8.10⁻⁷ µSv.h⁻¹ par Bq.m⁻³ LPCA^{(2),(3)} : 1,1.10⁷ Bq.m⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Cristallin
Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	4,5.10 ⁸	interdit	1,5.10 ⁹	5,0.10 ⁹



Krypton - 83m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	14			10	26		
E2	14	2			18	24		
E3					31	75		
% omis		8				243		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	$1 \cdot 10^{12}$
Concentration en Bq.g ⁻¹	$1 \cdot 10^5$

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	$1 \cdot 10^{11}$
A2 ⁽¹⁾	$2 \cdot 10^{10}$

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 2,0.10⁻⁷ γ et X
dp 2,1.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻¹¹

100 cm

au contact 4,7.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 6,1.10⁻⁵

au contact 1,2.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 1,3.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Gaz	GR	M	1 μm
		M	5 μm
		L	1 μm
		L	5 μm
Ingestion	f ₁	e(g)	
sans objet			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	8,8.10 ⁻⁹ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	1,1.10 ⁹ Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Immersion : Cristallin
Ingestion : Sans objet

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé
et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	1,4.10 ⁹	interdit	4,7.10 ⁹	5,0.10 ¹⁰



Krypton - 85m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	151	75	840	79	136	3		
E2	305	14			290	6		
E3	581	< 1			303	1		
% omis		7		< 1		15		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ¹⁰
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)

A1	8.10 ¹²
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,6.10⁻⁰⁵ β et e⁻
ds 3,8.10⁻⁰⁷ γ et X
dp 3,1.10⁻⁰⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,2.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,7.10⁻⁴

au contact 9,5.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,8.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Gaz rare	GR	M	1 µm
		M	5 µm
		L	1 µm
		L	5 µm
Ingestion	f ₁	e(g)	
sans objet			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,5.10 ⁻⁰⁵ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,0.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

immersion : Peau
Ingestion : Sans objet

Al₂₀Inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀Ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

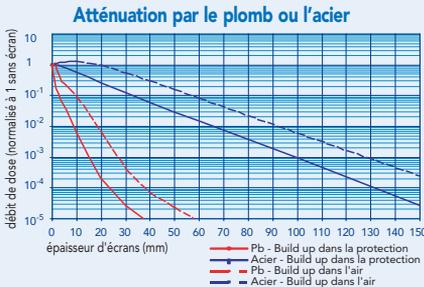
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,4
Plexiglas	2,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²) Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé
et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	7,2.10 ⁶	interdit	2,4.10 ⁷	2,4.10 ⁹



Krypton - 85

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	514	< 1	687	100				
E2			173	< 1				
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁵

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ¹³

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,1 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,3 \cdot 10^{-9}$ γ et X
dp $4,1 \cdot 10^{-9}$ γ et X

flacon 10 ml

3,6.10⁻¹⁰
100 cm
au contact 1,6.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 4,0.10⁻⁴
au contact 1,3.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 5,7.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet
goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
		M	1 μm
			5 μm
		L	1 μm
			5 μm
Gaz rare		GR	
Ingestion		f ₁ e(g)	
sans objet			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$9,2 \cdot 10^{-7}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,1 \cdot 10^7$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Immersion : Peau
Ingestion : sans objet

Al₂₀Inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀Ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

109

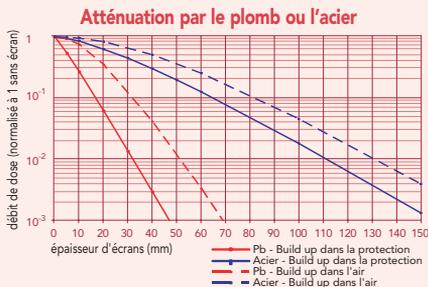
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²) Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé et limites pratiques de contamination
Sans objet pour les gaz rares

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	$6,5 \cdot 10^6$	interdit	$2,2 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^8$



Rubidium - 84

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	126	33	777	14	2	75		
E2	511	54	890	4	11	21		
E3	882	68	1658	14				
% omis		6		0		0		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,2 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁷

100 cm

au contact $6,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,2 \cdot 10^{-3}$

au contact $4,8 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $6,7 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $6,0 \cdot 10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,9 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	$1,1 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$1,5 \cdot 10^{-9}$
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1	$2,8 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$1,8 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$5,5 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
Ingestion : Surfaces osseuses

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 1,3 \cdot 10^7$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 7,1 \cdot 10^6$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

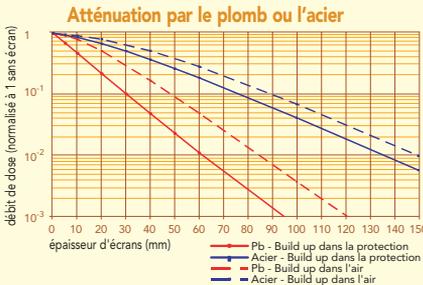
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,5
Plexiglas	6,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : $8,4 \cdot 10^{-2}$
	ds γ, X : $1,3 \cdot 10^{-2}$
	dp γ, X : $9,7 \cdot 10^{-3}$
à 10 cm	ds β, e ⁻ : $3,7 \cdot 10^{-1}$
	ds γ, X : $4,0 \cdot 10^{-2}$
	dp γ, X : $3,0 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_i $6,10^1$ Bq.cm²

LPC_f $9,10^1$ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$8,4 \cdot 10^5$	$8,4 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^9$



Rubidium - 86

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	1077	9	698	9				
E2			1774	91				
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,6.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,9.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,2.10⁻³
au contact 5,2.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,4.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	9,6.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,3.10 ⁻⁹
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	2,8.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,9.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

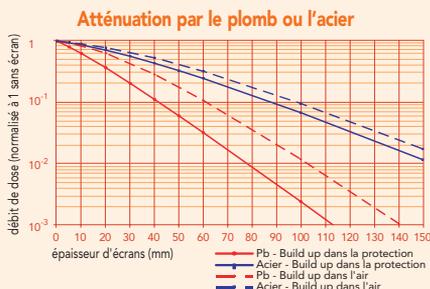
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,8
Plexiglas	6,9

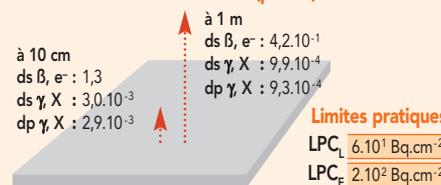
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹



Rubidium - 88

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	898	14	2581	13				
E2	1836	21	3479	4				
E3	2678	2	5315	78				
% omis		3		7				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,7 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $9,5 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $9,0 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

7,9.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,4.10⁻²

bécher 50 ml

au col 3,8.10⁻³
au contact 6,4.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 1,0.10⁻¹

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,3
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,6

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 μm	1,7.10 ⁻¹¹
		5 μm	2,8.10 ⁻¹¹
	M	1 μm	
		5 μm	
	L	1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1	9,0.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,2.10 ⁻⁶ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)

Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



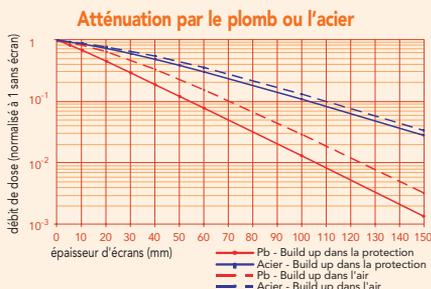
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	16,2
Plexiglas	29

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 4,4.10 ⁻¹ ds γ, X : 5,8.10 ⁻³ dp γ, X : 5,5.10 ⁻³
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 1,5 ds γ, X : 1,8.10 ⁻² dp γ, X : 1,7.10 ⁻²

Limites pratiques

LPC _β	5,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _γ	1,10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	8,3.10 ⁵	8,3.10 ⁶	2,8.10 ⁶	2,8.10 ⁷	2,8.10 ⁹



Strontium - 85

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	50			499	< 1		
E2	15	8						
E3	514	99						
% omis		< 1				< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-6}$ β et e⁻
ds $1,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $9,6 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

8,1.10⁻⁸

100 cm

au contact $3,6 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $7,0 \cdot 10^{-4}$

au contact $2,9 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $5,9 \cdot 10^{-2}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,3 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	$3,9 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$5,6 \cdot 10^{-10}$
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	L	1 µm	$7,7 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$6,4 \cdot 10^{-10}$

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	Titanate de strontium (SrTiO ₃)
	0,3	$5,6 \cdot 10^{-10}$	
	0,010	$3,3 \cdot 10^{-10}$	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$1,0 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,1 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-L 5µm),
poumons (L 1µm)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $2,6 \cdot 10^7$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $3,6 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,7
Plexiglas	1,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $5,2 \cdot 10^{-4}$
ds γ, X : $9,4 \cdot 10^{-3}$
dp γ, X : $6,3 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $9,8 \cdot 10^{-3}$
ds γ, X : $3,0 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $1,9 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_γ : $1,10^2$ Bq.cm⁻²
LPC_f : $2,10^2$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$7,9 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	$2,2 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^6$	$7,3 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$



Strontium - 89

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	909	< 1	1492	100				
E2								
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,4.10⁻¹⁰ γ et X
dp 2,3.10⁻¹⁰ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : 2,0.10⁻¹¹

au contact : 2,7.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col : 1,0.10⁻³

au contact : 8,2.10⁻⁸

Seringue 5 ml

au contact : 1,6.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1,0.10 ⁻⁹	1,4.10 ⁻⁹
	L	7,5.10 ⁻⁹	5,6.10 ⁻⁹
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	L	7,5.10 ⁻⁹	5,6.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,3	2,6.10 ⁻⁹
Composés non spécifiés	0,010	2,3.10 ⁻⁹	
Titanate de strontium (SrTiO ₃)			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,7.10 ⁻¹⁰ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (L)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 7,7.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



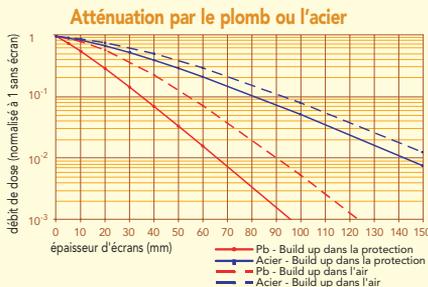
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,3

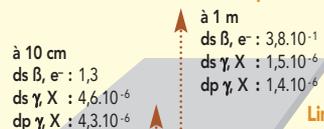
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_a 4,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 3,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹



Strontium - 90 / Yttrium - 90

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			523	< 1				
E2			546	100				
E3			2284	100				
% omis				0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact $1,2 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml
au col

au contact $1,4 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $4,4 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²)

3,5
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	3,0.10 ⁻⁸	2,4.10 ⁻⁸
Composés non spécifiés	R	5 µm	3,0.10 ⁻⁸	2,4.10 ⁻⁸
Composés de l' ⁹⁰ Y	M	1 µm	-	1,4.10 ⁻⁹
		5 µm	-	1,6.10 ⁻⁹
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	L	1 µm	1,5.10 ⁻⁷	1,5.10 ⁻⁷
		5 µm	7,7.10 ⁻⁸	7,9.10 ⁻⁸
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés		0,3	2,8.10 ⁻⁸	3,1.10 ⁻⁸
Titanate de strontium (SrTiO ₃)		0,010	2,7.10 ⁻⁹	2,7.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,5.10 ¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses, côlon (titanates)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,5.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



115

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,9
Plexiglas	9,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Curves d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débites de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,2
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,1.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC _i	4 Bq.cm ⁻²
LPC _f	2.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁶	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁵
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	3,7.10 ⁴	3,7.10 ⁵	1,2.10 ⁵	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁵



Strontium - 91 / Yttrium - 91m et 91

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	558	55	1104	34	541	2		
E2	750	23	1379	24				
E3	1024	33	2684	31				
% omis		12		8				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $9,0 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,5 · 10⁻⁷
100 cm
au contact 1,5 · 10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,0 · 10⁻³
au contact 6,9 · 10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,3 · 10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés	R	1,7 · 10 ⁻¹⁰	2,9 · 10 ⁻¹⁰	1,7 · 10 ⁻¹⁰
Composés de ^{91m} Y	M	–	–	6,0 · 10 ⁻¹²
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	L	1 µm	4,1 · 10 ⁻¹⁰	4,2 · 10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,7 · 10 ⁻¹⁰	5,8 · 10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
		Composés non spécifiés	0,3
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	7,6 · 10 ⁻¹⁰	7,6 · 10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,0 · 10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,4 · 10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,5 · 10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,6 · 10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



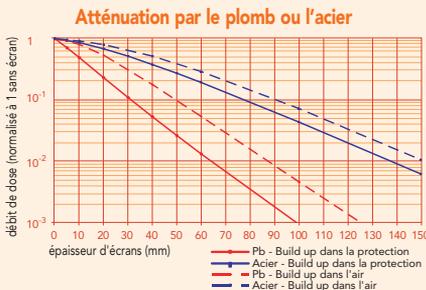
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	6,6
Plexiglas	11,8

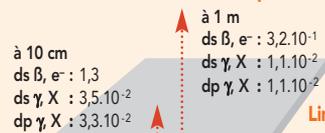
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 4,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 7,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,5 · 10 ⁵	5,5 · 10 ⁶	1,8 · 10 ⁶	1,8 · 10 ⁷	1,8 · 10 ⁹
Titanate de strontium (SrTiO ₃)	0,01	5,4 · 10 ⁵	5,4 · 10 ⁶	1,8 · 10 ⁶	1,8 · 10 ⁷	1,8 · 10 ⁹



Yttrium - 88

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	1410	51	755	< 1	2	105	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	898	93			12	27	Transport (Bq)	
E3	1836	99					A1	4.10 ¹¹
% omis		10		0		0	A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,4 \cdot 10^{-7}$ β et e⁻
ds $4,8 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $4,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,5 · 10⁻⁷

100 cm

au contact $1,5 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,3 \cdot 10^{-3}$

au contact $1,2 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $6,2 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $1,5 \cdot 10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $9,4 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	$3,9 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$3,3 \cdot 10^{-9}$
		1 µm	$4,1 \cdot 10^{-9}$
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	$4,1 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$3,0 \cdot 10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0001	$1,3 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$5,1 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,0 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm-L 5µm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $4,9 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $1,5 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,2
Plexiglas	2,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

débit de dose (normalisé à 1 sans écran)

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - Pb - Build up dans l'air
 - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $1,5 \cdot 10^{-7}$
ds γ, X : $2,9 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $2,5 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $6,1 \cdot 10^{-6}$
ds γ, X : $8,9 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $7,7 \cdot 10^{-2}$

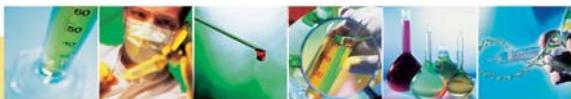
Limites pratiques

LPC₃ $3,1 \cdot 10^3$ Bq.cm⁻²
 LPC_F $4,1 \cdot 10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$5,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^9$
Oxydes et hydroxydes	0,01	$5,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^9$



Yttrium - 90

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			523	< 1				
E2			2284	100				
E3								
% omis				0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)

A1	3.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm
au contact 1,2.10⁻³

bécher 50 ml
au col 1,6.10⁻³

au contact 1,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 4,4.10⁻²

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,4.10 ⁻⁹
		5 µm	1,6.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,5.10 ⁻⁹
		5 µm	1,7.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0001	2,7.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L 1µm), côlon (M 5µm-L 5µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 7,4.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,9
Plexiglas	9,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,1.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC_i 6,6.10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 2,2.10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,9.10 ⁵	5,9.10 ⁶	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	2,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	5,8.10 ⁵	5,8.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹



Yttrium - 91m

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	558	95			2	5		
E2					13	1		
E3					541	4		
% omis						0		

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,7.10^{-6}$ β et e⁻
ds $1,0.10^{-6}$ γ et X
dp $9,7.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $8,6.10^{-8}$

au contact : $3,7.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $5,6.10^{-4}$

au contact : $3,0.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,7.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : $1,1.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $8,2.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,4.10 ⁻¹¹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,1.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,5.10 ⁻¹¹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0001	1,1.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,2.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M-L)
Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁹

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁹

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

119

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - Pb - Build up dans l'air
 - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 9,4.10⁻³ ; ds γ, X : 6,4.10⁻³ ; dp γ, X : 5,9.10⁻³

à 10 cm : ds β, e⁻ : 6,5.10⁻² ; ds γ, X : 2,0.10⁻² ; dp γ, X : 1,8.10⁻²

Limites pratiques
 LPC_γ : 2.10² Bq.cm⁻²
 LPC_f : 2.10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,6.10 ⁶	2,6.10 ⁷	8,6.10 ⁶	8,6.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	2,6.10 ⁶	2,6.10 ⁷	8,6.10 ⁶	8,6.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Yttrium - 91

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁶
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E1	1205	< 1	1543	100						
E2										
E3										
% omis		0		< 1						

Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 6,0.10⁻⁹ γ et X
dp 5,6.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : 4,9.10⁻¹⁰

au contact : 4,6.10⁻⁵

bécher 50 ml au col

à 10 cm : 1,0.10⁻³

au contact : 1,4.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact : 1,8.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	6,7.10 ⁻⁹
	5 µm	5,2.10 ⁻⁹	
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	8,4.10 ⁻⁹
	5 µm	6,1.10 ⁻⁹	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0001	2,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,9.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Poumons (M-L)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,4.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,2
Plexiglas	5,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 3,9.10⁻¹ ; ds γ, X : 3,7.10⁻⁵ ; dp γ, X : 3,5.10⁻⁵

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,3 ; ds γ, X : 1,1.10⁻⁴ ; dp γ, X : 1,1.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_α : 4,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_β : 3,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Oxydes, et hydroxydes	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Zirconium - 93 / Niobium - 93m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	2	2	62	100	2	79		
E2	17	9			12	15		
E3	19	2			29	80		
% omis		0		0		9		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	illimitée
A2	illimitée

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 8,3.10⁻⁸ γ et X
dp 3,5.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻⁷

100 cm

au contact 8,0.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,0.10⁻⁵

au contact 2,5.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 6,8.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,6.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.
			1 µm	5 µm	2,5.10 ⁻⁸
Composés non spécifiés		R	1 µm	5 µm	2,5.10 ⁻⁸
			2,9.10 ⁻⁸	2,9.10 ⁻⁸	
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates		M	1 µm	5 µm	9,6.10 ⁻⁹
			6,6.10 ⁻⁹	6,9.10 ⁻⁹	
Carbure de zirconium		L	1 µm	5 µm	3,1.10 ⁻⁹
			1,7.10 ⁻⁹	2,6.10 ⁻⁹	

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,002	2,8.10 ⁻¹⁰	4,0.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ **LPCA^{(2),(3)}**

2,2.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9.10 ² Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier
épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Curves d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,5.10⁻³
dp γ, X : 6,4.10⁻⁴

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 4,4.10⁻⁴
dp γ, X : 1,9.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 3,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Pailasse	Hotte ventilée	Pailasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,1.10 ⁵	2,1.10 ⁶	7,2.10 ⁵	7,2.10 ⁶	7,2.10 ⁸
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	6,5.10 ⁵	6,5.10 ⁶	2,2.10 ⁶	2,2.10 ⁷	2,2.10 ⁹
Carbures de zirconium	0,01	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	6,6.10 ⁶	6,6.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Zirconium - 95 / Niobium - 95m et 95

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	724	44	160	99				
E2	757	55	366	55				
E3	766	99	399	44				
% omis		< 1		1				

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	8.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 3,2.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,8.10⁻⁶ γ et X
dp 2,6.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,2.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,5.10⁻³

au contact 8,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,8.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,0.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm
Composés non spécifiés			2,5.10 ⁻⁹	2,5.10 ⁻⁹
			3,0.10 ⁻⁹	3,0.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates		M	4,5.10 ⁻⁹	6,3.10 ⁻⁹
			3,6.10 ⁻⁹	5,3.10 ⁻⁹
Carbure de zirconium		L	5,5.10 ⁻⁹	7,6.10 ⁻⁹
			4,2.10 ⁻⁹	5,9.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,002	8,8.10 ⁻¹⁰	1,6.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (R) ou poumons (M-L)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	1,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 9,4.10⁻⁵
ds γ, X : 1,7.10⁻²
dp γ, X : 1,6.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 4,8.10⁻¹
ds γ, X : 4,9.10⁻²
dp γ, X : 4,8.10⁻²

Limites pratiques
 LPC₃ 3,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_F 6,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	5,0.10 ⁵	5,0.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹
Carbure de zirconium	0,01	4,6.10 ⁵	4,6.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹



Zirconium - 97 / Niobium - 97m et 97

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	658	5	1406	4	724	2		
E2	744	93	1275	5				
E3	1148	3	1914	86				
% omis		7		9		2		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,6.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,8.10⁻⁶ γ et X
dp 2,7.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,4.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,3.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,7.10⁻³

au contact 8,3.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R		1 µm	4,2.10 ⁻¹⁰	4,2.10 ⁻¹⁰	
			5 µm	7,4.10 ⁻¹⁰	7,4.10 ⁻¹⁰	
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M		1 µm	9,4.10 ⁻¹⁰	9,9.10 ⁻¹⁰	
			5 µm	1,3.10 ⁻⁹	1,4.10 ⁻⁹	
Carbure de zirconium	L		1 µm	1,0.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁹	
			5 µm	1,4.10 ⁻⁹	1,5.10 ⁻⁹	
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés			0,002	2,1.10 ⁻⁹	2,2.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion(1) LPCA(2), (3)

1,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,6.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 9,2.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



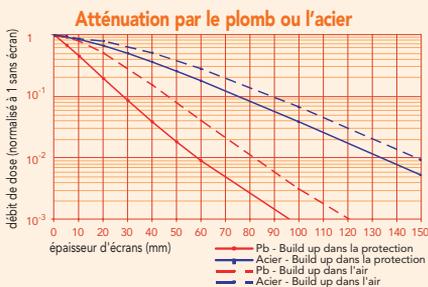
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,2
Plexiglas	7,6

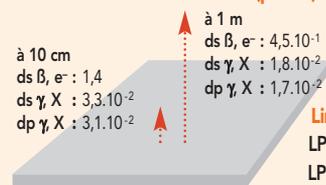
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

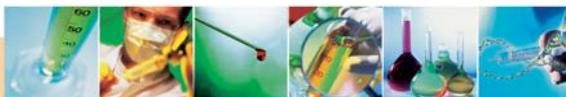
LPC_i 3,10¹ Bq.cm²

LPC_f 5,10¹ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	4,2.10 ⁵	4,2.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹
Carbure de zirconium	0,01	4,2.10 ⁵	4,2.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹



Niobium - 93m

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁷
E1	2	2			2	79	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E2	17	9			12	15	Transport (Bq)	
E3	19	2			29	80	A1	4.10 ¹³
% omis		0				9	A2	3.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 8,3.10⁻⁸ γ et X
dp 3,5.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻¹⁰
100 cm
au contact 8,0.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,0.10⁻⁵
au contact 2,5.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 6,8.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,6.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,6.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,9.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,6.10 ⁻⁹
		5 µm	8,6.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,01	1,2.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

2,2.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,2.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷
Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier
épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Curves d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0 ds γ, X : 1,5.10 ⁻³ dp γ, X : 6,4.10 ⁻⁴
à 1 m	ds β, e ⁻ : 0 ds γ, X : 4,4.10 ⁻⁴ dp γ, X : 1,9.10 ⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i 4,10² Bq.cm⁻²
LPC_f 5,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁸	3,9.10 ⁷	3,9.10 ⁸	5,0.10 ¹⁰
Oxydes et hydroxydes	0,01	3,7.10 ⁶	3,7.10 ⁷	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁸	5,0.10 ¹⁰



Niobium - 94

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	703	100	471	100				
E2	871	100						
E3								
% omis		< 1		0		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 8,1.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,9.10⁻⁶ γ et X
dp 2,7.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,4.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,7.10⁻³

au contact 8,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 4,1.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,0.10 ⁻⁸
		5 µm	7,2.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	4,5.10 ⁻⁸
		5 µm	2,5.10 ⁻⁸
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,01	1,7.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,9.10 ² Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace	
Inhalation : Poumons (M-L)	
Ingestion : Côlon	

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,4.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

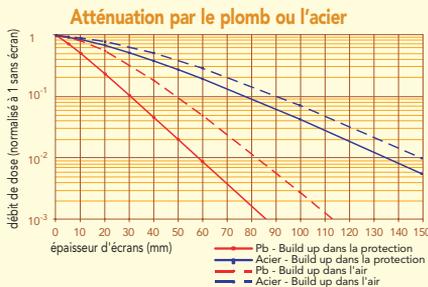
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,7
Plexiglas	1,2

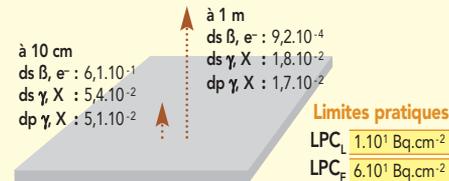
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	2,8.10 ⁵	2,8.10 ⁶	9,3.10 ⁵	9,3.10 ⁶	9,3.10 ⁸
Oxydes et hydroxydes	0,01	1,1.10 ⁵	1,1.10 ⁶	3,6.10 ⁵	3,6.10 ⁶	3,6.10 ⁸



Niobium - 95m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	17	35	1161	5	2	67		
E2	19	7			217	55		
E3	236	25			233	14		
% omis		2		< 1		14		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	$1 \cdot 10^7$
Concentration en Bq.g^{-1}	$1 \cdot 10^2$

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	$1 \cdot 10^{11}$
A2 ⁽¹⁾	$2 \cdot 10^{10}$

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,7 \cdot 10^{-5}$ β et e^-
ds $4,2 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $2,4 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,1 · 10⁻⁸
100 cm
au contact $4,7 \cdot 10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $4,5 \cdot 10^{-4}$
au contact $3,6 \cdot 10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $8,4 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm^{-2}) 1,6
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,4 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	$7,6 \cdot 10^{-10}$
		5 μm	$7,7 \cdot 10^{-10}$
Oxydes et hydroxydes	L	1 μm	$8,5 \cdot 10^{-10}$
		5 μm	$8,5 \cdot 10^{-10}$

Ingestion	f ₁		e(g)
	Tous composés		
	0,01		$5,6 \cdot 10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	$1,5 \cdot 10^{-6} \mu\text{Sv.h}^{-1}$ par Bq.cm^{-3}	LPCA ^{(2),(3)}	$9,8 \cdot 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$
---	---	-------------------------	------------------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Pouxmons (M-L)
Ingestion : Côlon

$\text{Al}_{20\text{inhalation}} (\text{Bq})^{(2)} : 2,4 \cdot 10^7$

$\text{Al}_{20\text{ingestion}} (\text{Bq})^{(2)} : 3,6 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



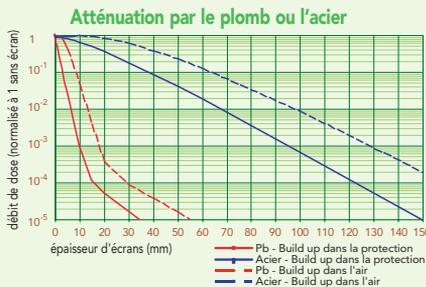
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e^- (mm)

Verre	2,2
Plexiglas	3,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm^{-2})

Débits de dose ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)⁽²⁾

à 1 m	ds $\beta, e^- : 1,2 \cdot 10^{-2}$ ds $\gamma, X : 2,3 \cdot 10^{-3}$ dp $\gamma, X : 1,4 \cdot 10^{-3}$
à 10 cm	ds $\beta, e^- : 1,1$ ds $\gamma, X : 7,6 \cdot 10^{-3}$ dp $\gamma, X : 4,5 \cdot 10^{-3}$

Limites pratiques

$\text{LPC}_i : 1,10^2 \text{ Bq.cm}^{-2}$

$\text{LPC}_f : 7,10^2 \text{ Bq.cm}^{-2}$

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$7,3 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^9$
Oxydes et hydroxydes	0,01	$7,3 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^9$



Niobium - 95

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	766	100	160	100				
E2								
E3								
% omis		0		0		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,4.10⁻⁶ γ et X
dp 1,3.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻⁷

100 cm

au contact 5,1.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 7,1.10⁻⁴

au contact 4,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,0.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,0.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,7.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,4.10 ⁻⁹
		5 µm	1,3.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,6.10 ⁻⁹
		5 µm	1,3.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,01	5,8.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,3.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L),
voies respiratoires supérieures (M 5µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

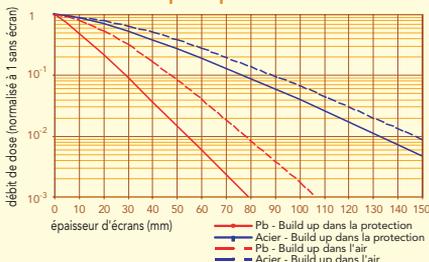
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 8,6.10⁻³
dp γ, X : 8,1.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,7.10⁻²
dp γ, X : 2,5.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_F 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	5,0.10 ⁶	5,0.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	4,8.10 ⁶	4,8.10 ⁷	4,8.10 ⁹



Molybdène - 99 / Technétium - 99m et 99

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	141	79	436	17	120	8		
E2	740	12	848	1	138	1		
E3	778	4	1214	82				
% omis		20		< 1		1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 5,6.10⁻⁷ γ et X
dp 5,4.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

4,6.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 9,5.10⁻⁴

au contact 1,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 7,4.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Composés non spécifiés		R	1 µm	2,3.10 ⁻¹⁰	2,4.10 ⁻¹⁰	
			5 µm	3,6.10 ⁻¹⁰	3,8.10 ⁻¹⁰	
Composés du ^{99m} Tc		M	1 µm	-	1,8.10 ⁻¹¹	
			5 µm	-	2,8.10 ⁻¹¹	
Sulfures, oxydes et hydroxydes de molybdène		L	1 µm	9,7.10 ⁻¹⁰	9,7.10 ⁻¹⁰	
			5 µm	1,1.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁹	

Ingestion		f ₁	e(g) père		e(g) filiat.	
			0,800	7,4.10 ⁻¹⁰	7,6.10 ⁻¹⁰	
Composés non spécifiés		0,800	7,4.10 ⁻¹⁰	7,6.10 ⁻¹⁰		
Sulfures de Molybdène		0,050	1,2.10 ⁻⁹	1,2.10 ⁻⁹		

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,4.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M), poumons (L)
 Ingestion : Reins, côlon (sulfures)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁷

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



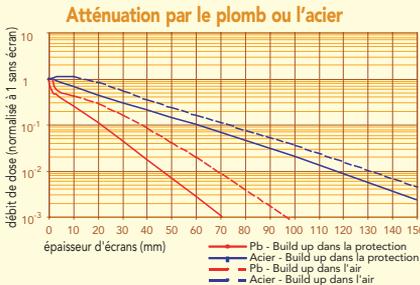
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,2
Plexiglas	4,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 1,8.10⁻¹
 ds γ, X : 3,4.10⁻³
 dp γ, X : 3,2.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 1,1
 ds γ, X : 1,0.10⁻²
 dp γ, X : 9,7.10⁻³

Limites pratiques

LPC_d 7,10¹ Bq.cm²
 LPC_f 2,10² Bq.cm²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,0.10 ⁵	6,0.10 ⁶	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	2,0.10 ⁹
Sulfures, oxydes et hydroxydes de molybdène	0,01	5,6.10 ⁵	5,6.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹



Technétium - 99m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	18	6			120	9		
E2	21	1			138	1		
E3	141	89						
% omis		1				1		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq		1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ²
Transport (Bq)		
A1		1.10 ¹³
A2		4.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,3.10^{-9}$ β et e⁻
ds $2,8.10^{-7}$ γ et X
dp $2,6.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml
 $2,2.10^{-8}$

100 cm
au contact $1,0.10^{-4}$

bécher 50 ml
au col $1,5.10^{-4}$

au contact $7,7.10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $3,5.10^{-4}$

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $2,5.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $2,8.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	$1,2.10^{-11}$
		5 µm	$2,0.10^{-11}$
	M	1 µm	$1,9.10^{-11}$
		5 µm	$2,9.10^{-11}$
L	1 µm		
	5 µm		
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,800	$2,2.10^{-11}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,3.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,9.10^5$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Thyroïde

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $6,9.10^8$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $9,1.10^8$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

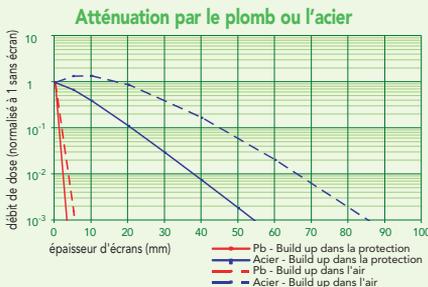
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	+
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0 ds γ, X : $1,7.10^{-3}$ dp γ, X : $1,6.10^{-3}$
à 10 cm	ds β, e ⁻ : $2,3.10^{-3}$ ds γ, X : $5,3.10^{-3}$ dp γ, X : $4,9.10^{-3}$

Limites pratiques

LPC _β	4.10^2 Bq.cm ⁻²
LPC _γ	6.10^2 Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$1,1.10^7$	$1,1.10^8$	$3,7.10^7$	$3,7.10^8$	$5,0.10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	$1,1.10^7$	$1,1.10^8$	$3,6.10^7$	$3,6.10^8$	$5,0.10^9$



Technétium - 99

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	90	< 1	294	100				
E2								
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	9.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 5,2.10⁻⁶ β et e⁻
ds 1,1.10⁻¹² γ et X
dp 1,1.10⁻¹² γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻¹³

100 cm

au contact 5,0.10⁻¹⁰

bécher 50 ml

au col 6,1.10⁻⁵

au contact 3,4.10⁻¹⁰

Seringue 5 ml

au contact 1,6.10⁻⁹

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	2,9.10 ⁻¹⁰
		5 µm	4,0.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	3,9.10 ⁻⁹
		5 µm	3,2.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,800	7,8.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

6,0.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Estomac (R), poumons (M)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 5,1.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



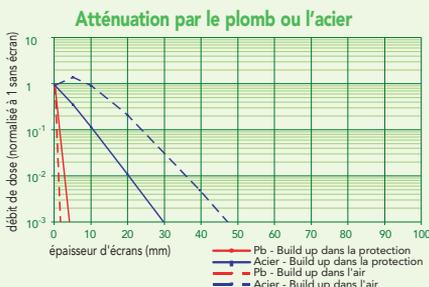
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 6,6.10 ⁻⁹
	dp γ, X : 6,6.10 ⁻⁹
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 1,8.10 ⁻¹
	ds γ, X : 2,0.10 ⁻⁸
	dp γ, X : 2,0.10 ⁻⁸

Limites pratiques

LPC _i	1.10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _f	1.10 ⁴ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	7,5.10 ⁶	7,5.10 ⁷	2,5.10 ⁷	2,5.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	4,8.10 ⁶	4,8.10 ⁷	4,8.10 ⁹



Ruthénium - 103 / Rhodium - 103m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	20	7	113	7	17	10		
E2	497	90	226	90	36	73		
E3	610	6	723	4	39	17		
% omis		3		< 1		3		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,6.10^{-6}$ β et e⁻
ds $9,8.10^{-7}$ γ et X
dp $9,2.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

7,8.10⁻⁸

100 cm

au contact $3,5.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $5,3.10^{-4}$

au contact $2,8.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,3.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $7,8.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $7,1.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés	R	$4,9.10^{-10}$	$6,8.10^{-10}$	$4,9.10^{-10}$
Halogénures	M	$2,3.10^{-9}$	$1,9.10^{-9}$	$2,3.10^{-9}$
Oxydes et hydroxydes	L	$2,8.10^{-9}$	$2,2.10^{-9}$	$2,8.10^{-9}$
Tétraoxyde de ruthénium	F	$1,1.10^{-9}$	$1,1.10^{-9}$	
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,050	$7,3.10^{-10}$	$7,3.10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$9,8.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$3,0.10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M-L), côlon (tétraoxyde)
 Ingestion : Côlon

Al ₂₀ inhalation (Bq) ⁽²⁾ : $7,1.10^6$
Al ₂₀ ingestion (Bq) ⁽²⁾ : $2,7.10^7$

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



131

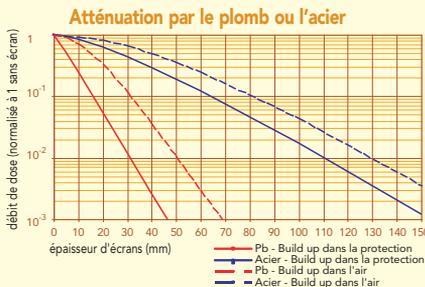
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,1

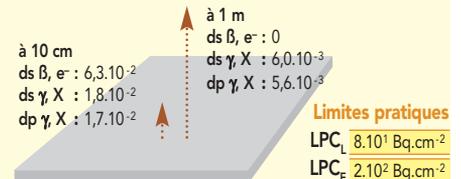
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$2,1.10^6$	$2,1.10^7$	$7,0.10^6$	$7,0.10^7$	$5,0.10^9$
Halogénures	0,01	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$4,5.10^6$	$4,5.10^7$	$4,5.10^9$
Oxydes et hydroxydes	0,01	$1,2.10^6$	$1,2.10^7$	$4,1.10^6$	$4,1.10^7$	$4,1.10^9$
Tétraoxydes de ruthénium	1	interdit	$5,6.10^5$	interdit	$1,9.10^6$	$1,9.10^8$



Ruthénium - 105 / Rhodium - 105m et 105

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	317	13	1112	20	106	51		
E2	470	19	1132	18	126	23		
E3	700	67	1193	50	129	12		
% omis		80		10		< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,9.10⁻⁵ β et e⁻
 ds 1,6.10⁻⁶ γ et X
 dp 1,5.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻⁷

100 cm

au contact 5,6.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,6.10⁻³

au contact 4,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 8,4.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq ⁻¹				Données pratiques	
Inhalation		h(g) père		h(g) filiat.	
Composés non spécifiés	R	1 µm	7,1.10 ⁻¹¹	8,3.10 ⁻¹¹	
		5 µm	1,3.10 ⁻¹⁰	1,5.10 ⁻¹⁰	
Halogénures	M	1 µm	1,7.10 ⁻¹⁰	2,1.10 ⁻¹⁰	
		5 µm	2,4.10 ⁻¹⁰	3,0.10 ⁻¹⁰	
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,8.10 ⁻¹⁰	2,3.10 ⁻¹⁰	
		5 µm	2,5.10 ⁻¹⁰	3,1.10 ⁻¹⁰	
Tétraoxyde de ruthénium	F		1,8.10 ⁻¹⁰	1,8.10 ⁻¹⁰	

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
1,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		3,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 8,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 6,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,2
Plexiglas	4,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - - Pb - Build up dans l'air
 - - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 1,8.10⁻¹
 ds γ, X : 9,8.10⁻³
 dp γ, X : 9,1.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 1,1
 ds γ, X : 3,0.10⁻²
 dp γ, X : 2,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 5,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 9,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,2.10 ⁵	5,2.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹
Halogénures	0,01	4,6.10 ⁵	4,6.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	5,4.10 ⁵	5,4.10 ⁶	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁹
Tétraoxyde de ruthénium	1	interdit	2,1.10 ⁶	interdit	7,1.10 ⁶	7,1.10 ⁸



Ruthénium - 106 / Rhodium - 106

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	512	21	39	100				
E2	622	10	2407	10				
E3	1050	2	3541	79				
% omis		2		11				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0.10^{-4}$ β et e⁻
ds $3,9.10^{-7}$ γ et X
dp $3,7.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

3,3.10⁻⁸
100 cm
au contact $5,9.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,4.10^{-3}$
au contact $1,5.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $7,8.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $2,2$
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $1,4$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.
			1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés	R		1 µm	$8,0.10^{-9}$	$8,0.10^{-9}$
			5 µm	$9,8.10^{-9}$	$9,8.10^{-9}$
Halogénures	M		1 µm	$2,6.10^{-8}$	$2,6.10^{-8}$
			5 µm	$1,7.10^{-8}$	$1,7.10^{-8}$
Oxydes et hydroxydes	L		1 µm	$6,2.10^{-8}$	$6,2.10^{-8}$
			5 µm	$3,5.10^{-8}$	$3,5.10^{-8}$
tétraoxyde de ruthénium	F		1 µm	$1,8.10^{-8}$	$1,8.10^{-8}$

Ingestion		f ₁	e(g) père		e(g) filiat.
			7,0.10 ⁻⁹	7,0.10 ⁻⁹	
Tous composés		0,050			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
$4,2.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		$1,3.10^2$ Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace		
Inhalation : Côlon (R-L 1 µm et tétraoxyde), poumons (M-L 5 µm)		
Ingestion : Côlon		

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $3,2.10^5$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $2,9.10^6$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



133

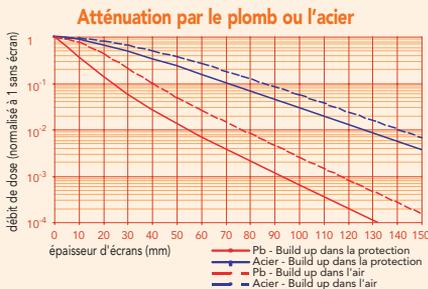
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	8,7
Plexiglas	16,4

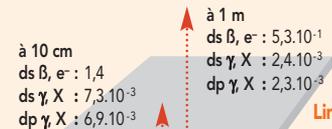
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i : $1,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_f : $1,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$3,3.10^5$	$3,3.10^6$	$1,1.10^6$	$1,1.10^7$	$1,1.10^9$
Halogénures	0,01	$1,8.10^5$	$1,8.10^6$	$5,9.10^5$	$5,9.10^7$	$5,9.10^8$
Oxydes et hydroxydes	0,01	$8,8.10^4$	$8,8.10^5$	$2,9.10^5$	$2,9.10^6$	$2,9.10^8$
Tétraoxyde de ruthénium	1	interdit	$3,5.10^4$	interdit	$1,2.10^5$	$1,2.10^7$



Rhodium - 105

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	306	5	248	20	295	< 1		
E2	319	19	261	5				
E3			567	75				
% omis		< 1		0		0		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	8.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,4.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,5.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 5,8.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 3,2.10⁻⁴

au contact 4,6.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 3,3.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	8,7.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,5.10 ⁻¹⁰
Halogénures	M	1 µm	3,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	4,1.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	3,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm	4,4.10 ⁻¹⁰
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,05	3,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,5.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,2.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M 5µm-L 5µm),
 poumons (M 1µm-L1 µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 7,7.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,4.10⁷

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



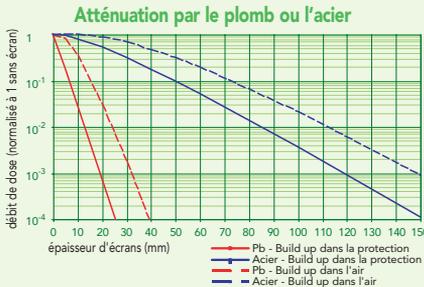
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 2,5.10 ⁻³
	ds γ, X : 9,5.10 ⁻⁴
	dp γ, X : 9,2.10 ⁻⁴
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 7,0.10 ⁻¹
	ds γ, X : 2,9.10 ⁻³
	dp γ, X : 2,8.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC _i	1.10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _f	1.10 ³ Bq.cm ⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,8.10 ⁵	3,8.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹
Halogénures	0,01	1,9.10 ⁵	1,9.10 ⁶	6,4.10 ⁵	6,4.10 ⁷	6,4.10 ⁸
Oxydes et hydroxydes	0,01	9,0.10 ⁵	9,0.10 ⁶	3,0.10 ⁶	3,0.10 ⁷	3,0.10 ⁹



Palladium - 103 / Rhodium - 103m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	3	9			17	17		
E2	20	53			36	71		
E3	23	13			39	17		
% omis		3				179		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 4,0.10⁻⁷ γ et X
dp 2,4.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻⁷

100 cm

au contact 2,0.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 1,7.10⁻⁴

au contact 4,8.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 4,3.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,2.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,4.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père	h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	9,0.10 ⁻¹¹	9,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,2.10 ⁻¹⁰	1,2.10 ⁻¹⁰
Nitrates, halogénures	M	1 µm	3,5.10 ⁻¹⁰	3,5.10 ⁻¹⁰
		5 µm	3,0.10 ⁻¹⁰	3,0.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	4,0.10 ⁻¹⁰	4,0.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,9.10 ⁻¹⁰	2,9.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g) filiat.	
		e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,005	1,9.10 ⁻¹⁰	1,9.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M-L 5µm),
poumons (M 1µm-L), reins (R 5µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



139

Écrans, détection, contamination des surfaces

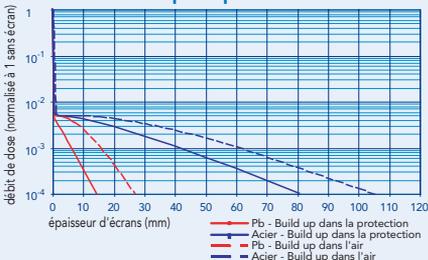
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 2,3.10 ⁻³
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 7,3.10 ⁻³
	dp γ, X : 4,5.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC _β	5,0.10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _γ	7,0.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁸	3,4.10 ⁷	3,4.10 ⁸	3,4.10 ¹⁰
Nitrates, halogénures	0,01	7,4.10 ⁶	7,4.10 ⁷	2,5.10 ⁷	2,5.10 ⁸	2,5.10 ¹⁰
Oxydes et hydroxydes	0,01	6,9.10 ⁶	6,9.10 ⁷	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁸	2,3.10 ¹⁰



Argent - 110m / Argent - 110

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	658	99	531	31	91	1		
E2	885	73	2235	< 1	631	< 1		
E3	1505	13	2893	2				
% omis		139		67		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	4.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,2.10⁻⁵ β et e⁻
ds 4,8.10⁻⁶ γ et X
dp 4,6.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

3,9.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,8.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,5.10⁻³

au contact 1,4.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 6,7.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 6,8.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,0.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés et argent métallique	R	1 µm	5,5.10 ⁻⁹	5,5.10 ⁻⁹
		5 µm	6,7.10 ⁻⁹	6,7.10 ⁻⁹
Nitrates et sulfures	M	1 µm	7,2.10 ⁻⁹	7,2.10 ⁻⁹
		5 µm	5,9.10 ⁻⁹	5,9.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et carbures	L	1 µm	1,2.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻⁸
		5 µm	7,3.10 ⁻⁹	7,3.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,050	2,8.10 ⁻⁹	2,8.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,4.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,9.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Foie (R), poumons (M 1µm-L), voies respiratoires supérieures (M 5µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



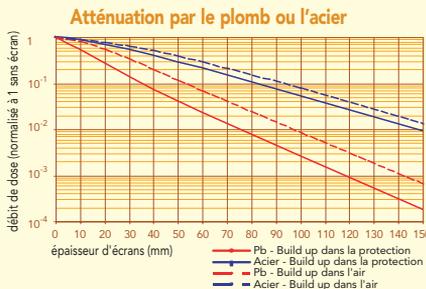
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	7,2
Plexiglas	12,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 8,4.10⁻³
ds γ, X : 2,9.10⁻²
dp γ, X : 2,7.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,6.10⁻¹
ds γ, X : 9,0.10⁻²
dp γ, X : 8,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC₂₁ 2,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_F 4,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés et argent métallique	0,01	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	1,2.10 ⁹
Nitrates et sulfures	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	2,7.10 ⁵	2,7.10 ⁶	8,9.10 ⁵	8,9.10 ⁶	8,9.10 ⁸



Argent - 111

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	245	1	693	6				
E2	342	7	790	1				
E3			1035	93				
% omis		< 1		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $5,2.10^{-8}$ γ et X
dp $5,1.10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,5.10^{-9}$

au contact : $2,0.10^{-5}$

bécher 50 ml

au col : $6,1.10^{-4}$

au contact : $1,6.10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact : $3,7.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $9,7.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	Composés non spécifiés et argent métallique	
		R	h(g)
Composés non spécifiés et argent métallique	R	1 µm	$4,1.10^{-10}$
		5 µm	$5,7.10^{-10}$
Nitrates et sulfures	M	1 µm	$1,5.10^{-9}$
		5 µm	$1,5.10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes et carbures	L	1 µm	$1,7.10^{-9}$
		5 µm	$1,6.10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,050	$1,3.10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$5,2.10^{-8}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$4,9.10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Foie (R), poumons (M-L),
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $1,2.10^7$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $1,5.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



137

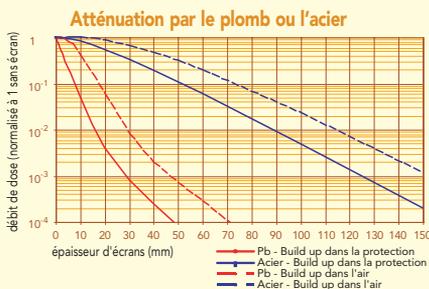
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,8
Plexiglas	3,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $1,2.10^{-1}$
ds γ, X : $3,2.10^{-4}$
dp γ, X : $3,1.10^{-4}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,1
ds γ, X : $9,8.10^{-4}$
dp γ, X : $9,6.10^{-4}$

Limites pratiques

LPC_β : $8,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_γ : $7,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés et argent métallique	0,01	$6,0.10^5$	$6,0.10^6$	$2,0.10^6$	$2,0.10^7$	$2,0.10^9$
Nitrates et sulfures	0,01	$5,5.10^5$	$5,5.10^6$	$1,8.10^6$	$1,8.10^7$	$1,8.10^9$
Oxydes, hydroxydes et carbures	0,01	$5,4.10^5$	$5,4.10^6$	$1,8.10^6$	$1,8.10^7$	$1,8.10^9$



Cadmium - 109 / Argent - 109m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	22	83			63	41		
E2	25	17			84	45		
E3	88	4			87	10		
% omis		11				180		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹³
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
 ds 4,4.10⁻⁷ γ et X
 dp 2,1.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,0.10⁻⁸

100 cm

au contact 4,3.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 2,1.10⁻⁴

au contact 9,2.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 5,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,4.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,7.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père h(g) filiat.		
			1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés	R		1 µm	8,1.10 ⁻⁹	8,1.10 ⁻⁹
			5 µm	9,6.10 ⁻⁹	9,6.10 ⁻⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	M		1 µm	6,2.10 ⁻⁹	6,2.10 ⁻⁹
			5 µm	5,1.10 ⁻⁹	5,1.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L		1 µm	5,8.10 ⁻⁹	5,8.10 ⁻⁹
			5 µm	4,4.10 ⁻⁹	4,4.10 ⁻⁹
			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés inorganiques			0,050	2,0.10 ⁻⁹	2,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,7.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Reins (R-M), poumons (L),
 Ingestion : Reins

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁶
 Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

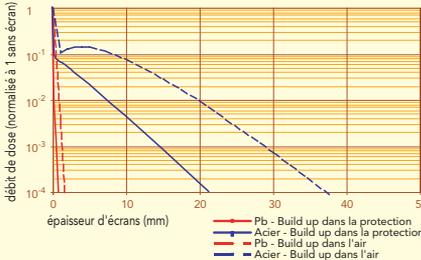
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débites de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : 2,6.10⁻³
 dp γ, X : 1,8.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : 8,3.10⁻³
 dp γ, X : 5,7.10⁻³

Limites pratiques

LPC_β 6,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 6,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	9,4.10 ⁵	9,4.10 ⁶	3,1.10 ⁶	3,1.10 ⁷	3,1.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁷	3,3.10 ⁶	3,3.10 ⁷	3,3.10 ⁹



Cadmium - 113m

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁶
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E1			586	100						
E2										
E3										
% omis				0						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact
rayt de freinage

bécher 50 ml

au col $3,3 \cdot 10^{-4}$

au contact
rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact $2,3 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $7,1 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	$1,1 \cdot 10^{-7}$
		5 µm	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Sulfures, halogénures et nitrates	M	1 µm	$5,0 \cdot 10^{-8}$
		5 µm	$4,0 \cdot 10^{-8}$
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	$3,0 \cdot 10^{-8}$
		5 µm	$2,4 \cdot 10^{-8}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés inorganiques	0,05	$2,3 \cdot 10^{-8}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2), (3)}
$2,9 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$6,4 \cdot 10^1$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
 Inhalation : Reins (R-M-L),
 Ingestion : Reins

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $1,5 \cdot 10^5$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $8,7 \cdot 10^5$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm

ds β, e⁻ : $8,9 \cdot 10^{-1}$

ds γ, X : sans objet

dp γ, X : sans objet

à 1 m

ds β, e⁻ : $6,2 \cdot 10^{-3}$

ds γ, X : sans objet

dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

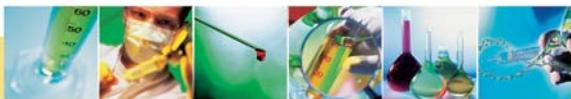
LPC_β : 5 Bq.cm⁻²

LPC_γ : $5 \cdot 10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^8$
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	$1,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^8$
Oxydes et hydroxydes	0,01	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^5$	$5,4 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^8$



Cadmium - 115m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	934	1	687	1				
E2			1621	98				
E3								
% omis		< 1		< 1				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)

A1	5.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,1.10⁻⁵ β et e⁻
ds 3,8.10⁻⁸ γ et X
dp 3,6.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

3,1.10⁻⁹

100 cm

au contact 8,1.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻³

au contact 1,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	5,3.10 ⁻⁹
		5 µm	6,4.10 ⁻⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	M	1 µm	5,9.10 ⁻⁹
		5 µm	5,5.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	7,3.10 ⁻⁹
		5 µm	5,5.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés inorganiques		0,05	3,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,4.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Reins (R-M 5µm), poumons (M 1µm-L),
Ingestion : Reins

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 6,1.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

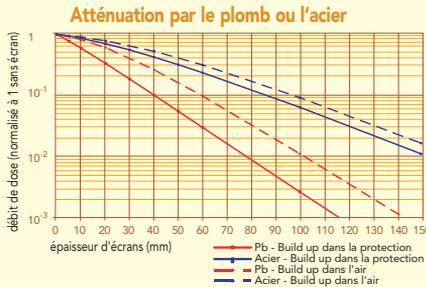
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,4
Plexiglas	6,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,2.10⁻¹
ds γ, X : 2,3.10⁻⁴
dp γ, X : 2,2.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : 7,1.10⁻⁴
dp γ, X : 6,7.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_A 4,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_F 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,5.10 ⁵	4,5.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Sulfures, halogénures et nitrates	0,01	4,6.10 ⁵	4,6.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	4,2.10 ⁵	4,2.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹



Indium - 111

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	23	69			19	16	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E2	171	90			145	9	Transport (Bq)	
E3	245	94			219	5	A1	3.10 ¹²
% omis		15				2	A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $7,9 \cdot 10^{-6}$ β et e⁻
ds $1,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $9,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

7,2.10⁻⁸

100 cm

au contact $3,3 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $5,8 \cdot 10^{-4}$

au contact $2,4 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,2 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $3,8 \cdot 10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,5 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	$1,3 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$2,2 \cdot 10^{-10}$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	$2,3 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$3,1 \cdot 10^{-10}$
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,020	$2,9 \cdot 10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$7,8 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,7 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M),
Ingestion : Côlon

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 6,5 \cdot 10^7$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 6,9 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,3
Plexiglas	0,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : $6,6 \cdot 10^{-3}$
 dp γ, X : $6,0 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm
 ds β, e⁻ : $1,3 \cdot 10^{-1}$
 ds γ, X : $2,0 \cdot 10^{-2}$
 dp γ, X : $1,8 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_i $1,10^2$ Bq.cm⁻²
 LPC_f $2,10^2$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$2,1 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^7$	$7,1 \cdot 10^6$	$7,1 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	$2,1 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^7$	$6,9 \cdot 10^6$	$6,9 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$



Indium - 113m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	24	20			364	28		
E2	27	4			387	5		
E3	392	65			391	1		
% omis		< 1				30		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,4 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $5,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $5,6 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

4,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,2.10⁻⁴

au contact 1,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 7,5.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 7,3.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	1,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,9.10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	2,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	3,2.10 ⁻¹¹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,020	2,8.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,6.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M),
Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 7,1.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



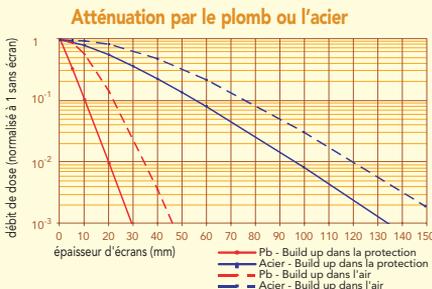
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	0,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 3,6.10⁻³
dp γ, X : 3,4.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,5.10⁻¹
ds γ, X : 1,1.10⁻²
dp γ, X : 1,0.10⁻²

Limites pratiques

LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

LPC_β 3,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	9,6.10 ⁵	9,6.10 ⁶	3,2.10 ⁶	3,2.10 ⁷	3,2.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	9,6.10 ⁵	9,6.10 ⁶	3,2.10 ⁶	3,2.10 ⁷	3,2.10 ⁹



Indium - 115m

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	24	28	861	4	308	40		
E2	27	6			332	8		
E3	336	46			336	2		
% omis		< 1		< 1		0		

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹²
A2	1.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,7.10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,4.10^{-7}$ γ et X
dp $4,0.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

2,9.10⁻⁸

100 cm

au contact $1,3.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $5,0.10^{-4}$

au contact $1,0.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $5,0.10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $5,8.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	Composés non spécifiés	R	h(g)	
			1 µm	5 µm
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M		1 µm	$2,5.10^{-11}$
			5 µm	$4,5.10^{-11}$
	L		1 µm	$6,0.10^{-11}$
			5 µm	$8,7.10^{-11}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,020	$8,6.10^{-11}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$3,3.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$9,5.10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M),
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $2,3.10^8$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $2,3.10^8$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,3
Plexiglas	2,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $2,7.10^{-3}$
ds γ, X : $2,7.10^{-3}$
dp γ, X : $2,4.10^{-3}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $8,2.10^{-1}$
ds γ, X : $8,2.10^{-3}$
dp γ, X : $7,5.10^{-3}$

Limites pratiques

LPC₁ : 1.10^2 Bq.cm²
LPC_F : 4.10^2 Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,2.10^5$	$4,2.10^6$	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$1,4.10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	$4,2.10^5$	$4,2.10^6$	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$1,4.10^9$



Etain - 113 / Indium - 113m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	24	90			3	115		
E2	225	2			20	17		
E3	392	65			364	28		
% omis		7				6		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq		1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ³
Transport (Bq)		
A1		4.10 ¹²
A2		2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,4 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $8,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $7,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

5,7.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,4.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 6,6.10⁻⁴

au contact 1,7.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,2.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 7,1.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,0.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père h(g) filiat.		
			1 µm	5 µm	
Composés non spécifiés	R	M	1 µm	5,4.10 ⁻¹⁰	5,5.10 ⁻¹⁰
			5 µm	7,9.10 ⁻¹⁰	8,1.10 ⁻¹⁰
	L	M	1 µm	2,5.10 ⁻⁹	2,5.10 ⁻⁹
			5 µm	1,9.10 ⁻⁹	1,9.10 ⁻⁹
		L	1 µm		
			5 µm		
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés			0,02	7,3.10 ⁻¹⁰	7,6.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,9.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R 1µm), voies respiratoires supérieures (R 5µm), poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 7,9.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

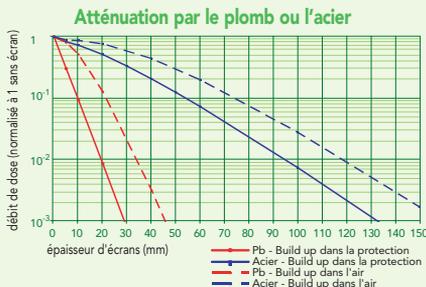
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	0,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 5,3.10⁻³
dp γ, X : 4,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,5.10⁻¹
ds γ, X : 1,6.10⁻²
dp γ, X : 1,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC_a 9,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Pailasse	Hotte ventilée	Pailasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	8,1.10 ⁵	8,1.10 ⁶	2,7.10 ⁶	2,7.10 ⁷	2,7.10 ⁹
Phosphates, sulfures, ox., hydrox., halogénures et nitrates	0,01	6,6.10 ⁵	6,6.10 ⁶	2,2.10 ⁶	2,2.10 ⁷	2,2.10 ⁹



Etain - 125

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	823	4	461	6				
E2	1067	9	1261	3				
E3	2002	2	2350	83				
% omis		16		9				

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,7.10⁻⁵ β et e⁻
ds 5,1.10⁻⁷ γ et X
dp 4,8.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

4,2.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,4.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,6.10⁻³
au contact 2,7.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,6.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,3
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g)	
			1 µm	5 µm
Composés non spécifiés			1 µm	9,2.10 ⁻¹⁰
			5 µm	1,3.10 ⁻⁹
Phosphates, sulfures, oxydes, hydroxydes halogénures et nitrates	M		1 µm	3,0.10 ⁻⁹
			5 µm	2,8.10 ⁻⁹
	L		1 µm	
			5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,020	3,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,0.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,8.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
 Inhalation : Côlon (R), poumons (M)
 Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 6,5.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,1
Plexiglas	9,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - - Pb - Build up dans l'air
 - - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,3.10⁻¹
ds γ, X : 3,2.10⁻³
dp γ, X : 3,0.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,2
ds γ, X : 9,7.10⁻³
dp γ, X : 9,1.10⁻³

Limites pratiques
 LPC_β 4,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,0.10 ⁵	6,0.10 ⁶	2,0.10 ⁶	2,0.10 ⁷	2,0.10 ⁹
Phosphates, sulfures, ox., hydrox., halogénures et nitrates	0,01	5,2.10 ⁵	5,2.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Antimoine - 122

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	564	71	724	5	532	< 1		
E2	693	4	1417	67				
E3	1257	< 1	1981	26				
% omis		< 1		< 1		2		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 8,5.10⁻⁷ γ et X
dp 8,0.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

7,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 4,3.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,4.10⁻³

au contact 2,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,7.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	3,9.10 ⁻¹⁰	6,3.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulfates et nitrates	M	1 µm	1,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,2.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	e(g)
Tous composés		0,100	1,7.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
9,0.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M 1µm), côlon (M 5µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁷



- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

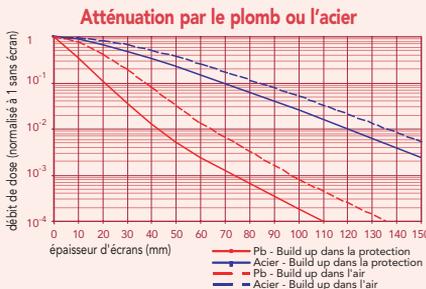
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,1
Plexiglas	7,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 3,4.10⁻¹
 ds γ, X : 5,2.10⁻³
 dp γ, X : 4,9.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 1,2
 ds γ, X : 1,6.10⁻²
 dp γ, X : 1,5.10⁻²

Limites pratiques

LPC _d	5,0.10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _f	1,0.10 ² Bq.cm ⁻²

- (1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	5,0.10 ⁸
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulfates et nitrates	0,01	4,9.10 ⁵	4,9.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	5,0.10 ⁸



Antimoine - 124

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	603	98	611	53	570	< 1		
E2	1691	49	1580	5				
E3	2091	6	2302	22				
% omis		37		20		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,9 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $3,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,9 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

2,6.10⁻⁷

100 cm

au contact $1,3 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,1 \cdot 10^{-3}$

au contact $9,2 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,5 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $8,0 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	$1,3 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$1,9 \cdot 10^{-9}$
	M	1 µm	$6,1 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$4,7 \cdot 10^{-9}$
L	1 µm		
	5 µm		
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,100	$2,5 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$3,5 \cdot 10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,4 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), Poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $3,3 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $8,0 \cdot 10^6$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



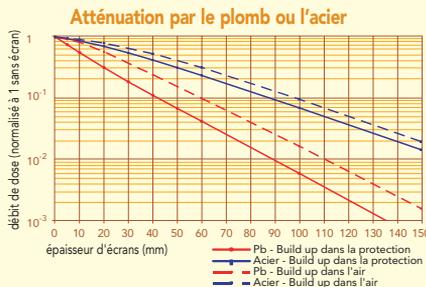
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,0
Plexiglas	9,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $1,6 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $1,9 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $1,7 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $8,2 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $5,7 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $5,4 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC₃ $3,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_F $5,10^1$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$4,0 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulfates et nitrates	0,01	$3,2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^9$



Antimoine - 125 / Tellure - 125m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	428	29	303	40	78	12		
E2	601	18	446	7	104	9		
E3	635	11	622	14	109	3		
% omis		225		39		180		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁶ γ et X
dp 1,2.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

8,6.10⁻⁸
100 cm
au contact 3,5.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 6,3.10⁻⁴
au contact 2,9.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,9.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,0
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,7.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1,4.10 ⁻⁹	1,5.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulfates et nitrates	M	1 µm 4,5.10 ⁻⁹	5,3.10 ⁻⁹
	L	5 µm 3,3.10 ⁻⁹	4,0.10 ⁻⁹
Vapeur de ^{125m} Te	F		3,7.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,1	1,1.10 ⁻⁹	1,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
8,9.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

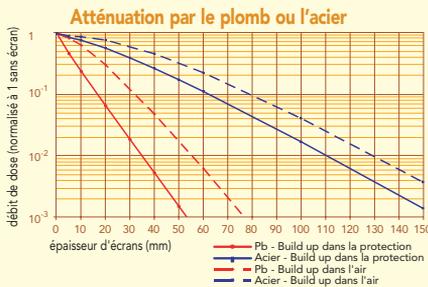
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 6,5.10⁻³
dp γ, X : 5,9.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,5.10⁻¹
ds γ, X : 2,0.10⁻²
dp γ, X : 1,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 6,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	3,8.10 ⁶	3,8.10 ⁷	3,8.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulfates et nitrates	0,01	7,0.10 ⁵	7,0.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹



Antimoine - 126

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	415	85	477	32	383	1		
E2	696	129	1174	10				
E3	720	54	1894	20				
% omis		161		41		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $7,8.10^{-5}$ β et e⁻
ds $4,9.10^{-6}$ γ et X
dp $4,9.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,2.10^{-7}$

au contact : $1,8.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $2,9.10^{-3}$

au contact : $1,5.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,3.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,7

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	1,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,7.10 ⁻⁹
	M	1 µm	2,7.10 ⁻⁹
		5 µm	3,2.10 ⁻⁹
L	1 µm		
	5 µm		
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,100	2,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M 5µm),
poumons (M 1µm)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

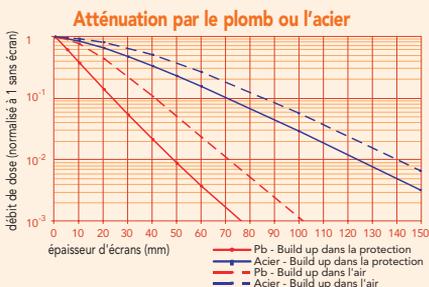
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,8
Plexiglas	7,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : 1,2.10⁻¹
ds γ, X : 3,0.10⁻²
dp γ, X : 2,8.10⁻²

à 10 cm :
ds β, e⁻ : 7,9.10⁻¹
ds γ, X : 9,2.10⁻²
dp γ, X : 8,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i : 2,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f : 3,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, sulfures, sulgates et nitrates	0,01	3,2.10 ⁵	3,2.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Tellure - 123m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	27	40			57	42		
E2	31	9			84	45		
E3	159	84			127	14		
% omis		< 1				14		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	8.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,8.10⁻⁸ β et e⁻
ds 4,1.10⁻⁷ γ et X
dp 3,9.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

2,8.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,4.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

2,3.10⁻⁴

au contact 9,4.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 4,8.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 6,0.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	R	1 μm	9,7.10 ⁻¹⁰
		5 μm	1,2.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 μm	3,9.10 ⁻⁹
		5 μm	3,4.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	
Vapeur de tellure	F		2,9.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,3	1,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,8.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R et vapeurs), poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 5,1.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



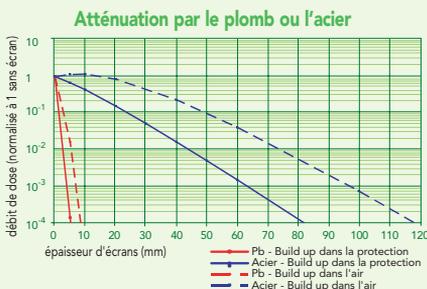
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,5.10⁻³
dp γ, X : 2,4.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4.10⁻²
ds γ, X : 7,7.10⁻³
dp γ, X : 7,3.10⁻³

Limites pratiques

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 4,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,1.10 ⁶	3,1.10 ⁷	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁷	4,4.10 ⁹
Vapeur de tellure	1	interdit	2,1.10 ⁵	interdit	7,2.10 ⁵	7,2.10 ⁷



Tellure - 125m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	27	93			78	52		
E2	31	21			104	38		
E3	35	7			109	11		
% omis		4				155		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	9.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 3,7.10⁻⁷ γ et X
dp 3,2.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻⁸

100 cm

au contact 8,8.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 2,0.10⁻⁴

au contact 2,7.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 4,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,6.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 μm	5,1.10 ⁻¹⁰
		5 μm	6,7.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 μm	3,3.10 ⁻⁹
		5 μm	2,9.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	
Vapeur de tellure	F		1,5.10 ⁻⁹

Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,3	8,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
8,9.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,5.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R et vapeurs), poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,1.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,3.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



151

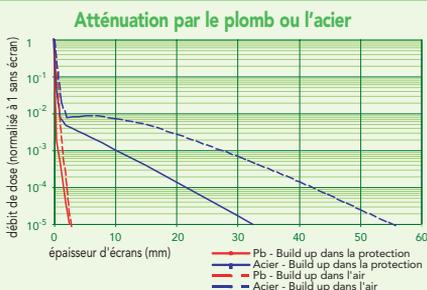
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 2,3.10 ⁻³	dp γ, X : 1,9.10 ⁻³
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 6,9.10 ⁻³	dp γ, X : 5,9.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC _d	9,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _f	5,10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,7.10 ⁶	4,7.10 ⁷	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	5,3.10 ⁶	5,3.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Vapeur de tellure	1	interdit	4,1.10 ⁵	interdit	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁸



Tellure - 127

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	418	1	276	1				
E2			694	99				
E3								
% omis		< 1		< 1				

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 9,4.10⁻⁹ γ et X
dp 9,1.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

8,3.10⁻¹⁰
100 cm
au contact 3,5.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 4,2.10⁻⁴
au contact 2,8.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 7,1.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,9.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq ⁻¹				Données pratiques	
Inhalation		h(g)		Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾ LPCA ^{(2),(3)}	
Composés non spécifiés	R	1 µm	4,2.10 ⁻¹¹	3,8.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,6.10 ⁴ Bq.m ⁻³
		5 µm	7,2.10 ⁻¹¹		
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 µm	1,2.10 ⁻¹⁰	Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R M 5µm), poumons (M 1µm) Ingestion : Côlon	
		5 µm	1,8.10 ⁻¹⁰		
L	1 µm				
Vapeur de tellure	F	1 µm		<p>Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁸</p> <p>Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁸</p>	
		5 µm	7,7.10 ⁻¹¹		

Ingestion		
Tous composés	f ₁	e(g)
	0,3	1,7.10 ⁻¹⁰

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 2,3.10⁻²
ds γ, X : 5,8.10⁻⁵
dp γ, X : 5,6.10⁻⁵

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,4.10⁻¹
ds γ, X : 1,8.10⁻⁴
dp γ, X : 1,7.10⁻⁴

Limites pratiques
LPC_i 1,10² Bq.cm⁻²
LPC_f 3,10³ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,9.10 ⁵	6,9.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	6,8.10 ⁵	6,8.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹
Vapeur de tellure	1	2,6.10 ⁵	2,6.10 ⁶	8,5.10 ⁵	8,5.10 ⁶	8,5.10 ⁸



Tellure - 132 / Iode - 132

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	668	99	1185	19	195	7		
E2	773	76	1617	13	223	1		
E3	1399	7	2140	18	738	<1		
% omis		292		151		84		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $4,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,9.10⁻⁷

100 cm

au contact $1,8 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $3,2 \cdot 10^{-3}$

au contact $1,1 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $1,6 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1,8.10 ⁻⁹	1,9.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 µm 2,2.10 ⁻⁹	2,2.10 ⁻⁹
	L	5 µm 3,0.10 ⁻⁹	3,0.10 ⁻⁹
Vapeur de tellure et d'iode	F	1 µm 5,1.10 ⁻⁹	5,4.10 ⁻⁹
	V	5 µm -	2,0.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,3	3,7.10 ⁻⁹	4,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,5.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Thyroïde (R), poumons (M 1µm),
voies respiratoires supérieures (M 5µm)
Ingestion : Thyroïde

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,7.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

153

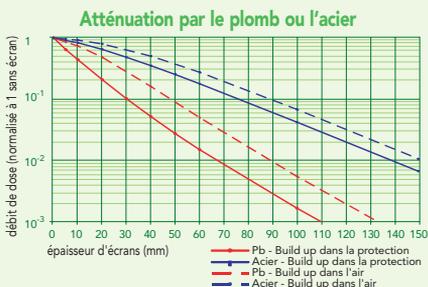
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

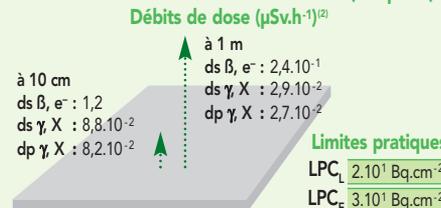
Verre	5,0
Plexiglas	8,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,1.10 ⁵	3,1.10 ⁶	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	3,0.10 ⁵	3,0.10 ⁶	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁹
Vapeur de tellure	1	interdit	1,1.10 ⁵	interdit	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁷



Iode - 123

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁷
E1	27	71			127	14	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E2	159	83			154	2	Transport (Bq)	
E3	529	1			158	< 1	A1	6.10 ¹²
% omis		17				4	A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,7.10⁻⁸ β et e⁻
ds 5,5.10⁻⁷ γ et X
dp 5,2.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,8.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 3,0.10⁻⁴

au contact 1,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 6,1.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,8.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
Tous composés	M	1 µm	7,6.10 ⁻¹¹
		5 µm	1,1.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
	V	1 µm	
		5 µm	
iode élémentaire	V	2,1.10 ⁻¹⁰	
iodure de méthyle	V	1,5.10 ⁻¹⁰	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	2,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

3,4.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,0.10 ⁺⁴ Bq.m ⁻³
---	---

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)
Ingestion : Thyroïde

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	+
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 3,4.10⁻³
dp γ, X : 3,1.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4.10⁻²
ds γ, X : 1,0.10⁻²
dp γ, X : 9,6.10⁻³

Limites pratiques

LPC₂ 2,10² Bq.cm²
LPC_f 3,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,3.10 ⁶	5,3.10 ⁷	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Formule volatile (iode élémentaire)	1	interdit	2,8.10 ⁶	interdit	9,4.10 ⁶	9,4.10 ⁸
Formule volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	3,9.10 ⁶	interdit	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹



Iode - 124

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	511	46	810	< 1	23	8		
E2	603	61	1532	11	571	< 1		
E3	1691	11	2135	11				
% omis		84		0		< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,1.10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,0.10^{-6}$ γ et X
dp $1,9.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,3.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,1.10^{-3}$

au contact $5,8.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $9,8.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $4,9.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,6.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
Tous composés	M	1 μm	4,5.10 ⁻⁹
		5 μm	6,3.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	
iode élémentaire	V	1,2.10 ⁻⁸	
iodure de méthyle	V	9,2.10 ⁻⁹	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	1,3.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,9.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
 Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)
 Ingestion : Thyroïde

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,5
Plexiglas	8,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 2,6.10⁻²
 ds γ, X : 1,2.10⁻²
 dp γ, X : 1,2.10⁻²

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 7,9.10⁻²
 ds γ, X : 3,8.10⁻²
 dp γ, X : 3,6.10⁻²

Limites pratiques

LPC₂₁ 2,10¹ Bq.cm²
 LPC_F 8,10¹ Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,8.10 ⁵	5,8.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Forme volatile (iode élémentaire)	1	interdit	5,2.10 ⁴	interdit	1,7.10 ⁵	1,7.10 ⁷
Forme volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	6,8.10 ⁴	interdit	2,3.10 ⁵	2,3.10 ⁷



Iode - 125

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	27	114			4	79		
E2	31	26			23	20		
E3	36	7			31	11		
% omis		< 1				4		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 4,4.10⁻⁷ γ et X
dp 3,9.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,1.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 2,2.10⁻⁴

au contact 4,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 6,2.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 6,3.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	5,3.10 ⁻⁹
		5 µm	7,3.10 ⁻⁹
	M	1 µm	
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	
iode élémentaire	V		1,4.10 ⁻⁸
iodure de méthyle	V		1,1.10 ⁻⁸
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	1,5.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,0.10 ² Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace	
Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)	
Ingestion : Thyroïde	

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

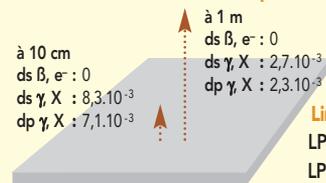
Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm²

LPC_f 4,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	7,7.10 ⁵	7,7.10 ⁶	2,6.10 ⁶	2,6.10 ⁷	2,6.10 ⁹
Forme volatile (iode élémentaire)	1	interdit	4,5.10 ⁴	interdit	1,5.10 ⁵	1,5.10 ⁷
Forme volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	5,7.10 ⁴	interdit	1,9.10 ⁵	1,9.10 ⁷



Iode - 129

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁵
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E1	29	57	153	100	34	11				
E2	34	13			39	2				
E3	40	8								
% omis		0		0		< 1			A1	illimitée
									A2	illimitée

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 2,1.10⁻⁷ γ et X
dp 1,9.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

9,2.10⁻⁹
100 cm
au contact 6,4.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻⁴
au contact 2,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,8.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,4.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	3,7.10 ⁻⁸
		5 µm	5,1.10 ⁻⁸
	L	1 µm	
		5 µm	
	V	1 µm	
		5 µm	
lode élémentaire	V		9,6.10 ⁻⁸
iodure de méthyle	V		7,4.10 ⁻⁸

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1	1,1.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,4.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,7.10 ¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace
Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)
Ingestion : Thyroïde

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier
épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet émission X ou γ très faibles	
épaisseurs moitié et dixième	
e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb < 0,1	< 0,1
Acier < 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 3,9.10⁻³
dp γ, X : 3,6.10⁻³

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,3.10⁻³
dp γ, X : 1,2.10⁻³

Limites pratiques
LPC_i : 4 Bq.cm⁻²
LPC_f : 4.10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,2.10 ⁵	1,2.10 ⁶	4,1.10 ⁵	4,1.10 ⁶	4,1.10 ⁸
Forme volatile (lode élémentaire)	1	interdit	6,5.10 ³	interdit	2,2.10 ⁴	2,2.10 ⁶
Forme volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	8,4.10 ³	interdit	2,8.10 ⁴	2,8.10 ⁶



Iode - 131

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	284	6	248	2	46	4		
E2	365	82	334	7	330	2		
E3	637	7	606	90				
% omis		11		1		2		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,6 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $7,5 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $7,3 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $6,4 \cdot 10^{-8}$

au contact : $2,8 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $6,5 \cdot 10^{-4}$

au contact : $2,2 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,1 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $5,7 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 μm	$7,6 \cdot 10^{-9}$
		5 μm	$1,1 \cdot 10^{-8}$
	M	1 μm	
		5 μm	
	L	1 μm	
		5 μm	
iode élémentaire	V		$2,0 \cdot 10^{-8}$
iodure de méthyle	V		$1,5 \cdot 10^{-8}$
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		1,000	$2,2 \cdot 10^{-8}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$7,6 \cdot 10^{-7}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$4,2 \cdot 10^2$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)
Ingestion : Thyroïde

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $1,0 \cdot 10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $9,1 \cdot 10^5$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

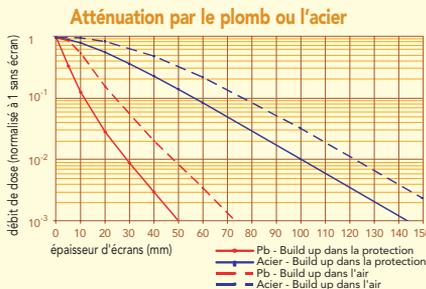
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $1,5 \cdot 10^{-3}$
ds γ, X : $4,6 \cdot 10^{-3}$
dp γ, X : $4,5 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $7,4 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $1,4 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $1,4 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC₂ : $2,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_F : $2,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$3,2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^9$
Forme volatile (iode élémentaire)	1	interdit	$3,1 \cdot 10^4$	interdit	$1,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^7$
Forme volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	$4,1 \cdot 10^4$	interdit	$1,4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$



Iode - 132

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	668	99	1185	19	738	< 1		
E2	773	76	1617	13				
E3	1399	7	2140	18				
% omis		116		51		< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0.10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,1.10^{-6}$ γ et X
dp $3,9.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,4.10⁻⁷
100 cm
au contact $1,6.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,8.10^{-3}$
au contact $1,0.10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact $1,5.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $9,6.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
Tous composés	1 μm	9,6.10 ⁻¹¹	
		2,0.10 ⁻¹⁰	
	5 μm		
	L	1 μm	
		5 μm	
Iode élémentaire	V	3,1.10 ⁻¹⁰	
Iodure de méthyle	V	1,9.10 ⁻¹⁰	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1	2,9.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

4,5.10 ⁻⁶ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,7.10 ⁴ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Thyroïde (R 1μm et vapeurs), voies respiratoires supérieures (R 5μm)

Ingestion : Thyroïde

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,5.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,0
Plexiglas	8,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

débit de dose (normalisé à 1 sans écran)
épaisseur d'écrans (mm)

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
- - Pb - Build up dans l'air
- - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 2,4.10⁻¹
ds γ, X : 2,5.10⁻²
dp γ, X : 2,4.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,1
ds γ, X : 7,7.10⁻²
dp γ, X : 7,2.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 4,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,8.10 ⁵	3,8.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹
Forme volatile (Iode élémentaire)	1	interdit	1,3.10 ⁶	interdit	4,4.10 ⁷	4,4.10 ⁸
Forme volatile (Iodure de méthyle)	1	interdit	1,7.10 ⁶	interdit	5,8.10 ⁶	5,8.10 ⁸



Iode - 133

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	530	86	460	4	495	< 1		
E2	875	5	880	4				
E3	1298	2	1230	84				
% omis		11		9		< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁶ γ et X
dp 1,1.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm: 9,6.10⁻⁸

au contact: 4,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col: 1,3.10⁻³

au contact: 2,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact: 7,6.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²): 2,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq): 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	1,5.10 ⁻⁹
		5 µm	2,1.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
iodure élémentaire	V		4,0.10 ⁻⁹
iodure de méthyle	V		3,1.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1	4,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Thyroïde (R et vapeurs)
Ingestion : Thyroïde

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 4,7.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,4
Plexiglas	4,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 1,9.10⁻¹ ; ds γ, X : 6,7.10⁻³ ; dp γ, X : 6,4.10⁻³

à 10 cm : ds β, e⁻ : 1,1 ; ds γ, X : 2,1.10⁻² ; dp γ, X : 2,0.10⁻²

Limites pratiques
LPC_i 4,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 1,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Forme volatile (iode élémentaire)	1	interdit	1,5.10 ⁵	interdit	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁷
Forme volatile (iodure de méthyle)	1	interdit	1,9.10 ⁵	interdit	6,5.10 ⁵	6,5.10 ⁷



Xénon - 133

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	31	38	346	99	26	6		
E2	35	7			45	52		
E3	81	38			75	8		
% omis		2		1		4		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	1.10 ¹³

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,8.10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,9.10^{-7}$ γ et X
dp $1,8.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

100 cm

au contact $7,2.10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $1,9.10^{-4}$

au contact $3,7.10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $2,8.10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) sans objet

goutte de 0,05 ml (1 Bq) sans objet

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
		M	1 μm
			5 μm
		L	1 μm
			5 μm
Gaz rare		GR	
Ingestion		f ₁ e(g)	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$5.0.10^{-6}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2.0.10^6$ Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace	
Immersion : Peau	
Ingestion : Sans objet	

Al₂₀Inhalation (Bq)⁽²⁾ : sans objet

Al₂₀Ingestion (Bq)⁽²⁾ : sans objet



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

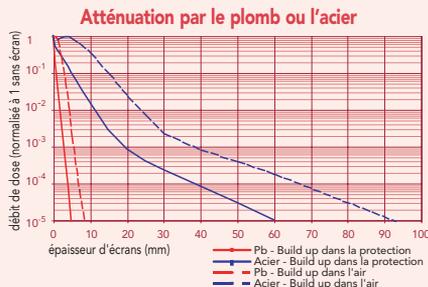
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	0,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²) Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

Plan contaminé
et limites pratiques de contamination

Sans objet pour les gaz rares

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Gaz rare	1	interdit	$3,4.10^7$	interdit	$1,1.10^8$	$5,0.10^9$



Césium - 131

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	29	21			25	9		
E2	30	39						
E3	34	14						
% omis		0				0		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹³
A2	3.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 2,0.10⁻⁷ γ et X
dp 1,8.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

8,4.10⁻⁹

100 cm

au contact 6,0.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻⁴

au contact 2,4.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,8.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,0.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,3.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés	R	1 µm	2,8.10 ⁻¹¹
		5 µm	4,5.10 ⁻¹¹
	M	1 µm	
		5 µm	
L	1 µm		
	5 µm		

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	1,000	5,8.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,4.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,8.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
 Ingestion : Surfaces osseuses

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 4,4.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier
épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Curves d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm	à 1 m
ds β, e ⁻ : 0	ds β, e ⁻ : 0
ds γ, X : 3,9.10 ⁻³	ds γ, X : 1,3.10 ⁻³
dp γ, X : 3,5.10 ⁻³	dp γ, X : 1,1.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC_γ 8.10² Bq.cm⁻²
 LPC_β 9.10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	4,9.10 ⁷	4,9.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Césium - 134

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	605	98	89	27	567	< 1		
E2	796	86	415	3				
E3	1365	3	658	70				
% omis		37		< 1		< 1		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)

A1	7.10 ¹¹
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,0.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,9.10⁻⁶ γ et X
dp 2,7.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,3.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,7.10⁻³

au contact 8,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 4,0.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,2.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	6,8.10 ⁻⁹
		5 µm	9,6.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
		1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	1,9.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,7.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)

Ingestion : Tissus mous

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

163

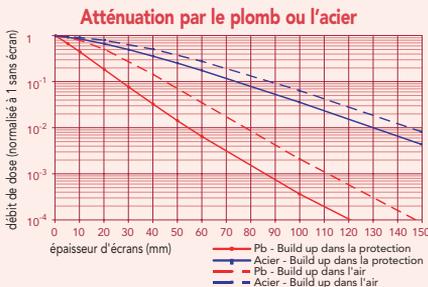
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,5.10⁻²
ds γ, X : 1,8.10⁻²
dp γ, X : 1,7.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 6,8.10⁻¹
ds γ, X : 5,4.10⁻²
dp γ, X : 5,1.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 2,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 6,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,0.10 ⁵	3,0.10 ⁶	9,9.10 ⁵	9,9.10 ⁶	5,0.10 ⁵



Césium - 137 / Baryum - 137m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	32	6	512	95	624	8		
E2	36	1	1173	5	656	1		
E3	662	85			660	< 1		
% omis		< 1		0		< 1		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	2.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

9,2.10⁻⁸
100 cm
au contact $3,9 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $9,3 \cdot 10^{-4}$
au contact $3,3 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,7 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $7,1 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	1 µm 5 µm	h(g) père h(g) filiat.		
			4,8.10 ⁻⁹ 6,7.10 ⁻⁹	4,8.10 ⁻⁹ 6,7.10 ⁻⁹	
Tous composés	M	1 µm			
		5 µm			
	L	1 µm			
		5 µm			
			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
	Tous composés		1,000	1,3.10 ⁻⁸	1,3.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,0.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁶



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

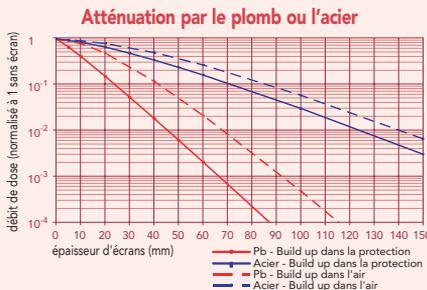
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,1
Plexiglas	3,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,0.10⁻¹
ds γ, X : 6,6.10⁻³
dp γ, X : 6,2.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,0
ds γ, X : 2,0.10⁻²
dp γ, X : 1,9.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,6.10 ⁵	3,6.10 ⁶	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	5,0.10 ³



Baryum - 133

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	31	99			45	46		
E2	81	34			75	7		
E3	356	62			320	1		
% omis		63				34		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,4 \cdot 10^{-6}$ β et e⁻
ds $1,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $9,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

7,5.10⁻⁸
100 cm
au contact 3,7.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,3.10⁻⁴
au contact 2,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,3.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,3.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,8.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g)
Tous composés	M	1 μm	1,5.10 ⁻⁹
		5 μm	1,8.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	
		1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,100	1,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
8,0.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,5.10 ³ Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace	
Inhalation : Surfaces osseuses (R)	
Ingestion : Surfaces osseuses	

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁷



- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

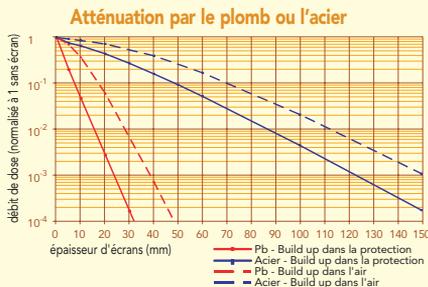
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 6,0.10⁻³
dp γ, X : 6,0.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 4,0.10⁻²
ds γ, X : 1,9.10⁻²
dp γ, X : 1,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 1,10² Bq.cm²
LPC_f 2,10² Bq.cm²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	4,8.10 ⁶	4,8.10 ⁷	4,8.10 ⁷



Baryum - 140 / Lanthane - 140

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	537	26	991	38	24	61		
E2	816	24	1349	45	29	12		
E3	1596	95	2164	5	447	< 1		
% omis		130		119		11		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	5.10 ¹¹
A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 4,2.10⁻⁶ γ et X
dp 3,9.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

3,4.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,5.10⁻³

bécher 50 ml

au col 3,4.10⁻³
au contact 1,2.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 2,2.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,8
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm	1,0.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁹
Tous composés	R				
Composés du La 140	M	1 µm			2,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm			3,7.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm			
		5 µm			
Ingestion					
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés		0,100	2,5.10 ⁻⁹	3,0.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Côlon (R 1µm), voies respiratoires supérieures (R 5µm)
 Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,7.10⁶

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



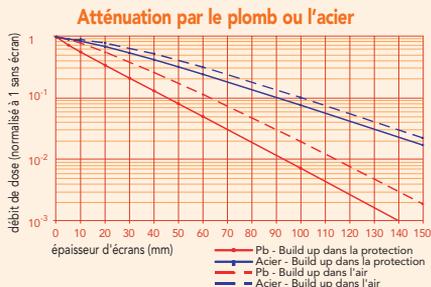
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,6
Plexiglas	8,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 3,6.10⁻¹
 ds γ, X : 2,6.10⁻²
 dp γ, X : 2,4.10⁻²

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 2,1
 ds γ, X : 7,9.10⁻²
 dp γ, X : 7,3.10⁻²

Limites pratiques

LPC _i	2,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _f	4,10 ¹ Bq.cm ⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	2,3.10 ⁵	2,3.10 ⁶	7,5.10 ⁵	7,5.10 ⁶	7,5.10 ⁸



Lanthane - 140

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	487	46	1349	45	288	< 1		
E2	816	24	1677	21	447	< 1		
E3	1596	95	2164	5				
% omis		50		29		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $3,7.10^{-6}$ γ et X
dp $3,5.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,1.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,4.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,7.10⁻³
au contact 1,1.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 1,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	Données pratiques	
		Composés non spécifiés	Oxydes et hydroxydes
Composés non spécifiés	R	1 µm	6,0.10 ⁻¹⁰
	R	5 µm	1,0.10 ⁻⁹
	M	1 µm	1,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,5.10 ⁻⁹
L	1 µm		
	5 µm		
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	2,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,5.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,5.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



167

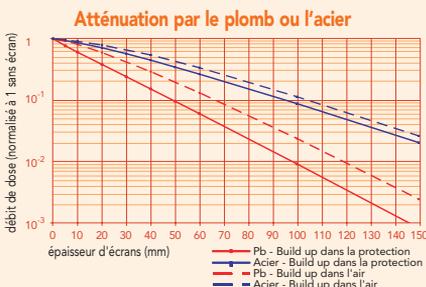
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,6
Plexiglas	8,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 2,8.10⁻¹
ds γ, X : 2,3.10⁻²
dp γ, X : 2,2.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,2
ds γ, X : 7,0.10⁻²
dp γ, X : 6,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 3,10¹ Bq.cm²

LPC_f 4,10¹ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	3,3.10 ⁵	3,3.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Cérium - 139

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	33	65			26	5		
E2	38	15			127	17		
E3	166	80			160	2		
% omis		0				3		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,5 \cdot 10^{-8}$ β et e⁻
ds $4,4 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $4,3 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $3,3 \cdot 10^{-8}$

au contact : $1,8 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $2,5 \cdot 10^{-4}$

au contact : $1,1 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $5,5 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : $4,9 \cdot 10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $3,2 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	$1,6 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$1,3 \cdot 10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 µm	$1,8 \cdot 10^{-9}$
		5 µm	$1,4 \cdot 10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$3,2 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$4,6 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Pouxmons (M-L)
Ingestion : Côlon

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 1,1 \cdot 10^7$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 7,7 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



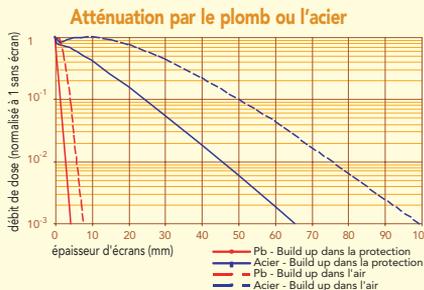
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : $2,7 \cdot 10^{-3}$
à 10 cm	ds β, e ⁻ : $1,7 \cdot 10^{-2}$
	ds γ, X : $8,3 \cdot 10^{-3}$
	dp γ, X : $8,2 \cdot 10^{-3}$

Limites pratiques

$LPC_{\beta} : 1,10^2$ Bq.cm⁻²

$LPC_{\gamma} : 4,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^7$	$8,4 \cdot 10^6$	$8,4 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	$2,3 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^7$	$7,7 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^9$



Cérium - 141

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	36	13	435	70	103	18		
E2	41	3	580	30	139	3		
E3	145	49						
% omis		< 1		0		2		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $5,7 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $1,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,5 · 10⁻⁸

100 cm

au contact $7,3 \cdot 10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $3,0 \cdot 10^{-4}$

au contact $5,0 \cdot 10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $2,3 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $4,2 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	$3,1 \cdot 10^{-9}$
		5 μm	$2,7 \cdot 10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 μm	$3,6 \cdot 10^{-9}$
		5 μm	$3,1 \cdot 10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	$7,1 \cdot 10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$1,4 \cdot 10^{-7}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,3 \cdot 10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Poumons (M-L)
 Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $5,6 \cdot 10^6$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $2,8 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,8
Plexiglas	1,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 — Pb - Build up dans l'air
 — Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : $1,1 \cdot 10^{-3}$
 dp γ, X : $1,1 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm
 ds β, e⁻ : $5,9 \cdot 10^{-1}$
 ds γ, X : $3,2 \cdot 10^{-3}$
 dp γ, X : $3,2 \cdot 10^{-3}$

Limites pratiques

LPC_β $8,10^1$ Bq.cm⁻²
 LPC_γ $9,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$7,6 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^9$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	$7,2 \cdot 10^5$	$7,2 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^9$



Cérium - 143

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	36	50	733	14	15	65		
E2	293	42	1104	49	51	9		
E3	722	5	1398	35	251	2		
% omis		39		2		9		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	9.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁴ β et e⁻
ds 6,2.10⁻⁷ γ et X
dp 6,0.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

4,9.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,4.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,0.10⁻³

au contact 1,7.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 5,7.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	7,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm	9,5.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 µm	8,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,0.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	1,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,6.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L 1µm),
voies respiratoires supérieures (M 5µm-L 5µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

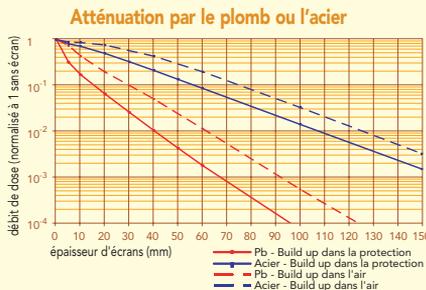
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,6
Plexiglas	4,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,9.10⁻¹
ds γ, X : 3,8.10⁻³
dp γ, X : 3,7.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 6,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,9.10 ⁵	4,9.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹



Cérium - 144 / Praséodyme - 144m et 144

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	134	11	185	20	92	5		
E2	696	1	318	77	127	1		
E3			2996	98				
% omis		< 1		5		3		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,4.10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,2.10^{-7}$ γ et X
dp $1,2.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

9,6.10⁻⁹
100 cm
au contact $3,4.10^{-3}$

bécher 50 ml au col

2,1.10⁻³
au contact $7,2.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $5,0.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,8
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,5

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

	Inhalation	h(g) père		h(g) filiat.		
		R	1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	3,4.10 ⁻⁸	3,4.10 ⁻⁸		
		5 µm	2,3.10 ⁻⁸	2,3.10 ⁻⁸		
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 µm	4,9.10 ⁻⁸	4,9.10 ⁻⁸		
		5 µm	2,9.10 ⁻⁸	2,9.10 ⁻⁸		
Ingestion		f₁	e(g) père	e(g) filiat.		
Tous composés		0,0005	5,2.10 ⁻⁹	5,2.10 ⁻⁹		

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,8.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,7.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant la plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M 1µm-L), foie (M 5µm)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,1.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



171

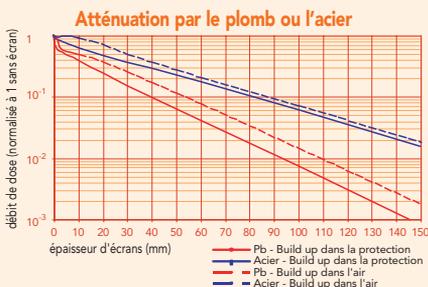
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	7,6
Plexiglas	13,7

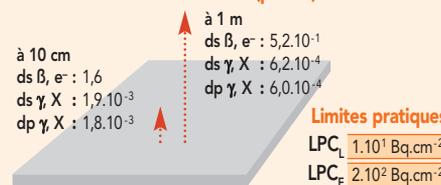
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i : 1,10¹ Bq.cm²

LPC_f : 2,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,5.10 ⁵	1,5.10 ⁶	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	5,1.10 ⁸
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	1,1.10 ⁵	1,1.10 ⁶	3,7.10 ⁵	3,7.10 ⁶	3,7.10 ⁸



Praséodyme - 143

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	742	< 1	935	100				
E2								
E3								
% omis		0		0				

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,6.10⁻¹⁴ γ et X
dp 1,5.10⁻¹⁴ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻¹⁵

100 cm

au contact 6,0.10⁻¹²

bécher 50 ml

au col 5,5.10⁻⁴

au contact 4,8.10⁻¹²

Seringue 5 ml

au contact 2,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 9,1.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	2,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,9.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	L	1 µm	2,3.10 ⁻⁹
		5 µm	2,2.10 ⁻⁹
		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,0005	1,2.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 8,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



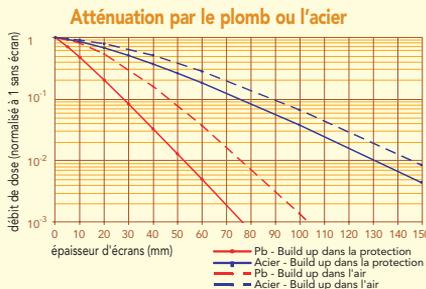
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,5
Plexiglas	2,8

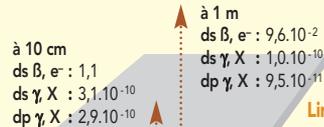
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_γ 1,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹



Praséodyme - 144

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	696	1	810	1				
E2	2186	<1	2300	1				
E3			2996	98				
% omis		< 1		0				

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 5,0.10⁻⁸ γ et X
dp 4,7.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

4,2.10⁻⁹

100 cm

au contact 3,4.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,0.10⁻³

au contact 6,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 6,4.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	1,8.10 ⁻¹¹
		5 µm	2,9.10 ⁻¹¹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluores	L	1 µm	1,9.10 ⁻¹¹
		5 µm	3,0.10 ⁻¹¹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	5,0.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	3,0.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	2,6.10 ⁵ Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M-L)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,7.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 4,0.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



173

Écrans, détection, contamination des surfaces

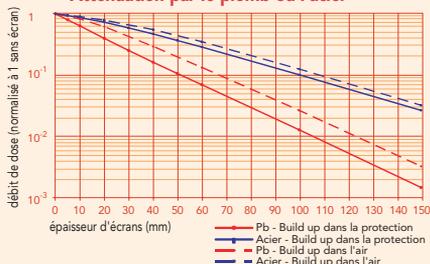
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	7,6
Plexiglas	13,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 5,3.10 ⁻¹ ds γ, X : 3,0.10 ⁻⁴ dp γ, X : 2,9.10 ⁻⁴
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 1,4 ds γ, X : 9,4.10 ⁻⁴ dp γ, X : 8,9.10 ⁻⁴

Limites pratiques

LPC _i	7,0.10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _f	2,0.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	7,0.10 ⁵	7,0.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	0,01	7,0.10 ⁵	7,0.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹



Néodyme - 147

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	38	36	210	2	46	49		
E2	91	28	365	15	486	< 1		
E3	531	13	805	81				
% omis		15		< 1		< 10		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,6.10⁻⁵ β et e⁻
ds 3,3.10⁻⁷ γ et X
dp 3,2.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,2.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,4.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,6.10⁻⁴

au contact 9,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,6.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	2,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,9.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	L	1 µm	2,3.10 ⁻⁹
		5 µm	2,1.10 ⁻⁹
		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,0005	1,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,9.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 8,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷



- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

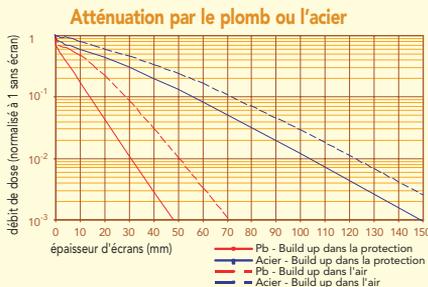
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,3
Plexiglas	2,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,2.10⁻²
ds γ, X : 2,1.10⁻³
dp γ, X : 2,0.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 8,7.10⁻¹
ds γ, X : 6,2.10⁻³
dp γ, X : 6,1.10⁻³

Limites pratiques

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 4,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,8.10 ⁵	5,8.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	0,01	5,7.10 ⁵	5,7.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹



Prométhéum - 147

Principales émissions								Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha		Quantité en Bq	1.10 ⁷
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
E1	121	< 1	225	100						
E2										
E3										
% omis		0		< 1						

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 6,6.10⁻¹² γ et X
dp 6,8.10⁻¹² γ et X

flacon 10 ml

7,0.10⁻¹³

100 cm

au contact 2,9.10⁻⁹

bécher 50 ml

au col 2,4.10⁻⁵

au contact 2,2.10⁻⁹

Seringue 5 ml

au contact 1,0.10⁻⁸

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,9.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,0.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,7.10 ⁻⁹
		5 µm	3,5.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	L	1 µm	4,6.10 ⁻⁹
		5 µm	3,2.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	2,6.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ **LPCA^{(2),(3)}**

2,6.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,8.10 ³ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M), poumons (L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,3.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 7,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,3
Plexiglas	0,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 4,1.10⁻⁸
dp γ, X : 4,2.10⁻⁸

à 10 cm
ds β, e⁻ : 4,4.10⁻²
ds γ, X : 1,3.10⁻⁷
dp γ, X : 1,3.10⁻⁷

Limites pratiques

LPC₁ : 1.10² Bq.cm⁻²
LPC_F : 1.10⁴ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁷	4,4.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, carbures et fluorures	0,01	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	4,5.10 ⁶	4,5.10 ⁷	4,5.10 ⁹



Samarium - 151

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	6	< 0,1	76	99				
E2	22	< 0,1						
E3								
% omis		0		< 1		< 1		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	1.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,4.10⁻¹⁰ γ et X
dp 9,2.10⁻¹¹ γ et X

flacon 10 ml

2,2.10⁻¹²

100 cm

au contact 9,6.10⁻⁹

bécher 50 ml

au col 6,3.10⁻⁸

au contact 3,7.10⁻⁹

Seringue 5 ml

au contact 1,6.10⁻⁷

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,2.10⁻⁶

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,6.10⁻⁶

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	3,7.10 ⁻⁹
		5 µm	2,6.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	9,8.10 ⁻¹¹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,5.10 ⁻¹⁰ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,4.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 8,2.10 ⁻⁷	dp γ, X : 5,4.10 ⁻⁷
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 2,6.10 ⁻⁶	dp γ, X : 1,7.10 ⁻⁶

Limites pratiques

LPC ₁	2.10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _F	2.10 ⁴ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	5,6.10 ⁶	5,6.10 ⁷	5,6.10 ⁹



Samarium - 153

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	41	49	634	35	21	24	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E2	47	12	703	44	55	41	Transport (Bq)	
E3	103	28	807	21	95	6	A1	9.10 ¹²
% omis		7		< 1		13	A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $1,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,5.10⁻⁸

100 cm

au contact $8,9 \cdot 10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $5,1 \cdot 10^{-4}$

au contact $4,8 \cdot 10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $1,0 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $7,2 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	6,1.10 ⁻¹⁰
		5 µm	6,8.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	7,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

$1,3 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,2 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³
--	-------------------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Pouxmons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $2,9 \cdot 10^7$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $2,7 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,3
Plexiglas	2,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $2,4 \cdot 10^{-2}$
ds γ, X : $1,2 \cdot 10^{-3}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $9,5 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $3,5 \cdot 10^{-3}$
dp γ, X : $3,5 \cdot 10^{-3}$

Limites pratiques

LPC_i : $1,10^2$ Bq.cm⁻²
LPC_f : $7,10^2$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$6,5 \cdot 10^5$	$6,5 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^9$



Europium - 152

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	344	27	388	2	75	19		
E2	1112	14	699	14	114	11		
E3	1408	21	1478	8				
% omis		99		4		8		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,5.10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,2.10^{-6}$ γ et X
dp $2,0.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁷

100 cm

au contact $7,6.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,2.10^{-3}$

au contact $6,0.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $3,9.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $4,7.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $2,4.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	$3,9.10^{-8}$
		5 µm	$2,7.10^{-8}$
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	$1,4.10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,2.10^{-6}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,1.10^2$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Foie (M)
Ingestion : Côlon

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 5,1.10^5$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 1,4.10^7$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

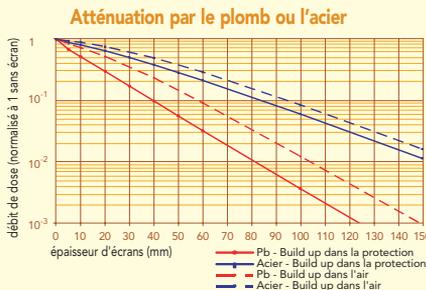
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $3,5.10^{-2}$
ds γ, X : $1,3.10^{-2}$
dp γ, X : $1,2.10^{-2}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : $2,6.10^{-1}$
ds γ, X : $4,1.10^{-2}$
dp γ, X : $3,7.10^{-2}$

Limites pratiques

$LPC_i : 2,10^1$ Bq.cm⁻²

$LPC_f : 8,10^1$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$1,4.10^5$	$1,4.10^6$	$4,6.10^5$	$4,6.10^6$	$4,6.10^8$



Europium - 154

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	123	41	571	36	73	26		
E2	998	28	841	18	115	17		
E3	1274	35	1846	11	122	4		
% omis		91		34		< 1		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	9.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,5.10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,3.10^{-6}$ γ et X
dp $2,1.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁷

100 cm

au contact $8,6.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,5.10^{-3}$

au contact $6,4.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $5,8.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $5,7.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	5,0.10 ⁻⁸
		5 µm	3,5.10 ⁻⁸
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	2,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,7.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,0.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



179

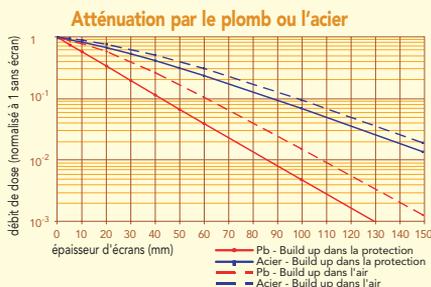
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,7
Plexiglas	7,0

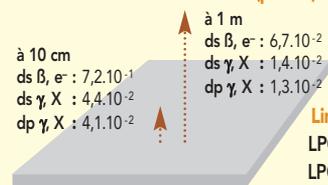
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 1,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 7,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,0.10 ⁵	1,0.10 ⁶	3,5.10 ⁵	3,5.10 ⁶	3,5.10 ⁸



Europium - 155

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	43	18	141	46	10	21		
E2	86	31	160	26	36	11		
E3	105	21	247	18	78	2		
% omis		15		10		72		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	3.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,5.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻⁸

100 cm

au contact 6,9.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 8,7.10⁻⁵

au contact 3,7.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,5.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,3.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,8.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	Données pratiques	
		R	f ₁
Tous composés	1 μm	M	6,5.10 ⁻⁹
		L	4,7.10 ⁻⁹
	5 μm	M	4,7.10 ⁻⁹
		L	3,2.10 ⁻¹⁰
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	3,2.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,2.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,1.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



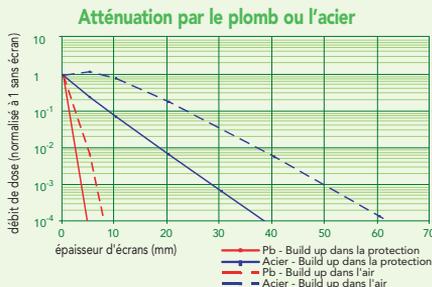
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,3
Plexiglas	0,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,1.10⁻⁴
dp γ, X : 9,2.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,6.10⁻²
ds γ, X : 2,8.10⁻³
dp γ, X : 2,8.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 1.10² Bq.cm⁻²

LPC_f 1.10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	9,2.10 ⁵	9,2.10 ⁶	3,1.10 ⁶	3,1.10 ⁷	3,1.10 ⁹



Europium - 156

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	812	10	266	11	39	14		
E2	1231	9	487	32	88	5		
E3	2187	4	2453	27				
% omis		94		28		24		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,9.10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,1.10^{-6}$ γ et X
dp $2,0.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $2,0.10^{-7}$

au contact : $1,2.10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $1,7.10^{-3}$

au contact : $6,7.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,5.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $6,3.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	3,3.10 ⁻⁹
		5 µm	3,0.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	2,2.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
2,5.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		2,5.10 ³ Bq.m ⁻³
Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace Inhalation : Pouxons (M) Ingestion : Côlon		

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $6,1.10^6$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $9,1.10^6$

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



181

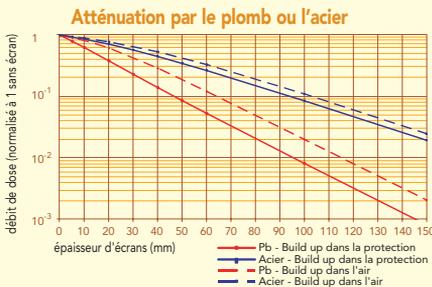
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

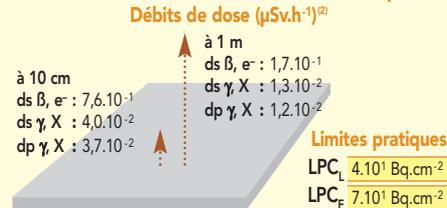
Verre	5,4
Plexiglas	10,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)



- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	5,3.10 ⁵	5,3.10 ⁶	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁹



Gadolinium - 153

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	44	126			5	113		
E2	97	31			21	12		
E3	103	22			55	32		
% omis		< 1				15		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	9.10 ¹²

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 3,5.10⁻⁷ γ et X
dp 3,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

4,0.10⁻⁸

100 cm

au contact 1,7.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,9.10⁻⁴

au contact 8,8.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 5,5.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,3.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés non spécifiés	R	1 μm	2,1.10 ⁻⁹
		5 μm	2,5.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	M	1 μm	1,9.10 ⁻⁹
		5 μm	1,4.10 ⁻⁹
	L	1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,0005	2,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,3.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 8,0.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 7,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



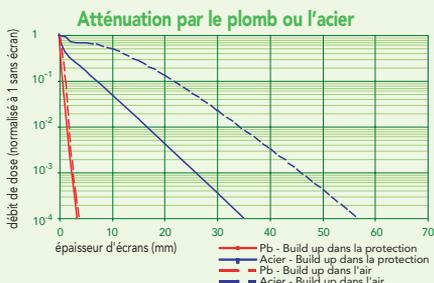
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 2,2.10 ⁻³
	dp γ, X : 2,2.10 ⁻³
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 6,6.10 ⁻³
	dp γ, X : 6,6.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC _d	2,10 ² Bq.cm ²
LPC _f	5,10 ² Bq.cm ²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	6,5.10 ⁶	6,5.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	2,4.10 ⁶	2,4.10 ⁷	7,9.10 ⁶	7,9.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Terbium - 160

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	879	29	569	46	5	40		
E2	966	24	867	25	33	21		
E3	1178	14	1747	5	78	32		
% omis		91		22		< 1		

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,8.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,9.10⁻⁶ γ et X
dp 1,8.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷

100 cm

au contact 7,1.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,4.10⁻³

au contact 5,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 4,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,9.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	6,6.10 ⁻⁹
		5 µm	5,4.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	1,6.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Pouxons (M)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,0.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	3,7
Plexiglas	6,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,3.10⁻²
ds γ, X : 1,2.10⁻²
dp γ, X : 1,1.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,2.10⁻¹
ds γ, X : 3,6.10⁻²
dp γ, X : 3,4.10⁻²

Limites pratiques
LPC_i 4,10¹ Bq.cm²
LPC_f 9,10¹ Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹



Holmium - 166m

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	711	54	32	17	23	22		
E2	752	12	72	73	70	50		
E3	810	57	1314	3	126	15		
% omis		205		4		90		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁵ β et e⁻
ds 3,3.10⁻⁶ γ et X
dp 3,0.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,3.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,1.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,7.10⁻³

au contact 9,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 4,9.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 8,4.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	1,1.10 ⁻⁷
		5 µm	7,8.10 ⁻⁸
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	
Tous composés		0,0005	2,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Pancréas (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



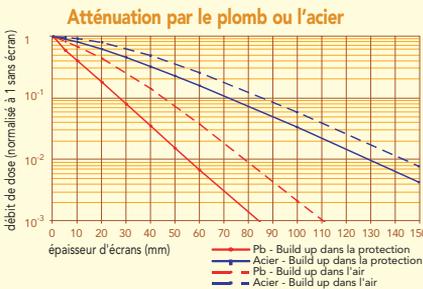
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,5
Plexiglas	4,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,2.10⁻²
ds γ, X : 2,0.10⁻²
dp γ, X : 1,8.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,2.10⁻¹
ds γ, X : 6,2.10⁻²
dp γ, X : 5,6.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i : 6 Bq.cm⁻²

LPC_f : 6.10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,3.10 ⁴	5,3.10 ⁵	1,8.10 ⁵	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁸



Erbium - 169

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	8	< 1	344	42	6	44		
E2	110	< 0,1	352	58				
E3								
% omis		0		0		0		

Quantité en Bq		1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ⁴

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,5.10^{-5}$ β et e⁻
ds $3,1.10^{-12}$ γ et X
dp $3,1.10^{-12}$ γ et X

flacon 10 ml

3,3.10⁻¹³

100 cm

au contact 1,4.10⁻⁹

bécher 50 ml

au col 1,0.10⁻⁴

au contact 1,0.10⁻⁹

Seringue 5 ml

au contact 4,6.10⁻⁹

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,8.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	9,8.10 ⁻¹⁰
		5 µm	9,2.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	3,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

9,2.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	8,5.10 ⁻³ Bq.m ⁻³
---	---

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 5,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,5
Plexiglas	0,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Pb - Build up dans la protection
2) Acier - Build up dans la protection
3) Pb - Build up dans l'air
4) Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,9.10⁻⁸
dp γ, X : 1,9.10⁻⁸

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,8.10⁻¹
ds γ, X : 5,8.10⁻⁸
dp γ, X : 5,8.10⁻⁸

Limites pratiques

LPC_β 2,10² Bq.cm⁻²
LPC_γ 2,10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	5,3.10 ⁶	5,3.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Thulium - 170

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	52	3	883	24	22	5		
E2	59	1	968	76	74	12		
E3	84	3			82	3		
% omis		4		0		13		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,3.10⁻⁸ γ et X
dp 1,3.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻⁹

100 cm

au contact 6,7.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 5,6.10⁻⁴

au contact 3,4.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 2,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 8,8.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	6,6.10 ⁻⁹
		5 µm	5,2.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	1,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,1.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,0.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

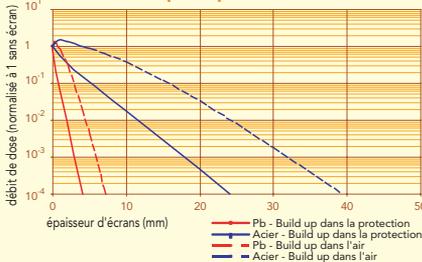
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,7
Plexiglas	3,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 9,6.10⁻²
ds γ, X : 8,3.10⁻⁵
dp γ, X : 8,3.10⁻⁵

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,1
ds γ, X : 2,5.10⁻⁴
dp γ, X : 2,5.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_β 5,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_γ 1,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	3,8.10 ⁵	3,8.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹



Thulium - 171

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	52	< 1	30	2	56	2		
E2	59	< 1	97	98				
E3	67	< 1						
% omis		< 1		0		1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁸
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	4.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 2,0.10⁻⁹ γ et X
dp 2,0.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻¹⁰

100 cm

au contact 1,0.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 1,1.10⁻⁶

au contact 4,7.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 3,1.10⁻⁶

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,9.10⁻⁵

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,9.10⁻⁵

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	1,3.10 ⁻⁹
		5 µm	9,1.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	1,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,4.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (M)
 Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁻⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁻⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 — Pb - Build up dans l'air
 — Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : 1,2.10⁻⁵
 dp γ, X : 1,2.10⁻⁵

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : 3,7.10⁻⁵
 dp γ, X : 3,7.10⁻⁵

Limites pratiques

LPC_d 6.10² Bq.cm⁻²
 LPC_f 6.10⁴ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	4,8.10 ⁶	4,8.10 ⁷	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁸	1,6.10 ¹⁰



Ytterbium - 169

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	51	94			50	35		
E2	198	35			118	10		
E3	308	11			139	13		
% omis		193				70		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹²
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,8.10^{-7}$ β et e⁻
ds $7,4.10^{-7}$ γ et X
dp $7,3.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $6,4.10^{-8}$

au contact : $3,4.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $4,3.10^{-4}$

au contact : $2,1.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,0.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : $6,1.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $4,5.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	$2,4.10^{-9}$
		5 µm	$2,1.10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 µm	$2,8.10^{-9}$
		5 µm	$2,4.10^{-9}$
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	$7,1.10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ : $6,1.10^{-7}$ µSv.h⁻¹ par Bq.m⁻³ LPCA^{(2),(3)} : $3,0.10^3$ Bq.m⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : $7,1.10^6$

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : $2,8.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



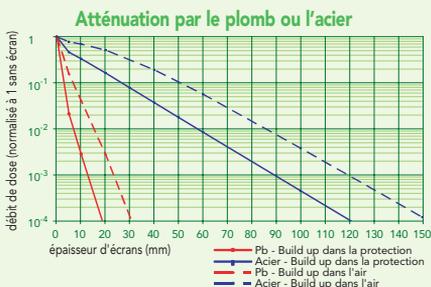
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 0 ; ds γ, X : $4,6.10^{-3}$; dp γ, X : $4,3.10^{-3}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $4,7.10^{-2}$; ds γ, X : $1,4.10^{-2}$; dp γ, X : $1,4.10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_α : $9,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_β : $2,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$1,6.10^6$	$1,6.10^7$	$5,3.10^6$	$5,3.10^7$	$5,0.10^9$
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	$1,4.10^6$	$1,4.10^7$	$4,8.10^6$	$4,8.10^7$	$4,8.10^9$



Lutétium - 177m / Lutétium - 177

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	328	18	152	79	5	60		
E2	379	28	384	2	45	51		
E3	419	20	497	17	95	41		
% omis		450		12		60		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,4.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,5.10⁻⁶ γ et X
dp 2,1.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,9.10⁻⁷

100 cm

au contact 7,9.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,3.10⁻³

au contact 5,9.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,2.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,7.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g) père		h(g) filiat.	
	R	1 µm 5 µm		
Tous composés non spécifiés	M	1 µm 5 µm	1,2.10 ⁻⁸ 1,0.10 ⁻⁸	1,2.10 ⁻⁸ 1,0.10 ⁻⁸
	L	1 µm 5 µm	1,5.10 ⁻⁸ 1,2.10 ⁻⁸	1,5.10 ⁻⁸ 1,2.10 ⁻⁸
Oxydes, hydroxydes et fluorures				
Ingestion				
	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés	0,0005	1,7.10 ⁻⁹	1,8.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	1,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	5,5.10 ² Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Pouxons (M-L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



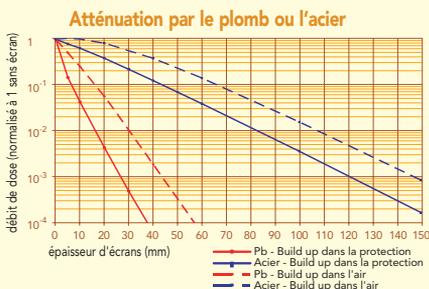
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,7
Plexiglas	1,3

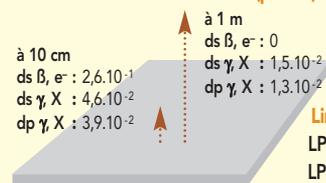
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC₃ 3,10¹ Bq.cm²

LPC_F 8,10¹ Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	1,1.10 ⁶	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	2,9.10 ⁵	2,9.10 ⁶	9,7.10 ⁵	9,7.10 ⁶	9,7.10 ⁸



Lutétium - 177

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	55	5	208	11	6	9		
E2	113	6	384	9	48	5		
E3	208	11	497	79	110	9		
% omis		5		< 1		4		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
Transport (Bq)	
A1	3.10 ¹³
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,3.10⁻⁵ β et e⁻
ds 7,0.10⁻⁸ γ et X
dp 7,0.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

7,0.10⁻⁹

100 cm

au contact 2,9.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 2,4.10⁻⁴

au contact 2,2.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 1,0.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,6.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	1,0.10 ⁻⁹
		5 µm	1,0.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	L	1 µm	1,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,1.10 ⁻⁹
Ingestion			
		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	5,3.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,5.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



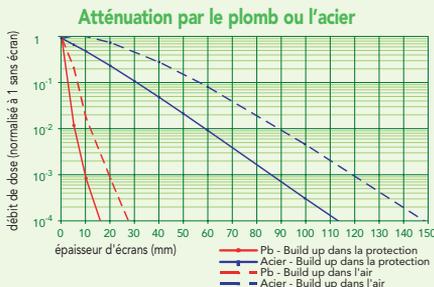
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,7
Plexiglas	1,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 4,3.10 ⁻⁴
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 5,7.10 ⁻¹
	ds γ, X : 1,3.10 ⁻³
	dp γ, X : 1,3.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC ₁	1,10 ² Bq.cm ²
LPC ₂	2,10 ³ Bq.cm ²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	8,6.10 ⁵	8,6.10 ⁶	2,9.10 ⁶	2,9.10 ⁷	2,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes et fluorures	0,01	8,5.10 ⁵	8,5.10 ⁶	2,8.10 ⁶	2,8.10 ⁷	2,8.10 ⁹



Hafnium - 181

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1	133	42	407	93	65	21	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
E2	346	17	403	7	121	24	Transport (Bq)	
E3	482	83			415	2	A1	2.10 ¹²
% omis		50		0		50	A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 6,3.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁶ γ et X
dp 1,0.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

9,5.10⁻⁸

100 cm

au contact 4,1.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

7,3.10⁻⁴

au contact 3,2.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Tous composés non spécifiés	R	1 µm 1,4.10 ⁻⁹
		5 µm 1,8.10 ⁻⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, carbures et nitrates	M	1 µm 4,7.10 ⁻⁹
		5 µm 4,1.10 ⁻⁹
	L	1 µm
		5 µm

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,002	1,1.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,8.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (L)
 Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,3.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,6
Plexiglas	1,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
 — Acier - Build up dans la protection
 - - Pb - Build up dans l'air
 - - Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : 6,6.10⁻³
 dp γ, X : 6,3.10⁻³

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 4,5.10⁻¹
 ds γ, X : 2,0.10⁻²
 dp γ, X : 1,9.10⁻²

Limites pratiques
 LPC_β 5,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,8.10 ⁵	6,8.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, carbures et nitrates	0,01	5,2.10 ⁵	5,2.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Tantale - 182

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	1121	35	258	29	15	16		
E2	1189	16	437	21	31	13		
E3	1226	39	522	41	88	33		
% omis		160		6		40		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	9.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $5,8 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $1,8 \cdot 10^{-7}$

au contact : $7,6 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $2,8 \cdot 10^{-4}$

au contact : $6,0 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $3,0 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $4,3 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 μm	5 μm
Tous composés non spécifiés	M	1 μm	$7,2 \cdot 10^{-9}$
		5 μm	$5,8 \cdot 10^{-9}$
Oxydes, hydroxydes, halogénures, carbures, nitrates et nitrides	L	1 μm	$9,7 \cdot 10^{-9}$
		5 μm	$7,4 \cdot 10^{-9}$

Ingestion	f ₁		e(g)
	Tous composés		
		0,001	$1,5 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,3 \cdot 10^{-6}$ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$8,6 \cdot 10^2$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $2,1 \cdot 10^6$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $1,3 \cdot 10^7$

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



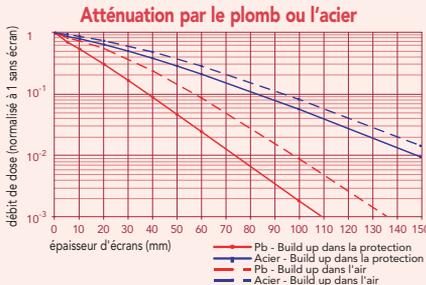
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : $2,2 \cdot 10^{-4}$
ds γ, X : $1,4 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $1,2 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm :
ds β, e⁻ : $4,9 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $4,2 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $3,7 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_β : $3,10^1$ Bq.cm⁻²

LPC_γ : $8,10^1$ Bq.cm⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$3,9 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^8$
Ta élém., oxy., hydro., halogén., carbures, nitrates et nitrides	0,01	$3,4 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^8$



Rhénium - 186

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	59	3	936	22	63	4		
E2	63	2	1077	72	124	6		
E3	137	9			134	2		
% omis		11		< 1		2		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 4,3.10⁻⁸ γ et X
dp 4,3.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

4,0.10⁻⁹

100 cm

au contact 2,0.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 6,1.10⁻⁴

au contact 1,3.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 3,6.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 9,1.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	5,3.10 ⁻¹⁰
		5 µm	7,3.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	1,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,2.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,800	1,5.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,8.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Estomac (R), poumons (M)
 Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,8
Plexiglas	3,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

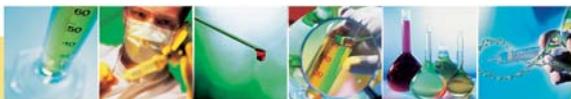
à 1 m
ds β, e⁻ : 1,2.10⁻¹
ds γ, X : 2,7.10⁻⁴
dp γ, X : 2,7.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,0
ds γ, X : 8,1.10⁻⁴
dp γ, X : 8,1.10⁻⁴

Limites pratiques
 LPC_β 9,10¹ Bq.cm⁻²
 LPC_γ 7,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,6.10 ⁵	5,6.10 ⁶	1,9.10 ⁶	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	5,4.10 ⁵	5,4.10 ⁶	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁹



Rhénium - 188

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	63	2	1962	25	81	5		
E2	155	15	2118	72	142	6		
E3	633	1						
% omis		8		3		0		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹¹
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁷ γ et X
dp 1,1.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,0.10⁻⁸
100 cm
au contact 7,0.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

1,5.10⁻³
au contact 4,5.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,9.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,3
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,3

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	R	1 µm	4,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm	6,6.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	M	1 µm	5,5.10 ⁻¹⁰
		5 µm	7,4.10 ⁻¹⁰
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	e(g)
Tous composés		0,800	1,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	1,1.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	1,1.10 ⁴ Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Thyroïde (R-M 5µm), poumons (M 1µm)
Ingestion : Thyroïde

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



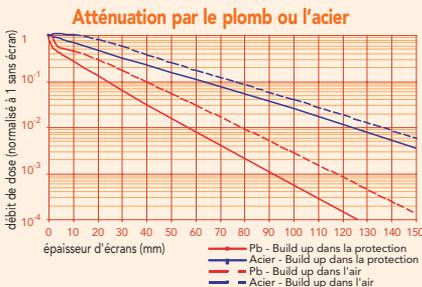
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,4
Plexiglas	8,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 4,8.10⁻¹
ds γ, X : 6,7.10⁻⁴
dp γ, X : 6,5.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,3
ds γ, X : 2,1.10⁻³
dp γ, X : 2,0.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 6,10¹ Bq.cm²

LPC_f 2,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	0,01	6,2.10 ⁵	6,2.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹



Osmium - 185

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	65	51			7	57		
E2	646	80			47	3		
E3	878	11			574	1		
% omis		51				< 2		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $9,6.10^{-7}$ β et e⁻
ds $1,4.10^{-6}$ γ et X
dp $1,3.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,2.10⁻⁷

100 cm

au contact $5,1.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $7,0.10^{-4}$

au contact $4,0.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $2,0.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $5,7.10^{-2}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $4,0.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composés non spécifiés	R	1 µm	1,1.10 ⁻⁹
		5 µm	1,4.10 ⁻⁹
Halogénures et nitrates	M	1 µm	1,2.10 ⁻⁹
		5 µm	1,0.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,5.10 ⁻⁹
		5 µm	1,1.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,01	5,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,4.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	5,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Foie (R 1µm),
voies respiratoires supérieures (R-M-L 5µm),
poumons (L 1µm)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,3.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,9.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

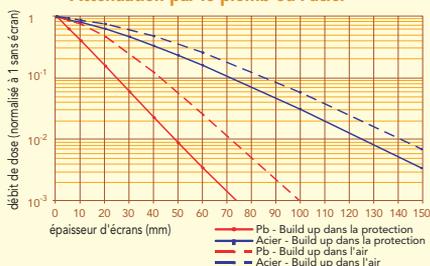
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,9
Plexiglas	1,6

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,2.10⁻³
ds γ, X : 8,3.10⁻³
dp γ, X : 7,9.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4.10⁻²
ds γ, X : 2,5.10⁻²
dp γ, X : 2,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC ₁	1.10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _F	1.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	5,0.10 ⁶	5,0.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Halogénures et nitrates	0,01	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	5,3.10 ⁶	5,3.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	4,9.10 ⁶	4,9.10 ⁷	4,9.10 ⁹



Osmium - 191

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	64	44	139	100	28	71		
E2	74	12			39	29		
E3	129	26			53	57		
% omis		44		0		110		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	2.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,5.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁸

100 cm

au contact 7,4.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 9,5.10⁻⁵

au contact 5,3.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,4.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,7.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Tous composé non spécifiés	R	1 µm	2,5.10 ⁻¹⁰
		5 µm	3,5.10 ⁻¹⁰
Halogénures et nitrates	M	1 µm	1,5.10 ⁻⁹
		5 µm	1,3.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,8.10 ⁻⁹
		5 µm	1,5.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,01	5,7.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,3.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Reins (R 1µm),
voies respiratoires supérieures (R 5µm),
poumons (M-L)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,5.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

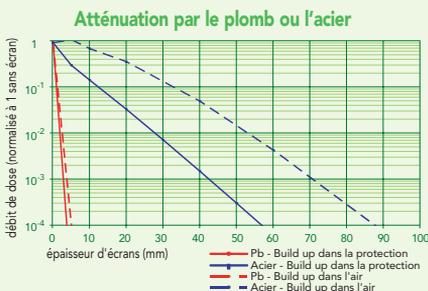
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,1
Plexiglas	0,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,7.10⁻⁴
dp γ, X : 9,7.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,9.10⁻³
dp γ, X : 2,9.10⁻³

Limites pratiques

LPC _d	2,10 ² Bq.cm ⁻²
LPC _f	1,10 ³ Bq.cm ⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	9,3.10 ⁶	9,3.10 ⁷	3,1.10 ⁷	3,1.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Halogénures et nitrates	0,01	3,4.10 ⁶	3,4.10 ⁷	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	2,9.10 ⁶	2,9.10 ⁷	9,8.10 ⁶	9,8.10 ⁷	5,0.10 ⁹



Iridium - 192

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	317	83	256	6	230	2		
E2	468	48	536	41	238	5		
E3	604	8	672	48	303	2		
% omis		92		< 1		8		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 8,4.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,6.10⁻⁶ γ et X
dp 1,5.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁷

100 cm

au contact 6,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 1,2.10⁻³

au contact 4,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,2.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,9

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 6,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	1,8.10 ⁻⁹
		5 µm	2,2.10 ⁻⁹
Iridium métallique, halogénures et nitrates	M	1 µm	4,9.10 ⁻⁹
		5 µm	4,1.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	6,2.10 ⁻⁹
		5 µm	4,9.10 ⁻⁹
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,010	1,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
1,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		1,3.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Foie (R 1µm), reins (R 5µm), poumons (M-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



197

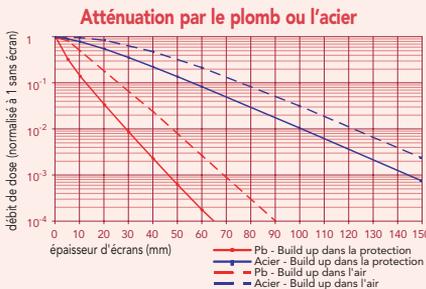
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,9

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 9,9.10⁻³
ds γ, X : 1,0.10⁻²
dp γ, X : 9,6.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,6.10⁻¹
ds γ, X : 3,1.10⁻²
dp γ, X : 2,9.10⁻²

Limites pratiques

LPC_d 4,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,0.10 ⁵	5,0.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	5,0.10 ⁸
Iridium métallique, halogénures et nitrates	0,01	4,1.10 ⁵	4,1.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	5,0.10 ⁸
Oxydes et hydroxydes	0,01	3,8.10 ⁵	3,8.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	5,0.10 ⁸



Or - 198

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	412	96	285	1	8	2		
E2	676	< 1	961	99	329	3		
E3	1088	< 1			397	1		
% omis		< 1		0		< 1		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹²
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 7,9.10⁻⁷ γ et X
dp 7,6.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

6,7.10⁻⁸

100 cm

au contact 2,9.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 9,3.10⁻⁴

au contact 2,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,6.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 9,5.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
Composés non spécifiés	R	1 µm 2,3.10 ⁻¹⁰
		5 µm 3,9.10 ⁻¹⁰
Halogénures et nitrates	M	1 µm 7,6.10 ⁻¹⁰
		5 µm 9,8.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm 8,4.10 ⁻¹⁰
		5 µm 1,1.10 ⁻⁹

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,100	1,0.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
8,1.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M 5µm-L 5µm),
poumons (M 1µm-L 1µm)

Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,0.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,6
Plexiglas	3,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 8,2.10⁻²
ds γ, X : 4,9.10⁻³
dp γ, X : 4,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,1
ds γ, X : 1,5.10⁻²
dp γ, X : 1,4.10⁻²

Limites pratiques

LPC_β 7,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_γ 2,10² Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹
Halogénures et nitrates	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,01	4,8.10 ⁵	4,8.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁹



Mercure - 197

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	69	37			7	90		
E2	77	19			63	61		
E3	191	< 1			74	21		
% omis		89				3		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	1.10 ¹³

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,5.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁸

100 cm

au contact 7,6.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 8,2.10⁻⁵

au contact 4,8.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 2,2.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 9,8.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,8.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Sulfates	R	6,0.10 ⁻¹¹	1,0.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures, nitrates et sulfures	M	1 µm	2,9.10 ⁻¹⁰
		5 µm	2,8.10 ⁻¹⁰
Composés organiques	Rorg	1 µm	5,0.10 ⁻¹¹
		5 µm	8,5.10 ⁻¹¹
Vapeur de mercure	d	4,4.10 ⁻⁹	
Ingestion		f ₁	e(g)
Méthylmercure		1	9,9.10 ⁻¹¹
Composés organiques non spécifiés		0,400	1,7.10 ⁻¹⁰
Tous composés inorganiques		0,02	2,3.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,3.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,9.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M et vapeurs)
Ingestion : Côlon, reins (méthylmercure)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,5.10⁶

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,7.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



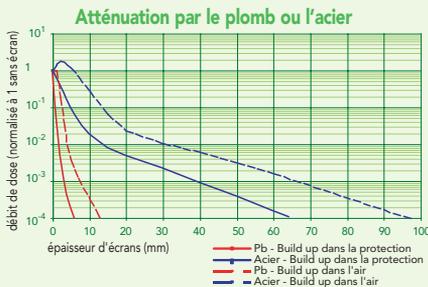
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,5.10⁻⁴
dp γ, X : 9,5.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,8.10⁻³
dp γ, X : 2,8.10⁻³

Limites pratiques

LPC₂₀ 2,10² Bq.cm²

LPC_F 1,10³ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés organiques et div. inorganiques dont sulfates	0,01	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	5,0.10 ⁷	5,0.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, nitrates et sulfures	0,01	1,0.10 ⁷	1,0.10 ⁸	3,4.10 ⁷	3,4.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Vapeur de mercure	1	interdit	7,1.10 ⁶	interdit	2,4.10 ⁷	2,4.10 ⁹



Mercure - 203

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	71	4	212	100	194	17		
E2	73	6			264	4		
E3	279	82			275	1		
% omis		3		0		2		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹²
A2	1.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,3 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $5,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $4,4 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

4,0.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,8.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 3,9.10⁻⁴
au contact 1,4.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 6,3.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 8,9.10⁻¹
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,0.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Sulfates	R	4,7.10 ⁻¹⁰	5,9.10 ⁻¹⁰
Oxydes, hydroxydes, halogénures, nitrates et sulfures	M	1 µm	2,3.10 ⁻⁹
		5 µm	1,9.10 ⁻⁹
Composés organiques	Rorg	1 µm	5,7.10 ⁻¹⁰
		5 µm	7,5.10 ⁻¹⁰
Vapeurs de mercure	d	7,0.10 ⁻⁰⁹	

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Méthylmercure	Composés organiques non spécifiés
Méthylmercure	1,000	1,9.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁹
Composés organiques non spécifiés	0,400	1,1.10 ⁻⁹	5,4.10 ⁻¹⁰
Tous composés inorganiques	0,02	5,4.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2), (3)}
4,4.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Reins (composés organiques), poumons (M et vapeurs)
Ingestion : Côlon, reins (composés organiques)

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,9.10⁶
 Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



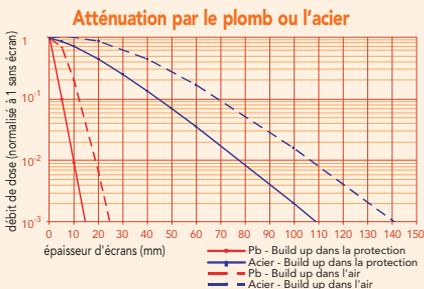
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

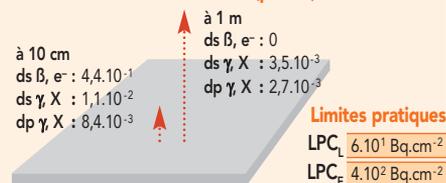
Verre	0,3
Plexiglas	0,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²) Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés organiques et div. inorganiques dont sulfates	0,01	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	6,1.10 ⁶	6,1.10 ⁷	5,0.10 ⁹
Oxydes, hydroxydes, halogénures, nitrates, et sulfures	0,01	1,2.10 ⁶	1,2.10 ⁷	4,1.10 ⁶	4,1.10 ⁷	4,1.10 ⁹
vapeur de mercure	1	interdit	8,0.10 ⁵	interdit	2,7.10 ⁶	2,7.10 ⁸



Thallium - 201

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	71	47			16	10		
E2	135	3			84	16		
E3	167	10			153	3		
% omis		94				28		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	4.10 ¹²

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,4.10^{-8}$ β et e⁻
ds $2,0.10^{-7}$ γ et X
dp $2,0.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁸

100 cm

au contact $9,5.10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $1,1.10^{-4}$

au contact $6,3.10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $2,8.10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $2,7.10^{-1}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) $2,2.10^{-2}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	h(g)	
		R	M
Tous composés	1 µm	4,7.10 ⁻¹¹	
		7,6.10 ⁻¹¹	
	5 µm		
Ingestion	f ₁	e(g)	
		Tous composés	
	1,000	9,5.10 ⁻¹¹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,7.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
Ingestion : Reins

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁸

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,1.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

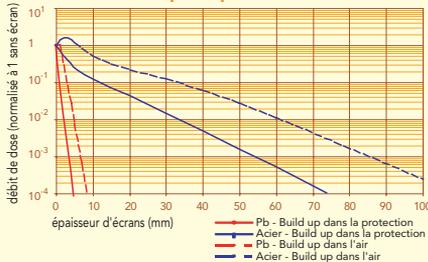
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	+
Gamma	+
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 1,2.10⁻³
dp γ, X : 1,2.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,3.10⁻²
ds γ, X : 3,7.10⁻³
dp γ, X : 3,7.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 4,10² Bq.cm²

LPC_f 8,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁸	4,3.10 ⁷	4,3.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Thallium - 204

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	69	1	763	98	8	1		
E2								
E3								
% omis		1		0		< 1		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ⁴

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹³
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $9,5 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,4 \cdot 10^{-9}$ γ et X
dp $2,4 \cdot 10^{-9}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $2,3 \cdot 10^{-10}$

au contact : $1,2 \cdot 10^{-6}$

bécher 50 ml

au col : $4,3 \cdot 10^{-4}$

au contact : $7,8 \cdot 10^{-7}$

Seringue 5 ml

au contact : $7,9 \cdot 10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $7,1 \cdot 10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	$4,4 \cdot 10^{-10}$
		5 µm	$6,2 \cdot 10^{-10}$
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	e(g)
Tous composés		1,000	$1,3 \cdot 10^{-9}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$4,6 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$1,3 \cdot 10^4$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Reins (R 1µm), voies respiratoires supérieures (R 5µm)
 Ingestion : Reins

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $3,2 \cdot 10^7$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $1,5 \cdot 10^7$

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



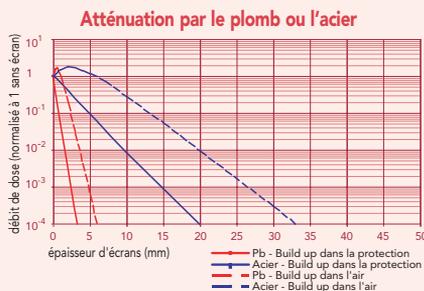
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,2
Plexiglas	2,2

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
 ds β, e⁻ : $3,6 \cdot 10^{-2}$
 ds γ, X : $1,5 \cdot 10^{-5}$
 dp γ, X : $1,5 \cdot 10^{-5}$

à 10 cm :
 ds β, e⁻ : $9,6 \cdot 10^{-1}$
 ds γ, X : $4,6 \cdot 10^{-5}$
 dp γ, X : $4,6 \cdot 10^{-5}$

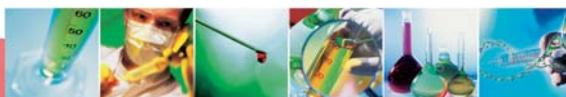
Limites pratiques

LPC _i	$1,10^2$ Bq.cm ⁻²
LPC _f	$3,10^3$ Bq.cm ⁻²

- (1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$7,3 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^8$



Plomb - 209

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1			645	100				
E2								
E3								
% omis				0				

Quantité en Bq		1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ⁵

Transport (Bq)		
A1 ⁽¹⁾		1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾		2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml
rayt de freinage

100 cm

au contact
rayt de freinage

bécher 50 ml
au col 3,9.10⁻⁴

au contact
rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact 4,8.10⁻⁴

Contamination de la peau
dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 7,6.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1,8.10 ⁻¹¹	3,2.10 ⁻¹¹
		5 µm	
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
		Tous composés

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,2.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,6.10 ⁵ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,3.10⁸

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,5.10⁸

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,0
Plexiglas	1,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émissions X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 9,2.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,6.10⁻²
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC₁ 2,10² Bq.cm²
LPC_F 6,10³ Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	7,0.10 ⁵	7,0.10 ⁶	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁷	2,3.10 ⁹



Plomb - 210 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	25	17	80	30	58	5304	100
E2	47	4	63	20	43	13		
E3	803	< 1	1161	100	46	4		
% omis		0		0		0		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹²
A2	5.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0.10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,5.10^{-7}$ γ et X
dp $1,7.10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $8,9.10^{-10}$

au contact : $4,6.10^{-6}$

bécher 50 ml

au col : $7,9.10^{-4}$

au contact : $1,9.10^{-6}$

Seringue 5 ml

au contact : $5,7.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Tous composés	R	$8,9.10^{-7}$	$1,1.10^{-6}$	$1,5.10^{-6}$
Composés du ²¹⁰ Bi et du ²¹⁰ Po	M	–	–	$3,1.10^{-6}$
	L	–	–	$2,3.10^{-6}$
		1 µm		
		5 µm		
		1 µm		
		5 µm		
Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,200	$6,8.10^{-7}$	$9,3.10^{-7}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$8,2.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,7 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $6,4.10^3$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $2,2.10^4$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



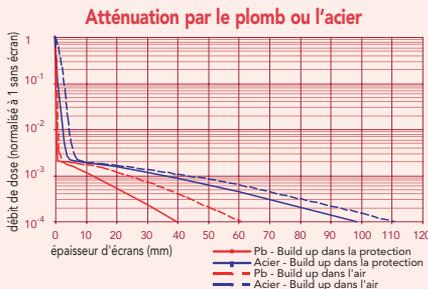
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,2
Plexiglas	3,8

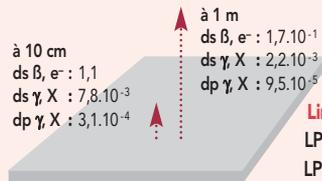
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i $2,10^{-1}$ Bq.cm⁻²

LPC_f $2,10^{-1}$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	$3,4.10^3$	$3,4.10^4$	$1,1.10^4$	$1,1.10^5$	$1,1.10^7$



Plomb - 211 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	351	13	541	5	78	2	6279	16
E2	405	3	1373	93	266	3	6623	84
E3	832	3	1422	100				
% omis		< 5		< 3		< 1		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,2.10^{-7}$ γ et X
dp $1,9.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁸
100 cm
au contact $9,1.10^{-5}$

bécher 50 ml

au col $2,1.10^{-3}$
au contact $5,8.10^{-5}$

Seringue 5 ml

au contact $2,7.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) **3,8**
goutte de 0,05 ml (1 Bq) **2,7**

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.		
		1 μm	5 μm	1 μm	5 μm	
Tous composés	M	1 μm	3,9.10 ⁻⁹	3,9.10 ⁻⁹		
		5 μm	5,6.10 ⁻⁹	5,6.10 ⁻⁹		
	L	1 μm				
		5 μm				
			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
	Tous composés		0,200	1,8.10 ⁻¹⁰	1,8.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁷ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,5.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,6.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10⁸



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

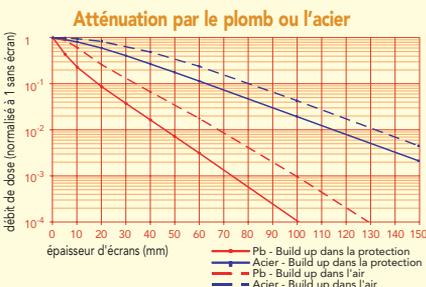
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

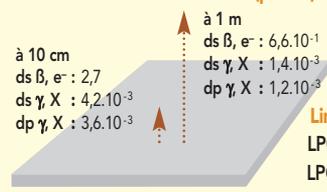
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC₁ : 3,10¹ Bq.cm²

LPC_F : 1,10² Bq.cm²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	2,6.10 ⁵	2,6.10 ⁶	8,6.10 ⁵	8,6.10 ⁶	8,6.10 ⁸



Plomb - 212 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	583	30	1519	18	148	33	6051	25
E2	1620	3	1794	20	230	7	6090	10
E3	2615	36	2246	53	495	1	8785	71
% omis		147		117		68		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	2.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,2 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $3,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

2,2.10⁻⁷
100 cm
au contact $1,2 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $2,7 \cdot 10^{-3}$
au contact $8,2 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact 4,5

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,5
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,8

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Tous composés	R	1,9.10 ⁻⁸	2,9.10 ⁻⁸	3,3.10 ⁻⁸	5,0.10 ⁻⁸
Composés du ²¹² Pb	M	-	3,3.10 ⁻⁸	-	4,3.10 ⁻⁸
	L	1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Ingestion					
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés		0,2	5,9.10 ⁻⁹	6,2.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,7.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,0.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



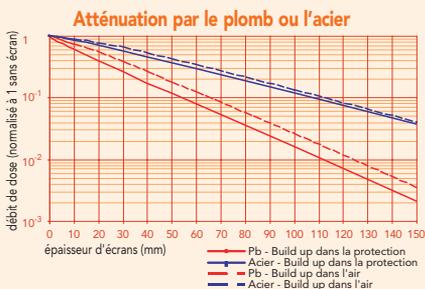
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,4.10⁻¹
ds γ, X : 1,8.10⁻²
dp γ, X : 1,5.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,9
ds γ, X : 5,6.10⁻²
dp γ, X : 4,6.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 1,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 5,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	9,7.10 ⁴	9,7.10 ⁵	3,2.10 ⁵	3,2.10 ⁶	3,2.10 ⁸



Plomb - 214 et ses 1^{er} descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	352	37	1540	55	205	7	7687	300
E2	1764	50	1892	25	261	9		
E3	2205	16	3270	53	335	2		
% omis		230		274		42		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,2 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $8,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $7,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $6,7 \cdot 10^{-7}$

au contact : $5,3 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $7,9 \cdot 10^{-3}$

au contact : $2,8 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $7,1 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 8,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 4,9

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père h(g) filiat.		
			1 µm	5 µm	
Tous composés		R	1 µm	2,9.10 ⁻⁹	2,5.10 ⁻⁸
			5 µm	4,8.10 ⁻⁹	4,2.10 ⁻⁸
Composés du ²¹⁴ Bi	M	M	1 µm	-	4,4.10 ⁻⁸
			5 µm	-	6,5.10 ⁻⁸
	L	L	1 µm		
			5 µm		
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés			0,2	1,4.10 ⁻¹⁰	4,8.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
9,4.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)

Ingestion : Estomac

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,1.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 4,1.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

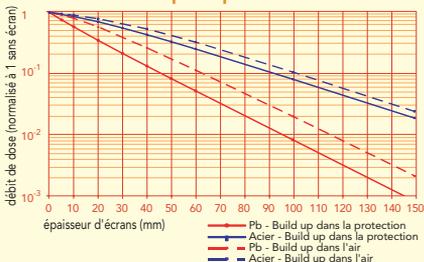
Verre	8,5
Plexiglas	15,3

Sondes⁽¹⁾

recommandées

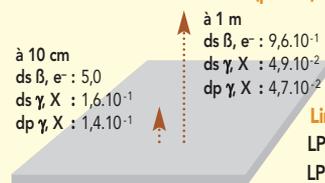
Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i : 6 Bq.cm⁻²

LPC_f : 2.10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	6,7.10 ⁴	6,7.10 ⁵	2,2.10 ⁵	2,2.10 ⁶	2,2.10 ⁸



Bismuth - 207

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	570	98			482	2		
E2	1064	75			976	7		
E3	1770	7			1048	2		
% omis		89				55		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,7.10⁻⁶ β et e⁻
ds 3,4.10⁻⁶ γ et X
dp 2,6.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,3.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,0.10⁻³

bécher 50 ml

au col 1,8.10⁻³

au contact 8,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 8,2.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,2.10⁻¹

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,4.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Nitrate de bismuth	R	1 µm	5,2.10 ⁻¹⁰
		5 µm	8,4.10 ⁻¹⁰
Composés non spécifiés	M	1 µm	5,2.10 ⁻⁹
		5 µm	3,2.10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,05	1,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,6.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures(R), poumons (M)
Ingestion : Gros intestin inférieur

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 3,8.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



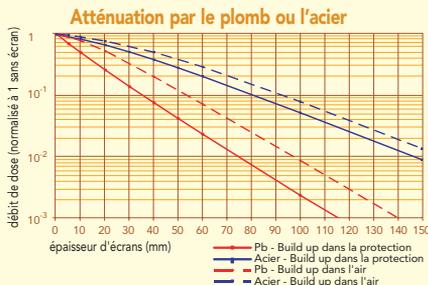
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,8
Plexiglas	3,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 8,4.10⁻²
ds γ, X : 2,0.10⁻²
dp γ, X : 1,6.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,7.10⁻¹
ds γ, X : 6,3.10⁻²
dp γ, X : 4,9.10⁻²

Limites pratiques

LPC _i	4,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _f	6,10 ¹ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Nitrate de bismuth	0,01	8,8.10 ⁵	8,8.10 ⁶	2,9.10 ⁶	2,9.10 ⁷	2,9.10 ⁹
Composés non spécifiés	0,01	5,5.10 ⁵	5,5.10 ⁶	1,8.10 ⁶	1,8.10 ⁷	1,8.10 ⁹



Bismuth - 210

Principales émissions						Seuils d'exemption		
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁶
E1			1161	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	1.10 ¹²
% omis			0				A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col $6,5 \cdot 10^{-4}$

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact $5,4 \cdot 10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Nitrate de bismuth	R	1,1.10 ⁻⁹	1,4.10 ⁻⁹
		5 µm	1,4.10 ⁻⁹
Composés non spécifiés	M	1 µm	8,4.10 ⁻⁸
		5 µm	6,0.10 ⁻⁸
	L	1 µm	
		5 µm	

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,05	1,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$8,2 \cdot 10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$9,9 \cdot 10^1$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Gros intestin inférieur (R), poumons (M)
 Ingestion : Gros intestin inférieur

$Al_{20inhalation} (Bq)^{(2)} : 2,4 \cdot 10^5$

$Al_{20ingestion} (Bq)^{(2)} : 1,5 \cdot 10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,2
Plexiglas	3,8

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émissions X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,1
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,7.10⁻¹
ds γ, X : sans objet
dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC _i	9 Bq.cm ⁻²
LPC _f	6.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Nitrate de bismuth	0,01	6,4.10 ⁵	6,4.10 ⁶	2,1.10 ⁶	2,1.10 ⁷	2,1.10 ⁹
Composés non spécifiés	0,01	6,8.10 ⁴	6,8.10 ⁵	2,3.10 ⁵	2,3.10 ⁶	2,3.10 ⁸



Bismuth - 212 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	583	32	1519	17	25	19	6051	25
E2	727	12	1794	19	189	1	6090	10
E3	2615	38	2246	48	495	1	8785	64
% omis		32		< 3		18		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹¹
A2	6.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 7,3.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,3.10⁻⁶ γ et X
dp 2,0.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,1.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,1.10⁻³
au contact 6,9.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,0.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,5
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Nitrate de bismuth	R		1 µm	9,3.10 ⁻⁹	9,3.10 ⁻⁹	
			5 µm	1,5.10 ⁻⁸	1,5.10 ⁻⁸	
Composés non spécifiés	M		1 µm	3,0.10 ⁻⁸	3,0.10 ⁻⁸	
			5 µm	3,9.10 ⁻⁸	3,9.10 ⁻⁸	
	L		1 µm			
			5 µm			
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés			0,05	2,6.10 ⁻¹⁰	2,6.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,7.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Estomac

Al ₂₀ inhalation (Bq) ⁽²⁾ : 5,1.10 ⁵
Al ₂₀ ingestion (Bq) ⁽²⁾ : 7,7.10 ⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



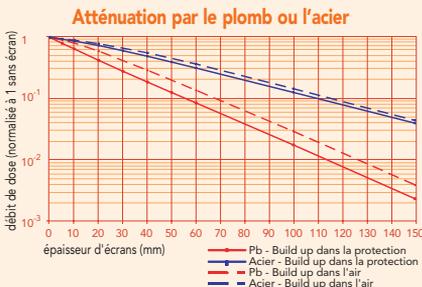
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 3,1.10⁻¹
ds γ, X : 1,4.10⁻²
dp γ, X : 1,3.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,0
ds γ, X : 4,3.10⁻²
dp γ, X : 3,9.10⁻²

Limites pratiques

LPC ₁	1,10 ¹ Bq.cm ⁻²
LPC _F	6,10 ¹ Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Nitrate de bismuth	0,01	2,5.10 ⁵	2,5.10 ⁶	8,2.10 ⁵	8,2.10 ⁶	8,2.10 ⁸
Composés non spécifiés	0,01	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁶	4,2.10 ⁵	4,2.10 ⁶	4,2.10 ⁸



Bismuth - 213 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	117	2	980	32	8	3	5549	< 1
E2	440	28	1420	64	347	4	5870	2
E3	1567	2	1825	2			8377	100
% omis		4		101		< 1		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	4.10 ¹⁰
A2 ⁽¹⁾	3.10 ⁸

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,4.10^{-4}$ β et e⁻
ds $4,1.10^{-7}$ γ et X
dp $3,4.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻⁸
100 cm
au contact $1,4.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,9.10^{-3}$
au contact $1,0.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,2.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) **5,2**
goutte de 0,05 ml (1 Bq) **2,9**

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Nitrate de bismuth	R		1 µm	1,1.10 ⁻⁸	1,1.10 ⁻⁸	
			5 µm	1,8.10 ⁻⁸	1,8.10 ⁻⁸	
Composés non spécifiés	M		1 µm	2,9.10 ⁻⁸	2,9.10 ⁻⁸	
			5 µm	4,1.10 ⁻⁸	4,1.10 ⁻⁸	
	L		1 µm			
			5 µm			
Ingestion			f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés			0,05	2,0.10 ⁻¹⁰	3,2.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,0.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R-M)
Ingestion : Estomac

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,9.10⁵

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 6,2.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



211

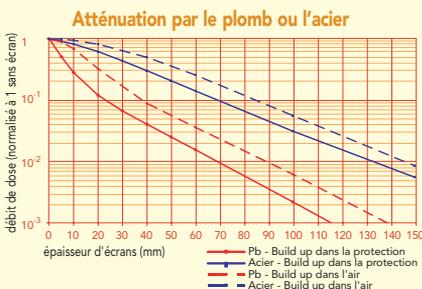
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

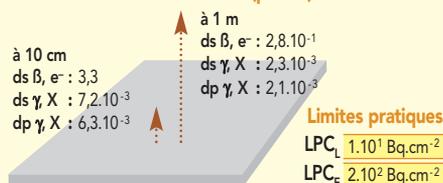
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
Nitrate de bismuth	0,01	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁶	4,4.10 ⁵	4,4.10 ⁶	4,4.10 ⁸
Composés non spécifiés	0,01	8,9.10 ⁴	8,9.10 ⁵	3,0.10 ⁵	3,0.10 ⁶	3,0.10 ⁸



Polonium - 210

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	803	< 1					5304	100
E2								
E3								
% omis								< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹³
A2	2.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds sans objet β et e⁻
ds $1,6.10^{-11}$ γ et X
dp $1,5.10^{-11}$ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻¹²
100 cm
au contact $5,6.10^{-9}$

bécher 50 ml

au col $7,8.10^{-9}$
au contact $4,5.10^{-9}$

Seringue 5 ml

au contact $2,2.10^{-8}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $4,7.10^{-7}$
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $3,0.10^{-7}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
Composés non spécifiés	R	1 µm	$6,0.10^{-7}$
		5 µm	$7,1.10^{-7}$
Oxydes, hydroxydes et nitrates	M	1 µm	$3,0.10^{-6}$
		5 µm	$2,2.10^{-6}$
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁ e(g)	
Tous composés		0,100	$2,4.10^{-7}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$1,7.10^{-11}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,8 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Reins (R), poumons (M)
Ingestion : Reins

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $6,7.10^3$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $8,3.10^4$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



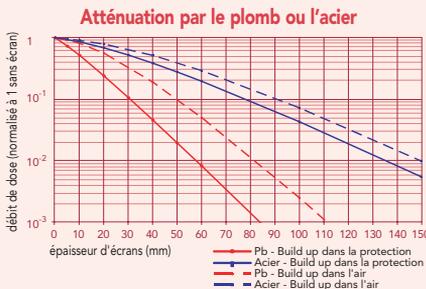
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	sans objet
Plexiglas	sans objet

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : sans objet
ds γ, X : $9,5.10^{-8}$
dp γ, X : $8,9.10^{-8}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : sans objet
ds γ, X : $2,9.10^{-7}$
dp γ, X : $2,7.10^{-7}$

Limites pratiques

LPC_i $3,10^{-1}$ Bq.cm⁻²

LPC_f $3,10^{-1}$ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	$8,8.10^3$	$8,8.10^4$	$2,9.10^4$	$2,9.10^5$	$2,9.10^7$
Oxydes, hydroxydes et nitrates	0,01	$2,1.10^3$	$2,1.10^4$	$6,9.10^3$	$6,9.10^4$	$6,9.10^6$



Radium - 224 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	583	30	1519	18	148	38	6288	100
E2	1620	3	1794	20	230	8	6779	100
E3	2615	36	2246	55	495	1	8785	64
% omis		150		133		75		135

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹¹
A2	2.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,3.10⁻⁴ β et e⁻
ds 3,2.10⁻⁶ γ et X
dp 2,6.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,3.10⁻⁷
100 cm
au contact 1,3.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,9.10⁻³
au contact 8,7.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,3.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,0
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,9

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g) père h(g) filiat.		
	R	1 µm	5 µm
Composés du ²¹² Pb et du ²¹² Bi		–	3,2.10 ⁻⁸
Tous composés	M	1 µm	2,9.10 ⁻⁶
	L	5 µm	2,4.10 ⁻⁶
Ingestion			
	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,2	6,5.10 ⁻⁸	7,2.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,3.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,8.10⁵

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



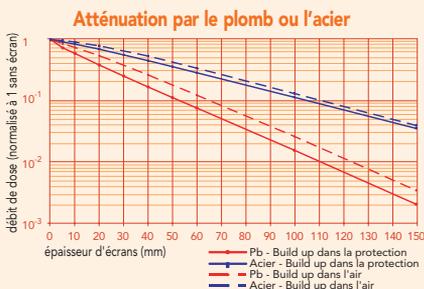
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

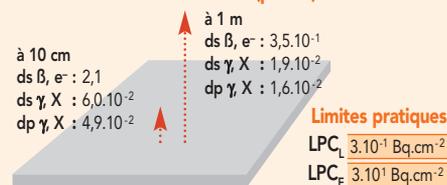
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	2,1.10 ³	2,1.10 ⁴	7,1.10 ³	7,1.10 ⁴	7,1.10 ⁶



Radium - 225 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	218	36	980	86	122	6	5829	144
E2	440	28	1420	173	200	6	7066	276
E3	1567	6	1825	6	347	11	8377	270
% omis		161		380		248		141

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹¹
A2	4.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,4 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $6,2 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,3 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,1.10⁻⁷
100 cm
au contact $5,1 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $4,6 \cdot 10^{-3}$
au contact $3,7 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $3,1 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $1,2 \cdot 10^1$
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $6,5$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Composés de l' ²²⁵ Ac et du ²¹³ Bi	R	1 µm	-	2,7.10 ⁻⁶	-
		5 µm	-	3,1.10 ⁻⁶	-
Tous composés	M	1 µm	5,8.10 ⁻⁶	2,7.10 ⁻⁵	-
		5 µm	4,8.10 ⁻⁶	2,3.10 ⁻⁵	-
Composés de l' ²²⁵ Ac	L	1 µm	-	2,4.10 ⁻⁵	-
		5 µm	-	2,0.10 ⁻⁵	-

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,2	9,5.10 ⁻⁸	1,7.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,4.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,1.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 7,4.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,2.10⁵



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

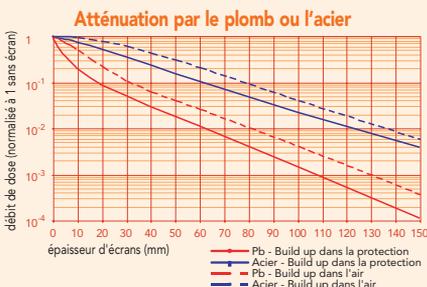
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 8,1.10⁻¹
ds γ, X : 1,5.10⁻²
dp γ, X : 8,7.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 7,5
ds γ, X : 5,1.10⁻²
dp γ, X : 2,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²
LPC_f 3 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	interdit	2,3.10 ³	interdit	7,7.10 ³	7,7.10 ⁵



Radium - 226 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	186	3	1540	18	205	7	5490	100
E2	610	46	1892	8	261	9	6003	100
E3	1764	16	3270	17	335	2	7687	100
% omis		193		356		123		200

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	2.10 ¹¹
A2	3.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $3,5 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $3,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,8 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $2,5 \cdot 10^{-7}$

au contact : $1,9 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $3,9 \cdot 10^{-3}$

au contact : $1,0 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $3,0 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 6,0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 3,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Tous composés ²¹⁴ Pb et ²¹⁰ Pb, nitrate de ²¹⁴ Bi et ²¹⁰ Bi, ²¹⁰ Po				–	1,5.10 ⁻⁶
Tous composés	M	1 µm		3,2.10 ⁻⁶	6,3.10 ⁻⁶
		5 µm		2,2.10 ⁻⁶	4,5.10 ⁻⁶
	L	1 µm			
		5 µm			
Ingestion					
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés		0,2	2,8.10 ⁻⁷	1,2.10 ⁻⁶	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,2.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,6.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



217

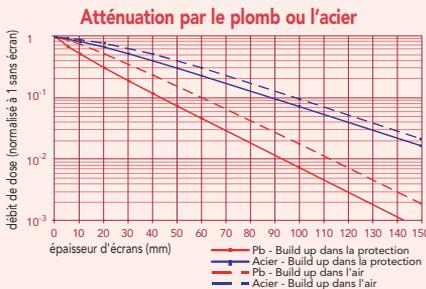
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	8,5
Plexiglas	15,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
ds β, e⁻ : 4,9.10⁻¹
ds γ, X : 2,1.10⁻²
dp γ, X : 1,8.10⁻²

à 10 cm :
ds β, e⁻ : 3,7
ds γ, X : 6,7.10⁻²
dp γ, X : 5,3.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f : 1.10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	9,8.10 ²	9,8.10 ³	3,3.10 ³	3,3.10 ⁴	3,3.10 ⁶



Radium - 228 / Actinium - 228

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	338	11	1168	32	10	36		
E2	911	28	1741	12	37	57		
E3	969	22	2079	8	53	16		
% omis		38		140		130		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	2.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 9,9.10⁻⁵ β et e⁻
ds 2,3.10⁻⁶ γ et X
dp 1,9.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,6.10⁻⁷
100 cm
au contact 7,4.10⁻⁴

bécher 50 ml au col

1,9.10⁻³
au contact 5,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,2.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,2
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

	R	Inhalation	
		h(g) père	h(g) filiat.
Composés de ²²⁸ Ac, ²¹² Pb et du ²¹² Bi	R	1 µm	– 2,8.10 ⁻⁸
		5 µm	– 3,3.10 ⁻⁸
Tous composés	M	1 µm	2,6.10 ⁻⁶ 5,8.10 ⁻⁶
		5 µm	1,7.10 ⁻⁶ 4,0.10 ⁻⁶
Composés de ²²⁸ Ac et du ²²⁸ Th	L	1 µm	– 3,6.10 ⁻⁶
		5 µm	– 2,4.10 ⁻⁶
Ingestion			
		f ₁	e(g) père e(g) filiat.
Tous composés		0,2	6,7.10 ⁻⁷ 6,8.10 ⁻⁷
Composés du ²²⁸ Th		0,0002	– 3,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,4 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,9.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



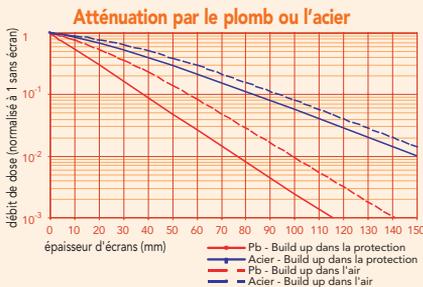
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,7
Plexiglas	8,5

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 2,2.10⁻¹
ds γ, X : 1,4.10⁻²
dp γ, X : 1,1.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 1,10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10⁻¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	1,1.10 ³	1,1.10 ⁴	3,6.10 ³	3,6.10 ⁴	3,6.10 ⁶



Radium - 228 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	911	28	1794	26	148	50	6288	150
E2	969	22	2079	8	230	11	6779	150
E3	2615	36	2246	72	495	1	8785	96
% omis		310		380		387		350

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	2.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,6 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $6,4 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $5,1 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,4 \cdot 10^{-7}$

au contact : $2,4 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col : $5,4 \cdot 10^{-3}$

au contact : $1,6 \cdot 10^{-3}$

Seringue 5 ml

au contact : $4,1 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 8,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 3,6

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés de ²²⁸ Ac, ²¹² Pb et ²¹² Bi	R	1 µm	–	6,8.10 ⁻⁸
		5 µm	–	1,0.10 ⁻⁷
Tous composés	M	1 µm	2,6.10 ⁻⁶	5,2.10 ⁻⁵
		5 µm	1,7.10 ⁻⁶	3,8.10 ⁻⁵
Composés de ²²⁸ Ac et du ²²⁸ Th	L	1 µm	–	5,5.10 ⁻⁵
		5 µm	–	3,8.10 ⁻⁵
Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,2	6,7.10 ⁻⁷	8,9.10 ⁻⁷
Composés du ²²⁸ Th		0,0002	–	5,2.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
6,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,5.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), surfaces osseuses (M), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,6.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,3.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



219

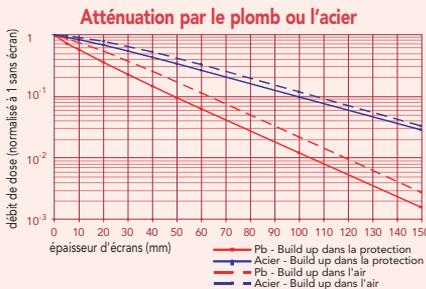
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m :
 ds β, e⁻ : 6,5.10⁻¹
 ds γ, X : 3,8.10⁻²
 dp γ, X : 3,1.10⁻²

à 10 cm :
 ds β, e⁻ : 3,8
 ds γ, X : 1,2.10⁻¹
 dp γ, X : 9,6.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i : 4.10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_F : 1 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,01	interdit	1,2.10 ³	interdit	4,0.10 ³	4,0.10 ⁵



Actinium - 225 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	218	13	980	32	122	2	5829	52
E2	440	76	1420	64	200	2	7066	100
E3	1567	2	1825	2	347	4	8377	100
% omis		27		101		66		51

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	8.10 ¹¹
A2	6.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,2.10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,1.10^{-6}$ γ et X
dp $4,4.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $3,8.10^{-8}$

au contact : $1,8.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $1,6.10^{-3}$

au contact : $1,3.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,1.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 3,5

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 2,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Tous composés non spécifiés	R	8,7.10 ⁻⁷	1,0.10 ⁻⁶	8,8.10 ⁻⁷
Halogénures et nitrates	M	1 µm	6,9.10 ⁻⁶	6,9.10 ⁻⁶
		5 µm	5,7.10 ⁻⁶	5,7.10 ⁻⁶
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	7,9.10 ⁻⁶	7,9.10 ⁻⁶
		5 µm	6,5.10 ⁻⁶	6,5.10 ⁻⁶

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés	0,0005	2,4.10 ⁻⁸	2,4.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
7,8.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M-L)

Ingestion : Gros intestin inférieur

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,5.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,2.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



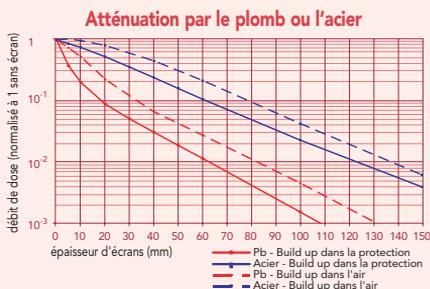
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 2,6.10 ⁻¹
	ds γ, X : 4,5.10 ⁻³
	dp γ, X : 2,7.10 ⁻³
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 2,2
	ds γ, X : 1,5.10 ⁻²
	dp γ, X : 8,2.10 ⁻³

Limites pratiques

LPC_i : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,01	5,2.10 ⁴	5,2.10 ⁵	1,7.10 ⁵	1,7.10 ⁶	1,7.10 ³
Halogénures et nitrates	0,01	8,8.10 ³	8,8.10 ⁴	2,9.10 ⁴	2,9.10 ⁵	2,9.10 ⁷
Oxydes et hydroxydes	0,01	7,7.10 ³	7,7.10 ⁴	2,6.10 ⁴	2,6.10 ⁵	2,6.10 ⁷



Actinium - 227 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	236	12	541	5	130	6	6623	84
E2	269	14	1373	93	200	12	6819	80
E3	351	13	1422	100	266	3	7386	100
% omis		218		101		345		335

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	9.10 ¹¹
A2	9.10 ⁷

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $2,1 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $1,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $8,9 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

7,3.10⁻⁸
100 cm
au contact $3,2 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $2,5 \cdot 10^{-3}$
au contact $2,4 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $2,6 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $3,6$
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $2,6$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Tous composés non spécifiés	R	5,4.10 ⁻⁴	6,3.10 ⁻⁴	5,4.10 ⁻⁴
Halogénures et nitrates	M	1 µm	2,1.10 ⁻⁴	2,2.10 ⁻⁴
		5 µm	1,5.10 ⁻⁴	1,6.10 ⁻⁴
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	6,6.10 ⁻⁵	7,5.10 ⁻⁵
		5 µm	4,7.10 ⁻⁵	5,5.10 ⁻⁵
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,0005	1,1.10 ⁻⁶	1,2.10 ⁻⁶
Composés du ²²⁷ Th		0,0002	-	8,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
7,8.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ⁻² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

- Inhalation :** Surfaces osseuses (R-M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses ou côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10¹

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



221

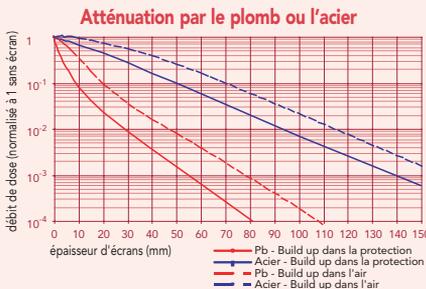
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,9.10⁻¹
ds γ, X : 8,9.10⁻³
dp γ, X : 5,4.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 2,6
ds γ, X : 2,9.10⁻²
dp γ, X : 1,7.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10⁻¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	9,9.10 ²	interdit	3,3.10 ³	3,3.10 ⁵
Halogénures et nitrate	0,001	interdit	2,8.10 ³	interdit	9,3.10 ³	9,3.10 ⁵
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	8,3.10 ³	interdit	2,8.10 ⁴	2,8.10 ⁶



Actinium - 228

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	338	11	1168	32	10	36		
E2	911	28	1741	12	37	57		
E3	969	22	2079	8	53	16		
% omis		38		40		30		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	6.10 ¹¹
A2	5.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,9 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $1,7 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁷

100 cm

au contact $6,4 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $1,6 \cdot 10^{-3}$

au contact $4,9 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,1 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,8

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,1

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	R	2,5.10 ⁻⁸	2,9.10 ⁻⁸
Halogénures et nitrates	M	1 µm	1,6.10 ⁻⁸
		5 µm	1,2.10 ⁻⁸
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,4.10 ⁻⁸
		5 µm	1,2.10 ⁻⁸

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,0005	4,3.10 ⁻¹⁰
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,9.10 ² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M), poumons (L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Côlon

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 6,9.10⁵

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 4,7.10⁷



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

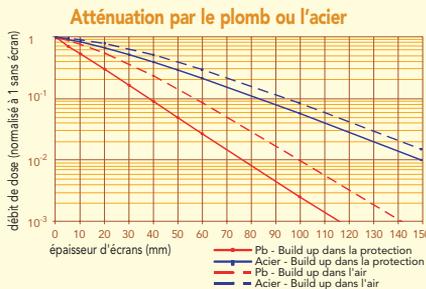
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	4,7
Plexiglas	8,5

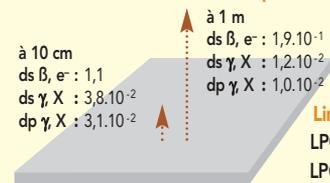
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débites de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_α 2,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_β 8,10¹ Bq.cm⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	4,5.10 ⁵	4,5.10 ⁶	1,5.10 ⁶	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁹
Halogénures et nitrates	0,001	5,0.10 ⁵	5,0.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,001	5,1.10 ⁵	5,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,7.10 ⁷	1,7.10 ⁹



Thorium - 227 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	236	12	541	5	130	6	6623	84
E2	269	14	1373	93	200	12	6819	80
E3	351	13	1422	100	266	3	7386	100
% omis		218		< 3		295		335

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹³
A2	5.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,8.10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,9.10^{-6}$ γ et X
dp $1,7.10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁷

100 cm

au contact $6,4.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $5,3.10^{-3}$

au contact $4,7.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $6,1.10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²)

8,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 6,0

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés du ²¹¹ Pb	R	1 µm	-	9,1.10 ⁻⁹
		5 µm	-	1,3.10 ⁻⁸
Composés non spécifiés	M	1 µm	7,8.10 ⁻⁶	2,4.10 ⁻⁵
		5 µm	6,2.10 ⁻⁶	1,9.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	9,6.10 ⁻⁶	9,6.10 ⁻⁶
		5 µm	7,6.10 ⁻⁶	7,6.10 ⁻⁶
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés ²²⁷ Th et ²²³ Ra		0,0005	8,9.10 ⁻⁹	2,4.10 ⁻⁷
Oxydes et hydroxydes		0,0002	8,4.10 ⁻⁹	8,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,6.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,5.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), poumons (M-L)
Ingestion : Surfaces osseuses ou côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 8,4.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,3.10⁴

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



223

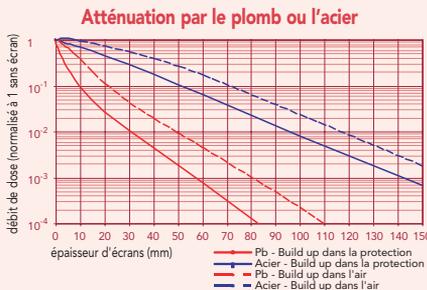
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,5
ds γ, X : 1,7.10⁻²
dp γ, X : 1,1.10⁻²

à 10 cm
ds β, e⁻ : 6,3
ds γ, X : 5,6.10⁻²
dp γ, X : 3,3.10⁻²

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_F 3 Bq.cm⁻²

- (1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	2,6.10 ⁴	interdit	8,6.10 ⁴	8,6.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	6,2.10 ³	6,2.10 ⁴	2,1.10 ⁴	2,1.10 ⁵	2,1.10 ⁷



Thorium - 228 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	583	30	1519	16	148	33	6288	100
E2	1620	3	1794	18	230	7	6779	100
E3	2615	36	2246	48	495	1	8785	64
% omis		161		115		100		235

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹¹
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 3,0.10⁻⁶ γ et X
dp 2,3.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

2,0.10⁻⁷

100 cm

au contact 1,2.10⁻³

bécher 50 ml

au col 2,5.10⁻³

au contact 7,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,0.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,4

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,7

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	1 µm	h(g) père h(g) filiat.	
			-	2,8.10 ⁻⁸
Composés du ²¹² Pb et du ²¹² Bi	R	5 µm	-	4,8.10 ⁻⁸
		1 µm	3,0.10 ⁻⁵	3,3.10 ⁻⁵
Composés non spécifiés	M	5 µm	2,2.10 ⁻⁵	2,4.10 ⁻⁵
		1 µm	3,7.10 ⁻⁵	3,7.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	5 µm	2,5.10 ⁻⁵	2,5.10 ⁻⁵
		1 µm	2,5.10 ⁻⁵	2,5.10 ⁻⁵

Ingestion	f ₁	e(g) père e(g) filiat.	
		Composés non spécifiés du ²²⁸ Th et du ²²⁴ Ra	0,0005
Oxydes et hydroxydes	0,0002	3,5.10 ⁻⁸	3,5.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,3.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (R), surfaces osseuses (M), poumons (L)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,4.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,4.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



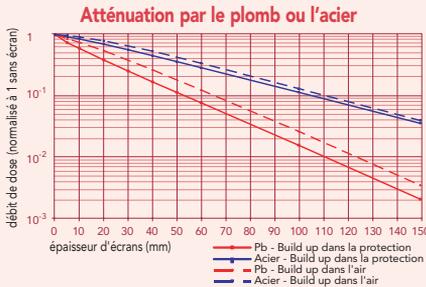
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

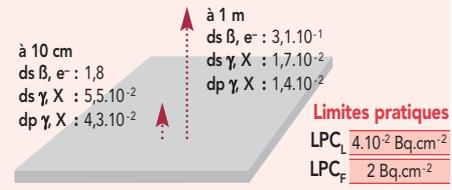
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,9.10 ⁴	interdit	6,3.10 ⁴	6,3.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	1,7.10 ⁴	interdit	5,6.10 ⁴	5,6.10 ⁶



Thorium - 229 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	440	28	980	32	190	1	5829	52
E2	465	97	1420	64	200	2	7066	100
E3	1567	2	1825	2	347	4	8377	100
% omis		354		201		435		151

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹²
A2	5.10 ⁸

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,5.10⁻⁴ β et e⁻
ds 3,3.10⁻⁶ γ et X
dp 9,0.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

6,4.10⁻⁸
100 cm
au contact 2,8.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 2,2.10⁻³
au contact 2,0.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,2.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 6
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,5

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés de ²²⁵ Ac et du ²¹³ Bi	R	1 µm	-	8,8.10 ⁻⁷
		5 µm	-	1,0.10 ⁻⁶
Composés non spécifiés	M	1 µm	9,9.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁴
		5 µm	6,9.10 ⁻⁵	8,0.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	6,5.10 ⁻⁵	7,3.10 ⁻⁵
		5 µm	4,8.10 ⁻⁵	5,4.10 ⁻⁵
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés du ²²⁹ Th et du ²²⁵ Ra		0,0005	4,8.10 ⁻⁷	6,0.10 ⁻⁷
Oxydes et hydroxydes		0,0002	2,0.10 ⁻⁷	2,0.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
9,9.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,5.10 ⁻² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M), poumons (L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,3.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



225

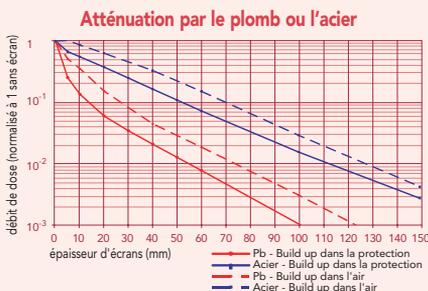
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

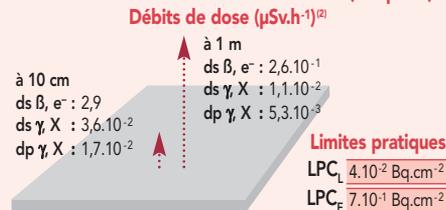
Verre	2,8
Plexiglas	5,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)



Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	5,6.10 ³	interdit	1,9.10 ⁴	1,9.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	8,5.10 ³	interdit	2,8.10 ⁴	2,8.10 ⁶



Thorium - 230

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	8			66	2	4621	23
E2	68	< 1			63	5	4688	76
E3	168	< 1			48	17		
% omis		0				< 9		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,2.10⁻⁷ γ et X
dp 9,3.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

1,0.10⁻¹⁰
100 cm
au contact 6,5.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,6.10⁻⁵
au contact 3,8.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 1,9.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,7.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,0.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,0.10 ⁻⁵
		5 µm	2,8.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	1,3.10 ⁻⁵
		5 µm	7,2.10 ⁻⁶
Ingestion			
	f ₁	e(g)	
Composés non spécifiés	0,0005	2,1.10 ⁻⁷	
Oxydes et hydroxydes	0,0002	8,7.10 ⁻⁸	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,2.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



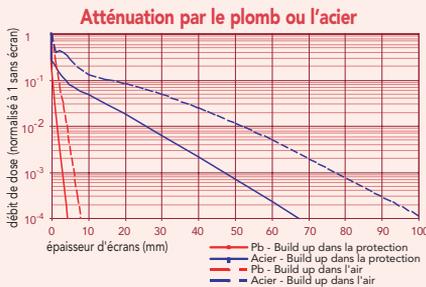
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,0
Plexiglas	0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 5,8.10⁻⁴
dp γ, X : 4,7.10⁻⁵

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,1.10⁻³
dp γ, X : 1,6.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_f 2 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,6.10 ⁴	interdit	5,2.10 ⁴	5,2.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	4,8.10 ³	4,8.10 ⁴	1,6.10 ⁴	1,6.10 ⁵	1,6.10 ⁷



Thorium - 231

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	71	206	15	37	55		
E2	84	6	287	50	53	15		
E3	163	< 1	305	35	63	15		
% omis		20		14		220		

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	2.10 ¹⁰

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 9,1.10⁻⁷ γ et X
dp 1,7.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

4,7.10⁻⁹

100 cm

au contact 2,1.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 3,5.10⁻⁴

au contact 1,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 6,4.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,6.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	2,9.10 ⁻¹⁰
		5 μm	3,7.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 μm	3,2.10 ⁻¹⁰
		5 μm	4,0.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés non spécifiés	0,0005	3,4.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	0,0002	3,4.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾ LPCA^{(2),(3)}

4,5.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ⁴ Bq.m ⁻³
---	--

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M 1μm-L 1μm),
poumons (M 5μm-L 5μm)

Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,0.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 5,9.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 4,6.10⁻³
dp γ, X : 9,4.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,7.10⁻¹
ds γ, X : 1,6.10⁻²
dp γ, X : 3,2.10⁻³

Limites pratiques

LPC_α 2,10² Bq.cm⁻²
LPC_β 1,10³ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	1,6.10 ⁷	1,6.10 ⁸	5,2.10 ⁷	5,2.10 ⁸	5,0.10 ⁹
Oxydes hydroxydes	0,001	1,5.10 ⁷	1,5.10 ⁸	5,2.10 ⁷	5,2.10 ⁸	5,0.10 ⁹



Thorium - 232

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	12	8			9	8	3953	23
E2					40	17	4010	77
E3					56	6		
% omis		< 1				< 1		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	illimité
A2	illimité

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,2.10⁻⁷ γ et X
dp 8,8.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

5,6.10⁻¹¹
100 cm
au contact 4,5.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,5.10⁻⁵
au contact 1,8.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 7,5.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,7.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,1.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,2.10 ⁻⁵
		5 µm	2,9.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	2,3.10 ⁻⁵
		5 µm	1,2.10 ⁻⁵

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	Oxydes et hydroxydes
	0,0005	2,2.10 ⁻⁷	
	0,0002	9,2.10 ⁻⁸	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,8.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,8.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 9,1.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



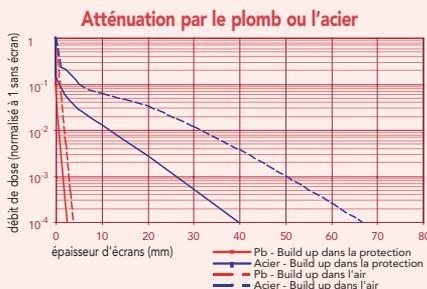
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 5,8.10⁻⁴
dp γ, X : 4,4.10⁻⁵

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,1.10⁻³
dp γ, X : 1,6.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_α 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_β 2 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,5.10 ⁴	interdit	5,0.10 ⁴	5,0.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	2,7.10 ⁴	interdit	9,1.10 ⁴	9,1.10 ⁶



Thorium - 234 et ses 1^{er} descendants

	Principales émissions						Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁵
E1	13	10	96	25	72	12	Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ³
E2	63	4	189	73	87	3	Transport (Bq)	
E3	92	5	2281	99	91	1	A1	3.10 ¹¹
% omis	< 2		< 3		18		A2	3.10 ¹¹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,6 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,6 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $5,8 \cdot 10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

4,1.10⁻⁹
100 cm
au contact 1,2.10⁻³

bécher 50 ml au col

1,7.10⁻³
au contact 1,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 3,7.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,3
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

	Inhalation	h(g) père		h(g) filiat.		
		R	1 μm	5 μm	1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	6,3.10 ⁻⁹	6,3.10 ⁻⁹	5,3.10 ⁻⁹	5,3.10 ⁻⁹
		5 μm	5,3.10 ⁻⁹	5,3.10 ⁻⁹	7,3.10 ⁻⁹	7,3.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	L	1 μm	7,3.10 ⁻⁹	7,3.10 ⁻⁹	5,8.10 ⁻⁹	5,8.10 ⁻⁹
		5 μm	5,8.10 ⁻⁹	5,8.10 ⁻⁹		

Ingestion

	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés	0,0005	3,4.10 ⁻⁹	3,4.10 ⁻⁹
Oxydes et hydroxydes	0,0002	3,4.10 ⁻⁹	3,4.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,6.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Poumons (M-L)
Ingestion : Gros intestin inférieur

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10⁶

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 5,9.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,5
Plexiglas	9,0

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

— Pb - Build up dans la protection
— Acier - Build up dans la protection
— Pb - Build up dans l'air
— Acier - Build up dans l'air

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,1.10⁻¹
ds γ, X : 8,6.10⁻⁴
dp γ, X : 3,4.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : 2,9.10⁻³
dp γ, X : 1,1.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 4,10¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 2,10² Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	7,9.10 ⁵	7,9.10 ⁶	2,6.10 ⁶	2,6.10 ⁷	2,6.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,001	7,8.10 ⁵	7,8.10 ⁶	2,6.10 ⁶	2,6.10 ⁷	2,6.10 ⁹



Thorium naturel

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	911	14	1794	9	148	17	6288	50
E2	969	11	2079	4	230	4	6779	50
E3	2615	18	2246	24	495	1	8785	32
% omis		138		158		183		168

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)

A1	illimité
A2	illimité

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $1,0 \cdot 10^{-4}$ β et e⁻
ds $2,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $2,0 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

1,7.10⁻⁷

100 cm

au contact $8,9 \cdot 10^{-4}$

bécher 50 ml

au col $2,1 \cdot 10^{-3}$

au contact $6,2 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $1,5 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,1

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés de ²²⁸ Ac, ²¹² Pb et ²¹² Bi	R	1 µm	$2,7 \cdot 10^{-8}$
		5 µm	$3,9 \cdot 10^{-8}$
Composés non spécifiés	M	1 µm	$3,9 \cdot 10^{-5}$
		5 µm	$2,8 \cdot 10^{-5}$
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	$3,0 \cdot 10^{-5}$
		5 µm	$1,9 \cdot 10^{-5}$

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	Oxydes et hydroxydes
Composés non spécifiés	0,0005	$5,2 \cdot 10^{-7}$	
Oxydes et hydroxydes	0,0002	$6,4 \cdot 10^{-8}$	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,4 \cdot 10^{-6} \text{ µSv.h}^{-1} \text{ par Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R 1µm-M), voies respiratoires supérieures (R 5µm-L 5µm), poumons (L 1µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

$Al_{20inhalation} \text{ (Bq)}^{(2)} : 5,1 \cdot 10^2$

$Al_{20ingestion} \text{ (Bq)}^{(2)} : 3,9 \cdot 10^4$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



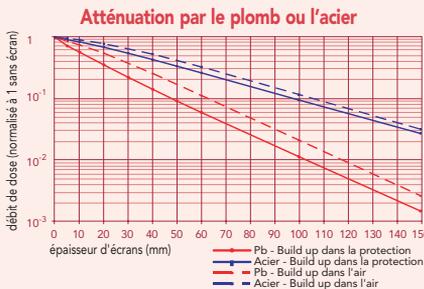
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,2
Plexiglas	9,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : $2,5 \cdot 10^{-1}$
ds γ, X : $1,5 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $1,2 \cdot 10^{-2}$

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,4
ds γ, X : $4,7 \cdot 10^{-2}$
dp γ, X : $3,7 \cdot 10^{-2}$

Limites pratiques

LPC _i	$4,10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$
LPC _F	$2 \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	$1,6 \cdot 10^4$	interdit	$5,3 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^6$
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	$2,1 \cdot 10^4$	interdit	$6,9 \cdot 10^4$	$6,9 \cdot 10^6$



Protactinium - 231

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	43			7	29	4631	10
E2	27	10			10	102	4950	23
E3	300	8			50	13	5030	23
% omis		10				40		44

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹²
A2	4.10 ⁸

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 1,9.10⁻⁶ β et e⁻
ds 6,5.10⁻⁷ γ et X
dp 1,4.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

7,0.10⁻⁹

100 cm

au contact 3,0.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 2,2.10⁻⁴

au contact 2,0.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 4,8.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 7,8.10⁻²

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 3,1.10⁻²

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	1,3.10 ⁻⁴
		5 µm	8,9.10 ⁻⁵
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	3,2.10 ⁻⁵
		5 µm	1,7.10 ⁻⁵

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	7,1.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
7,2.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	6,4.10 ⁻² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,5.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,8.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

231

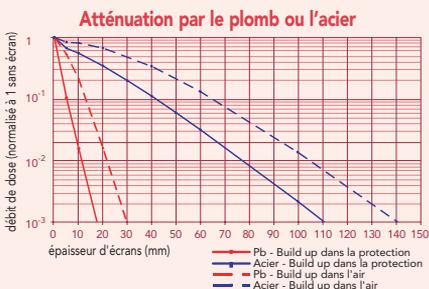
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,2
Plexiglas	0,4

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 3,3.10⁻³
dp γ, X : 7,7.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 3,5.10⁻²
ds γ, X : 1,2.10⁻²
dp γ, X : 2,5.10⁻³

Limites pratiques
LPC_d 4,10⁻² Bq.cm⁻²
LPC_f 6,10⁻¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	4,8.10 ³	interdit	1,6.10 ⁴	1,6.10 ⁶
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	2,0.10 ⁴	interdit	6,5.10 ⁴	6,5.10 ⁶



Protactinium - 231 et tous ses descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	300	8	541	5	130	6	6623	84
E2	269	14	1373	93	200	12	6819	80
E3	351	13	1422	100	266	3	7386	100
% omis		289		101		529		400

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)

A1	1.10 ¹²
A2	3.10 ⁸

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,1.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,3.10⁻⁶ γ et X
dp 1,0.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

7,7.10⁻⁸

100 cm

au contact 3,5.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 2,7.10⁻³

au contact 2,6.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 2,7.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,7

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.
		1 µm	5 µm	
Composés de ²²⁷ Ac, ²¹¹ Pb et ²¹¹ Bi	R	1 µm	-	5,4.10 ⁻⁴
		5 µm	-	6,3.10 ⁻⁴
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	1,3.10 ⁻⁴	3,5.10 ⁻⁴
		5 µm	8,9.10 ⁻⁵	2,5.10 ⁻⁴
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	3,2.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁴
		5 µm	1,7.10 ⁻⁵	7,2.10 ⁻⁵
Ingestion				
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Tous composés		0,0005	7,1.10 ⁻⁷	1,9.10 ⁻⁶
Composés du ²²⁷ Th		0,0002	-	8,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
8,5.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,3.10 ⁻² Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses ou gros intestin inférieur

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,2.10¹

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



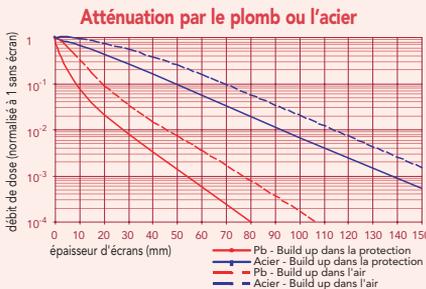
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,8
Plexiglas	5,1

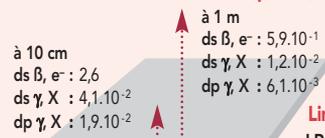
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_f 1,10⁻¹ Bq.cm⁻²

- Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,8.10 ³	interdit	5,9.10 ³	5,9.10 ⁵
Oxydes et hydroxydes	0,001	interdit	5,8.10 ³	interdit	1,9.10 ⁴	1,9.10 ⁶



Protactinium - 233

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	49	157	24	10	38		
E2	96	28	232	28	60	24		
E3	312	48	260	33	196	30		
% omis		10		5		27		

Quantité en Bq		1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹		1.10 ²

Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹²
A2	7.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,0.10^{-5}$ β et e⁻
ds $9,7.10^{-7}$ γ et X
dp $4,9.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $3,9.10^{-8}$

au contact : $1,6.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $5,7.10^{-4}$

au contact : $1,3.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $9,5.10^{-4}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 1,7

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $4,5.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	$3,1.10^{-9}$
		5 µm	$2,8.10^{-9}$
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	$3,7.10^{-9}$
		5 µm	$3,2.10^{-9}$

Ingestion	f ₁	e(g)
Tous composés	0,0005	$8,7.10^{-10}$

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$4,2.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,3.10^3$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Pouxons (M-L)
 Ingestion : Gros intestin inférieur

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $5,4.10^6$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $2,3.10^7$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	++

Atténuation par le plomb ou l'acier

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	à 10 cm
ds β, e ⁻ : 0	ds β, e ⁻ : $6,9.10^{-1}$
ds γ, X : $5,3.10^{-3}$	ds γ, X : $1,8.10^{-2}$
dp γ, X : $2,9.10^{-3}$	dp γ, X : $9,2.10^{-3}$

Limites pratiques

LPC_d : $7,10^1$ Bq.cm⁻²
 LPC_f : $3,10^2$ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	$1,3.10^6$	$1,3.10^7$	$4,5.10^6$	$4,5.10^7$	$4,5.10^9$
Oxydes et hydroxydes	0,001	$1,3.10^6$	$1,3.10^7$	$4,4.10^6$	$4,4.10^7$	$4,4.10^9$



Protactinium - 234

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	569	11	690	35	95	29		
E2	946	12	711	20	131	20		
E3	1690	13	1238	6	454	2		
% omis		417		39		235		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,4 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $4,5 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $3,6 \cdot 10^{-6}$ γ et X

flacon 10 ml

3,0.10⁻⁷
100 cm
au contact 2,0.10⁻³

bécher 50 ml au col

3,5.10⁻³
au contact 1,1.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 3,5.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,9
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés non spécifiés	M	1 µm	3,8.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,5.10 ⁻¹⁰
Oxydes et hydroxydes	L	1 µm	4,0.10 ⁻¹⁰
		5 µm	5,8.10 ⁻¹⁰

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Tous composés	
	0,0005	5,1.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,9.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,4.10 ⁴ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Voies respiratoires supérieures (M-L)
Ingestion : Côlon

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 3,4.10⁷

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 3,9.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



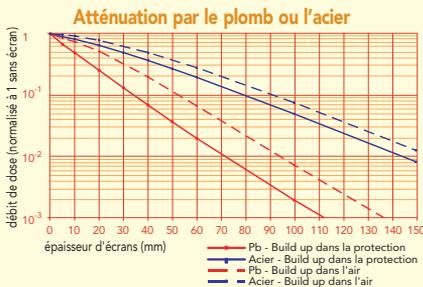
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,5
Plexiglas	4,2

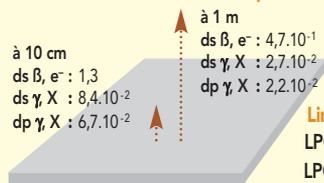
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC₂₀ 2,10¹ Bq.cm⁻²

LPC_F 3,10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	4,3.10 ⁵	4,3.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹
Oxydes et hydroxydes	0,001	4,3.10 ⁵	4,3.10 ⁶	1,4.10 ⁶	1,4.10 ⁷	1,4.10 ⁹



Uranium - 233

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	4			22	6	4729	2
E2	114	< 1			37	2	4783	13
E3					77	< 1	4824	84
% omis		0				5		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)	
A1	4.10 ¹³
A2	6.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 4,9.10⁻⁸ γ et X
dp 5,9.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : 4,8.10⁻¹¹

au contact : 2,8.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col : 1,5.10⁻⁵

au contact : 3,1.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact : 3,2.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,2.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 8,2.10⁻⁴

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)	
La plupart des composés hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	R	1 µm	5,7.10 ⁻⁷
		5 µm	6,6.10 ⁻⁷
Composés moins solubles (UO ₃ , UF ₄ , UCl ₄) et autres comp. hexav.	M	1 µm	3,2.10 ⁻⁶
		5 µm	2,2.10 ⁻⁶
Composés très insolubles (UO ₂ et U ₃ O ₈)	L	1 µm	8,7.10 ⁻⁶
		5 µm	6,9.10 ⁻⁶

Ingestion		f ₁ e(g)	
Composés non spécifiés		0,02	5,0.10 ⁻⁸
La plupart des composés tétravalents ; UO ₂ , U ₃ O ₈ , UF ₄		0,002	8,5.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾		LPCA ^{(2),(3)}
1,2.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³		9,6.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,3.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,0.10⁵



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

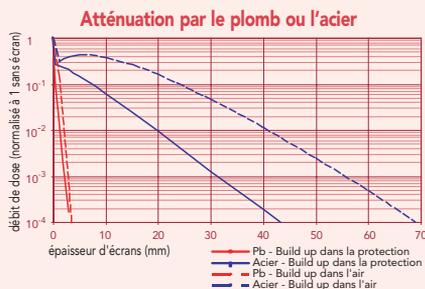
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 2,4.10 ⁻⁴	dp γ, X : 3,0.10 ⁻⁵
à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0	ds γ, X : 8,6.10 ⁻⁴	dp γ, X : 1,0.10 ⁻⁴

Limites pratiques

LPC ₁	1.10 ⁻¹ Bq.cm ⁻²
LPC _F	1.10 ¹ Bq.cm ⁻²

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
La plup. des comp. hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	0,001	9,5.10 ⁴	9,5.10 ⁵	3,2.10 ⁵	3,2.10 ⁶	3,2.10 ⁶
Comp. moins sol. (UO ₃ , UF ₄ et UCl ₄) et autres comp. hexav.	0,001	2,0.10 ⁴	2,0.10 ⁵	6,5.10 ⁴	6,5.10 ⁵	6,5.10 ⁷
Composés très insolubles (UO ₂ et U ₃ O ₈)	0,001	7,2.10 ³	7,2.10 ⁴	2,4.10 ⁴	2,4.10 ⁵	2,4.10 ⁷



Uranium - 234

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	13	10			33	20	4724	27
E2	53	< 1			50	8	4776	72
E3	121	< 1			100	< 1		
% omis		0				10		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹³
A2	6.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,3.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : 4,8.10⁻¹¹

au contact : 4,2.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col : 3,9.10⁻⁵

au contact : 2,3.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact : 8,3.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 4,1.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : 2,2.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		h(g)
La plupart des composés. hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	R	1 µm : 5,5.10 ⁻⁷
		5 µm : 6,4.10 ⁻⁷
Composés moins solubles (UO ₃ , UF ₄ , UCl ₄) et autres comp. hexav.	M	1 µm : 3,1.10 ⁻⁶
		5 µm : 2,1.10 ⁻⁶
Composés très insolubles (UO ₂ et U ₃ O ₈)	L	1 µm : 8,5.10 ⁻⁶
		5 µm : 6,8.10 ⁻⁶

Ingestion	f ₁	e(g)
Composés non spécifiés	0,02	4,9.10 ⁻⁸
La plupart des composés tétravalents : UO ₂ , U ₃ O ₈ , UF ₄	0,002	8,3.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,3.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,8.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,4.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,1.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



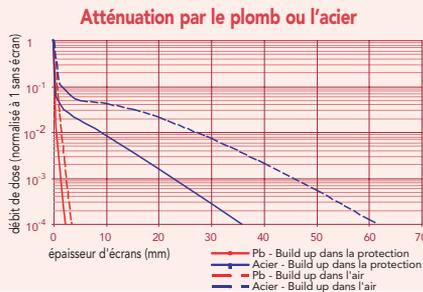
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 6,5.10⁻⁴
dp γ, X : 7,4.10⁻⁵

à 10 cm : ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,3.10⁻³
dp γ, X : 2,6.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f : 1.10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasses	Hotte ventilée	Paillasses	Hotte ventilée	Boîte à gants
La plup. des comp. hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	0,001	9,8.10 ⁴	9,8.10 ⁵	3,3.10 ⁵	3,3.10 ⁶	3,3.10 ⁶
Comp. moins sol. (UO ₃ , UF ₄ et UCl ₄) et autres comp. hexav.	0,001	2,0.10 ⁴	2,0.10 ⁵	6,7.10 ⁴	6,7.10 ⁵	6,7.10 ⁷
Composés très insolubles (UO ₂ et U ₃ O ₈)	0,001	7,4.10 ³	7,4.10 ⁴	2,5.10 ⁴	2,5.10 ⁵	2,5.10 ⁷



Uranium - 235 / Thorium - 231

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	16	29	206	15	37	55	4364	17
E2	144	11	287	50	53	15	4396	55
E3	186	57	305	35	63	15	4598	5
% omis		121		14		394		21

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	illimité
A2	illimité

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,6.10⁻⁸ β et e⁻
ds 1,6.10⁻⁶ γ et X
dp 5,0.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

3,3.10⁻⁸
100 cm
au contact 1,4.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 6,2.10⁻⁴
au contact 1,1.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,3.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,1
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,8.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
La plupart des composés hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	M	R	1 µm	5,1.10 ⁻⁷	5,1.10 ⁻⁷	
			5 µm	6,0.10 ⁻⁷	6,0.10 ⁻⁷	
Composés moins solubles et la plupart des composés hexavalents	M	M	1 µm	2,8.10 ⁻⁶	2,8.10 ⁻⁶	
			5 µm	1,8.10 ⁻⁶	1,8.10 ⁻⁶	
Composés très insolubles	L	L	1 µm	7,7.10 ⁻⁶	7,7.10 ⁻⁶	
			5 µm	6,1.10 ⁻⁶	6,1.10 ⁻⁶	

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés	0,020	4,6.10 ⁻⁸	4,6.10 ⁻⁸
La plupart des composés tétravalents ; UO ₂ , U ₃ O ₈ , UF ₄	0,002	8,3.10 ⁻⁹	8,6.10 ⁻⁹

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	3,3.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	1,1 Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M-L 1µm), voies respiratoires supérieures(L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,3.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



237

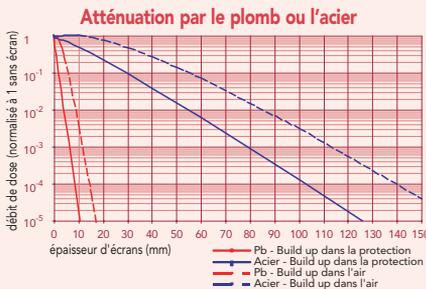
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 5,9.10⁻⁹
ds γ, X : 8,3.10⁻³
dp γ, X : 2,9.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 1,8.10⁻¹
ds γ, X : 2,8.10⁻²
dp γ, X : 9,3.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
La plup. des comp. hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	0,001	1,0.10 ⁵	1,0.10 ⁶	3,4.10 ⁵	3,4.10 ⁶	3,4.10 ⁵
Comp. moins solubles et la plupart des comp. hexavalents	0,001	2,2.10 ⁴	2,2.10 ⁵	7,4.10 ⁴	7,4.10 ⁵	7,4.10 ⁷
Composés très insolubles	0,001	8,1.10 ³	8,1.10 ⁴	2,7.10 ⁴	2,7.10 ⁵	2,7.10 ⁷



Uranium - 238 et ses 1^{er} descendants

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	15	9	1236	< 1	131	20	4039	< 1
E2	1001	< 1	1471	< 1	454	2	4147	23
E3	1690	< 1	2281	99	694	< 1	4196	77
% omis		22		100		65		0

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	illimité
A2	illimité

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $8,6 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $2,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $7,0 \cdot 10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

4,1.10⁻⁹
100 cm
au contact $1,2 \cdot 10^{-3}$

bécher 50 ml

au col $1,7 \cdot 10^{-3}$
au contact $1,5 \cdot 10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact $3,7 \cdot 10^{-2}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) $2,3$
goutte de 0,05 ml (1 Bq) $1,4$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation		R	h(g) père		h(g) filiat.	
			1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
La plupart des composés hexavalents (UF ₆ , UO ₂ F ₂ , UO ₂ (NO ₃) ₂)	R		1 µm	4,9.10 ⁻⁷	4,9.10 ⁻⁷	5,8.10 ⁻⁷
			5 µm	5,8.10 ⁻⁷	5,8.10 ⁻⁷	5,8.10 ⁻⁷
Composés moins solubles et la plupart des composés hexavalents	M		1 µm	2,6.10 ⁻⁶	2,6.10 ⁻⁶	1,6.10 ⁻⁶
			5 µm	1,6.10 ⁻⁶	1,6.10 ⁻⁶	7,3.10 ⁻⁶
Composés très insolubles	L		1 µm	7,3.10 ⁻⁶	7,3.10 ⁻⁶	5,7.10 ⁻⁶
			5 µm	5,7.10 ⁻⁶	5,7.10 ⁻⁶	

Ingestion		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés		0,020	4,4.10 ⁻⁸	4,7.10 ⁻⁸
			7,6.10 ⁻⁹	1,1.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,8.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,1 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R), poumons (M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses ou gros intestin inférieur

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,7.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,2.10⁵



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

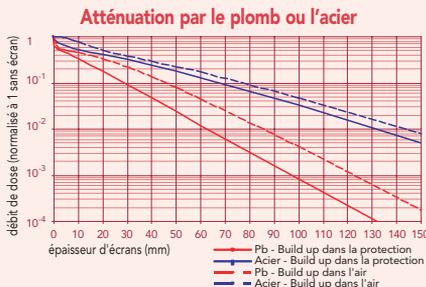
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	5,5
Plexiglas	9,0

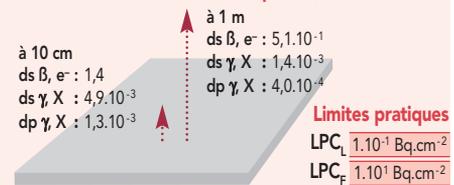
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	
X	



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
La plupart des comp. hexavalents ; UF ₆ , UO ₂ F ₂ , UO ₂ (NO ₃) ₂	0,001	9,6.10 ⁴	9,6.10 ⁵	3,2.10 ⁵	3,2.10 ⁶	3,2.10 ⁶
Comp. moins solubles et la plupart des comp. hexavalents	0,001	2,3.10 ⁴	2,3.10 ⁵	7,8.10 ⁴	7,8.10 ⁵	7,8.10 ⁷
Composés très insolubles	0,001	8,5.10 ³	8,5.10 ⁴	2,8.10 ⁴	2,8.10 ⁵	2,8.10 ⁷



Uranium naturel

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	610	22	1540	9	131	10	5490	48
E2	1764	8	2281	47	261	4	6003	48
E3	2205	2	3270	8	454	1	7687	48
% omis		126		233		150		257

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)	
A1	illimité
A2	illimité

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 2,2.10⁻⁴ β et e⁻
ds 2,1.10⁻⁶ γ et X
dp 1,5.10⁻⁶ γ et X

flacon 10 ml

1,3.10⁻⁷ (à 100 cm)
1,5.10⁻³ (au contact)

bécher 50 ml

2,8.10⁻³ (au col)
5,8.10⁻⁴ (au contact)

Seringue 5 ml

3,3.10⁻² (au contact)

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,2
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,4

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
La plupart des composés hexavalents (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	R	1 µm	1,4.10 ⁻⁵
		5 µm	1,6.10 ⁻⁵
Composés moins solubles et la plupart des composés hexavalents	M	1 µm	3,4.10 ⁻⁵
		5 µm	2,3.10 ⁻⁵
Composés très insolubles	L	1 µm	1,7.10 ⁻⁵
		5 µm	1,1.10 ⁻⁵

Ingestion	f ₁	e(g)	
		0,02	7,8.10 ⁻⁷
Composés non spécifiés	0,02		
La plupart des composés tétravalents ; UO ₂ , U ₃ O ₈ , UF ₄	0,002		5,2.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
2,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,5.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (R-M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 6,0.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,6.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

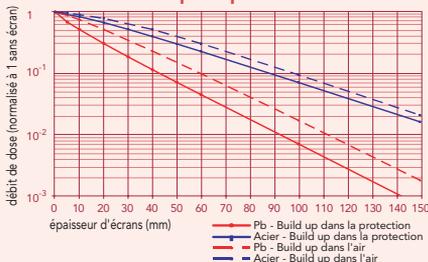
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	8,5
Plexiglas	15,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

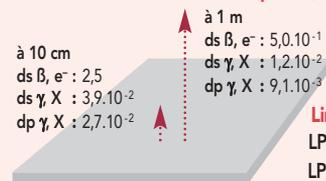
Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC _i	4,10 ⁻² Bq.cm ⁻²
LPC _f	2 Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
La plup. des comp. hexav. (UF ₆ , UO ₂ F ₂ et UO ₂ (NO ₃) ₂)	0,001	3,9.10 ³	3,9.10 ⁴	1,3.10 ⁴	1,3.10 ⁵	1,3.10 ⁷
Comp. moins solubles et la plupart des comp. hexavalents	0,001	interdit	1,8.10 ⁴	interdit	6,2.10 ⁴	6,2.10 ⁶
Composés très insolubles	0,001	3,7.10 ³	3,7.10 ⁴	1,2.10 ⁴	1,2.10 ⁵	1,2.10 ⁷



Neptunium - 237 / Protactinium - 233

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	87	15	157	24	60	24	4766	8
E2	96	28	232	28	65	14	4771	25
E3	312	48	260	33	196	30	4788	47
% omis		139		5		254		20

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)

A1	2.10 ¹³
A2	2.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $4,0 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,8 \cdot 10^{-6}$ γ et X
dp $6,7 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

4,6.10⁻⁸
100 cm
au contact 2,0.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 8,2.10⁻⁴
au contact 1,5.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 1,5.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,7
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 4,6.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation

h(g) père h(g) filiat.

	R	1 µm		5 µm	
		h(g) père	h(g) filiat.	h(g) père	h(g) filiat.
Tous composés	M	1 µm	2,1.10 ⁻⁵	2,1.10 ⁻⁵	
		5 µm	1,5.10 ⁻⁵	1,5.10 ⁻⁵	
Composés du ²³³ Pa	L	1 µm	-	3,7.10 ⁻⁹	
		5 µm	-	3,2.10 ⁻⁹	

Ingestion

f₁

e(g) père e(g) filiat.

Tous composés	0,0005	1,1.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷
---------------	--------	----------------------	----------------------

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion⁽¹⁾

LPCA^{(2),(3)}

4,8.10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³
---	---------------------------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M), poumons (L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 9,5.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,8.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



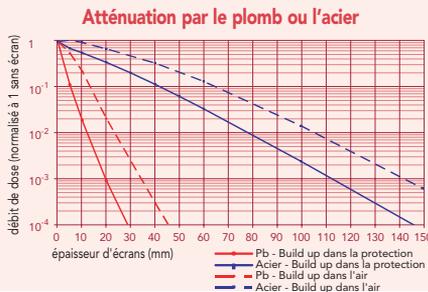
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	0,4
Plexiglas	0,7

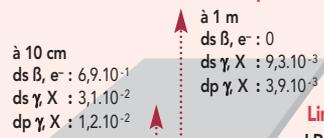
Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	++
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC_i 4.10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_f 4 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	interdit	3,0.10 ⁴	interdit	9,9.10 ⁴	9,9.10 ⁶



Neptunium - 238

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	37	222	11	10	25		
E2	984	24	263	42	21	60		
E3	1028	17	1248	45	38	22		
% omis		13		2		3		

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁶
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1 ⁽¹⁾	1.10 ¹¹
A2 ⁽¹⁾	2.10 ¹⁰

(1) Valeurs par défaut.

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 4,5.10⁻⁵ β et e⁻
ds 1,3.10⁻⁶ γ et X
dp 9,8.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

7,9.10⁻⁸

100 cm

au contact 3,2.10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 9,7.10⁻⁴

au contact 2,8.10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 5,4.10⁻³

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,2

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,9.10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	
Tous composés	M	5 µm	
		1 µm	2,0.10 ⁻⁹
	5 µm	1,7.10 ⁻⁹	
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion			
		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	9,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,1.10 ⁻⁶ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,2.10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Gros intestin inférieur

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁷

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



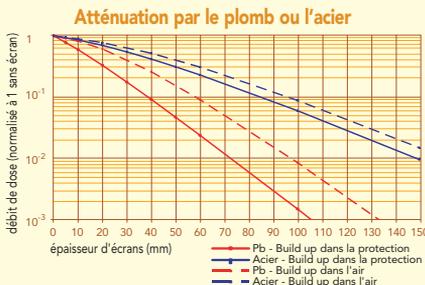
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	2,4
Plexiglas	4,3

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	++
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 9,8.10⁻²
ds γ, X : 7,8.10⁻³
dp γ, X : 5,9.10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,9.10⁻¹
ds γ, X : 2,5.10⁻²
dp γ, X : 1,8.10⁻²

Limites pratiques

LPC_d 7,10¹ Bq.cm²

LPC_f 1,10² Bq.cm²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	1,0.10 ⁶	1,0.10 ⁷	3,5.10 ⁶	3,5.10 ⁷	3,5.10 ⁹



Neptunium - 239

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	62	330	35	106	23		
E2	106	23	436	52	156	17		
E3	334	2	714	4	254	4		
% omis		82		9		204		

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁷
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
Transport (Bq)	
A1	7.10 ¹²
A2	4.10 ¹¹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,9 \cdot 10^{-5}$ β et e⁻
ds $9,5 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $4,5 \cdot 10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

3,2 · 10⁻⁸

100 cm

au contact 1,3 · 10⁻⁴

bécher 50 ml

au col 5,7 · 10⁻⁴

au contact 1,0 · 10⁻⁴

Seringue 5 ml

au contact 9,0 · 10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 2,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 5,0 · 10⁻¹

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	9,0 · 10 ⁻¹⁰
		5 µm	1,1 · 10 ⁻⁹
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	
Tous composés		0,0005	8,0 · 10 ⁻¹⁰
		e(g)	
Tous composés			

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
3,2 · 10 ⁻⁷ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	7,6 · 10 ³ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M 1µm), voies respiratoires supérieures (M 5µm)
Ingestion : Gros intestin inférieur

Al_{20inhalation} (Bq)⁽²⁾ : 1,8 · 10⁷

Al_{20ingestion} (Bq)⁽²⁾ : 2,5 · 10⁷

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
- (2) Valeurs les plus restrictives.
- (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



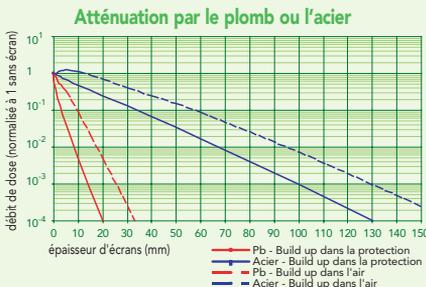
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	++
Gamma	
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 1,1 · 10⁻³
ds γ, X : 5,1 · 10⁻³
dp γ, X : 2,6 · 10⁻³

à 10 cm
ds β, e⁻ : 5,9 · 10⁻¹
ds γ, X : 1,7 · 10⁻²
dp γ, X : 8,4 · 10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 7,10¹ Bq.cm²
LPC_f 4,10² Bq.cm²

- (1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- (2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	9,2 · 10 ⁵	9,2 · 10 ⁶	3,1 · 10 ⁶	3,1 · 10 ⁷	3,1 · 10 ⁹



Plutonium - 238

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	12			10	9	5456	29
E2	55	< 1			22	21	5499	71
E3					38	8		
% omis		< 1				0		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,3.10⁻⁷ γ et X
dp 2,0.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

2,9.10⁻¹¹

100 cm

au contact 3,2.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 4,0.10⁻⁵

au contact 1,7.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 8,3.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 4,1.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,2.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,3.10 ⁻⁵
		5 µm	3,0.10 ⁻⁵
Oxydes insolubles	L	1 µm	1,5.10 ⁻⁵
		5 µm	1,1.10 ⁻⁵

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	0,0005
Nitrates	0,0001	4,9.10 ⁻⁸	
Oxydes insolubles	0,00001	8,8.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,3.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,9.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L 1µm), voies respiratoires supérieures (L 5µm)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,7.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,7.10⁴



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

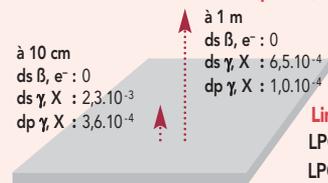
Courbes d'atténuation sans objet émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC _i	4,10 ⁻² Bq.cm ⁻²
LPC _F	2 Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,5.10 ⁴	interdit	4,8.10 ⁴	4,8.10 ⁶
Oxydes insolubles	0,001	4,2.10 ³	4,2.10 ⁴	1,4.10 ⁴	1,4.10 ⁵	1,4.10 ⁷



Plutonium - 239

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	4			7	19	5105	12
E2	113	< 1			30	5	5143	15
E3					46	1	5156	73
% omis		< 1				6		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 5,0.10⁻⁸ γ et X
dp 7,9.10⁻⁹ γ et X

flacon 10 ml

1,8.10⁻¹¹
100 cm
au contact 1,5.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 1,5.10⁻⁵
au contact 5,5.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 3,2.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 8,5.10⁻⁴

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	4,7.10 ⁻⁵
		5 µm	3,2.10 ⁻⁵
Oxydes insolubles	L	1 µm	1,5.10 ⁻⁵
		5 µm	8,3.10 ⁻⁶

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	Oxydes insolubles
Composés non spécifiés	0,0005	2,5.10 ⁻⁷	
Nitrates	0,0001	5,3.10 ⁻⁸	
Oxydes insolubles	0,00001	9,0.10 ⁻⁹	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
4,5.10 ⁻⁹ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,8.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,3.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 8,0.10⁴

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



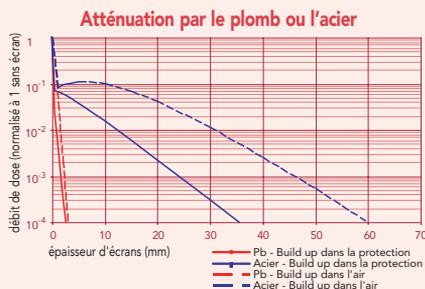
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,5.10⁻⁴
dp γ, X : 3,9.10⁻⁵

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 8,8.10⁻⁴
dp γ, X : 1,4.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_F 2 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	1,3.10 ⁴	interdit	4,4.10 ⁴	4,4.10 ⁶
Oxydes insolubles	0,001	4,2.10 ³	4,2.10 ⁴	1,4.10 ⁴	1,4.10 ⁵	1,4.10 ⁷



Plutonium - 240

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	11			10	9	5124	27
E2	54	< 1			23	20	5168	73
E3					40	7		
% omis		< 1				0		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1

Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ⁹

Exposition externe ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e^-
ds $1,2 \cdot 10^{-7}$ γ et X
dp $1,9 \cdot 10^{-8}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $2,9 \cdot 10^{-11}$

au contact : $3,1 \cdot 10^{-7}$

bécher 50 ml

au col : $3,8 \cdot 10^{-5}$

au contact : $1,7 \cdot 10^{-7}$

Seringue 5 ml

au contact : $7,9 \cdot 10^{-5}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : $3,9 \cdot 10^{-3}$

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $2,1 \cdot 10^{-3}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	$4,7 \cdot 10^{-5}$
		5 μm	$3,2 \cdot 10^{-5}$
Oxydes insolubles	L	1 μm	$1,5 \cdot 10^{-5}$
		5 μm	$8,3 \cdot 10^{-6}$

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	0,0005
Nitrates	0,0001	$5,3 \cdot 10^{-8}$	
Oxydes insolubles	0,00001	$9,0 \cdot 10^{-9}$	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$2,5 \cdot 10^{-9} \mu\text{Sv.h}^{-1}$ par Bq.m ⁻³	$1,8 \cdot 10^{-1} \text{ Bq.m}^{-3}$

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)
 Ingestion : Surfaces osseuses

$\text{Al}_{20\text{inhalation}} (\text{Bq})^{(2)} : 4,3 \cdot 10^2$

$\text{Al}_{20\text{ingestion}} (\text{Bq})^{(2)} : 8,0 \cdot 10^4$

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



245

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e^- (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	

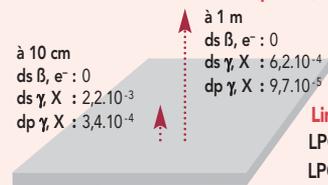
Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet	
émission X ou γ très faibles	
épaisseurs moitié et dixième	
$e_{1/2}$ (mm)	$e_{1/10}$ (mm)
Plomb	< 0,1
Acier	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$)⁽²⁾



Limites pratiques

LPC _i	$4,10^{-2} \text{ Bq.cm}^{-2}$
LPC _F	2 Bq.cm^{-2}

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.

2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	interdit	$1,3 \cdot 10^4$	interdit	$4,4 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^6$
Oxydes insolubles	0,001	$4,2 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$



Plutonium - 241

Principales émissions							Seuils d'exemption	
	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	Quantité en Bq	1.10 ⁵
E1			21	100			Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²
E2							Transport (Bq)	
E3							A1	4.10 ¹³
% omis				0			A2	6.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds sans objet γ et X
dp sans objet γ et X

flacon 10 ml

rayt de freinage

100 cm

au contact rayt de freinage

bécher 50 ml

au col rayt de freinage

au contact rayt de freinage

Seringue 5 ml

au contact rayt de freinage

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 0

goutte de 0,05 ml (1 Bq) rayt de freinage

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Composés non spécifiés	M	1 µm	8,5.10 ⁻⁷
		5 µm	5,8.10 ⁻⁷
Oxydes insolubles	L	1 µm	1,6.10 ⁻⁷
		5 µm	8,4.10 ⁻⁸

Ingestion	f ₁	e(g)	
		Composés non spécifiés	
Composés non spécifiés	0,0005	4,7.10 ⁻⁹	
Nitrates	0,0001	9,6.10 ⁻¹⁰	
Oxydes insolubles	0,00001	1,1.10 ⁻¹⁰	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
0 µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	9,8 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace
 Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)
 Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,4.10⁴

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,3.10⁶

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.
 (2) Valeurs les plus restrictives.
 (3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

246

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	
Beta	
Gamma	
X	

Atténuation par le plomb ou l'acier

Courbes d'atténuation dans le plomb et l'acier sans objet

Pas d'émission X ou γ

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : sans objet
 dp γ, X : sans objet

à 1 m
 ds β, e⁻ : 0
 ds γ, X : sans objet
 dp γ, X : sans objet

Limites pratiques

LPC _i	1 Bq.cm ⁻²
LPC _f	1.10 ² Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
 2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	7,4.10 ⁴	7,4.10 ⁵	2,5.10 ⁵	2,5.10 ⁶	2,5.10 ⁸
Oxydes insolubles	0,001	3,9.10 ⁵	3,9.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	1,3.10 ⁹



Plutonium - 241 / Américium - 241

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	43	21	100	10	45	5388	1
E2	26	2			21	15	5443	13
E3	60	36			37	34	5486	85
% omis		< 1		0		32		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	3.10 ¹³
A2	6.10 ⁹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 9,9.10⁻⁸ γ et X
dp 2,8.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

1,4.10⁻⁹

100 cm

au contact 6,2.10⁻⁶

bécher 50 ml

au col 3,3.10⁻⁵

au contact 3,9.10⁻⁶

Seringue 5 ml

au contact 7,5.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,1.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,7.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 μm	5 μm	1 μm	5 μm
Composés non spécifiés	M	1 μm	8,5.10 ⁻⁷	8,2.10 ⁻⁶	
		5 μm	5,8.10 ⁻⁷	5,6.10 ⁻⁶	
Oxydes insolubles	L	1 μm	1,6.10 ⁻⁷	1,6.10 ⁻⁷	
		5 μm	8,4.10 ⁻⁸	8,4.10 ⁻⁸	

Ingestion	f ₁	e(g) père	e(g) filiat.
Composés non spécifiés	0,0005	4,7.10 ⁻⁹	4,2.10 ⁻⁸
Nitrates	0,0001	9,6.10 ⁻¹⁰	9,6.10 ⁻¹⁰
Oxydes insolubles	0,00001	1,1.10 ⁻¹⁰	1,1.10 ⁻¹⁰

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	1,1.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	LPCA ^{(2),(3)}	1 Bq.m ⁻³
---	---	-------------------------	----------------------

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M-L)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 2,5.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 4,7.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



247

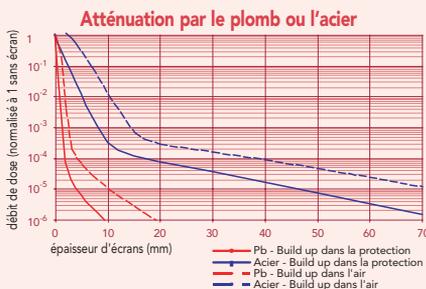
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 5,1.10⁻⁴
dp γ, X : 1,5.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 6,6.10⁻⁶
ds γ, X : 1,8.10⁻³
dp γ, X : 5,1.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i : 1.10⁻¹ Bq.cm⁻²

LPC_f : 1.10¹ Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Composés non spécifiés	0,001	7,7.10 ³	7,7.10 ⁴	2,6.10 ⁴	2,6.10 ⁵	2,6.10 ⁷
Oxydes insolubles	0,001	3,9.10 ⁵	3,9.10 ⁶	1,3.10 ⁶	1,3.10 ⁷	5,0.10 ⁸



Américium - 241

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	43			10	45	5388	1
E2	26	2			21	15	5443	13
E3	60	36			37	34	5486	85
% omis		< 1				32		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	1.10 ¹³
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 5,3.10⁻⁷ γ et X
dp 1,5.10⁻⁷ γ et X

flacon 10 ml

7,6.10⁻⁹
100 cm
au contact 3,3.10⁻⁵

bécher 50 ml

au col 1,8.10⁻⁴
au contact 2,1.10⁻⁵

Seringue 5 ml

au contact 4,0.10⁻⁴

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 1,6.10⁻²
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 9,2.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	3,9.10 ⁻⁵
		5 µm	2,7.10 ⁻⁵
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	2,0.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
5,7.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	2,1.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 5,1.10²

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,0.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



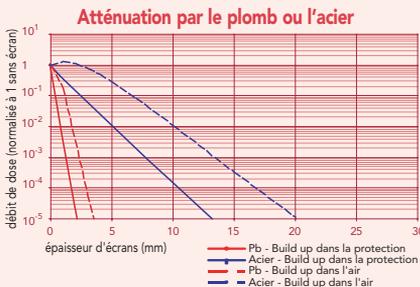
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,7.10⁻³
dp γ, X : 8,3.10⁻⁴

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 9,4.10⁻³
dp γ, X : 2,7.10⁻³

Limites pratiques

LPC_i 4,10⁻² Bq.cm⁻²
LPC_f 2 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	interdit	1,6.10 ⁴	interdit	5,3.10 ⁴	5,3.10 ⁶



Américium - 243 / Neptunium - 239

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	75	66	330	35	106	23	5181	1
E2	106	23	436	52	156	17	5234	11
E3	334	2	714	4	254	4	5276	88
% omis		190		9		323		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ³
Concentration en Bq.g ⁻¹	1
Transport (Bq)	
A1	5.10 ¹²
A2	1.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds $6,9.10^{-5}$ β et e⁻
ds $1,5.10^{-6}$ γ et X
dp $6,5.10^{-7}$ γ et X

flacon 10 ml

à 100 cm : $4,6.10^{-8}$

au contact : $2,0.10^{-4}$

bécher 50 ml

au col : $7,7.10^{-4}$

au contact : $1,4.10^{-4}$

Seringue 5 ml

au contact : $1,4.10^{-3}$

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) : 2,3

goutte de 0,05 ml (1 Bq) : $5,1.10^{-1}$

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g) père		h(g) filiat.	
		1 µm	5 µm	1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	$3,9.10^{-5}$	$3,9.10^{-5}$	
		5 µm	$2,7.10^{-5}$	$2,7.10^{-5}$	
	L	1 µm			
		5 µm			
Ingestion					
		f ₁	e(g) père	e(g) filiat.	
Tous composés		0,0005	$2,0.10^{-7}$	$2,0.10^{-7}$	

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
$4,3.10^{-7}$ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	$2,1.10^{-1}$ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : $5,1.10^2$

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : $1,0.10^5$



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

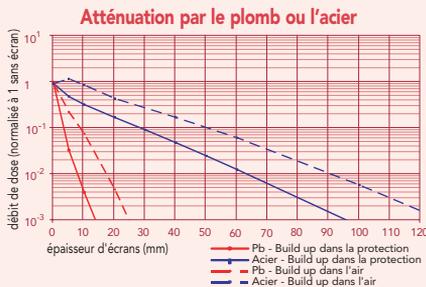
Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	1,1
Plexiglas	2,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	++
Gamma	+
X	++



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m : ds β, e⁻ : $1,1.10^{-3}$
ds γ, X : $8,0.10^{-3}$
dp γ, X : $3,8.10^{-3}$

à 10 cm : ds β, e⁻ : $5,9.10^{-1}$
ds γ, X : $2,7.10^{-2}$
dp γ, X : $1,2.10^{-2}$

Limites pratiques

LPC_i : $4,10^{-2}$ Bq.cm⁻²

LPC_f : 2 Bq.cm⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	interdit	$1,6.10^4$	interdit	$5,3.10^4$	$5,3.10^6$



Curium - 242

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	12			10	8	6070	26
E2					21	19	6113	74
E3					38	7		
% omis		< 1				0		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁵
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ²

Transport (Bq)

A1	4.10 ¹³
A2	1.10 ¹⁰

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,2.10⁻⁷ γ et X
dp 2,5.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

3,1.10⁻¹¹
100 cm
au contact 2,8.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,6.10⁻⁵
au contact 4,8.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 7,5.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,7.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 2,0.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	4,8.10 ⁻⁶
		5 µm	3,7.10 ⁻⁶
	L	1 µm	
		5 µm	
		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	1,2.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,5.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	1,7 Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Poumons (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 4,2.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁶

- (1) Calculée dans un volume de 100 m³.
(2) Valeurs les plus restrictives.
(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet émission X ou γ très faibles			
épaisseurs moitié et dixième			
	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)	
Plomb	< 0,1	< 0,1	
Acier	< 0,1	< 0,1	

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 2,1.10⁻³
dp γ, X : 4,5.10⁻⁴

à 1 m
ds β, e⁻ : 0
ds γ, X : 5,8.10⁻⁴
dp γ, X : 1,3.10⁻⁴

Limites pratiques

LPC_i 2,10⁻¹ Bq.cm⁻²
LPC_f 2,10¹ Bq.cm⁻²

- 1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	1,3.10 ⁴	1,3.10 ⁵	4,3.10 ⁴	4,3.10 ⁵	4,3.10 ⁷



Curium - 244

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	14	11			10	7	5763	24
E2	57	< 1			20	17	5805	76
E3					37	6		
% omis		0				0		< 1

Seuils d'exemption

Seuils d'exemption	
Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹
Transport (Bq)	
A1	2.10 ¹³
A2	2.10 ⁹

Exposition externe (μSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 1,1.10⁻⁷ γ et X
dp 2,3.10⁻⁸ γ et X

flacon 10 ml

2,7.10⁻¹¹

100 cm

au contact 2,5.10⁻⁷

bécher 50 ml

au col 3,2.10⁻⁵

au contact 3,6.10⁻⁷

Seringue 5 ml

au contact 6,7.10⁻⁵

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 3,3.10⁻³

goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,8.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	h(g)	R	
		1 μm	5 μm
Tous composés	M	1 μm	2,5.10 ⁻⁵
		5 μm	1,7.10 ⁻⁵
	L	1 μm	
		5 μm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	1,2.10 ⁻⁷

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2),(3)}
1,4.10 ⁻⁸ μSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	3,3.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)
Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀Inhalation (Bq)⁽²⁾ : 8.10²

Al₂₀Ingestion (Bq)⁽²⁾ : 1,7.10⁵



(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.

Écrans, détection, contamination des surfaces

Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier

épaisseurs "moitié" et "dixième" (mm)

Courbes d'atténuation sans objet
émission X ou γ très faibles

épaisseurs moitié et dixième

	e _{1/2} (mm)	e _{1/10} (mm)
Plomb	< 0,1	< 0,1
Acier	< 0,1	< 0,1

Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (μSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 1 m
ds β, e ⁻ : 0
ds γ, X : 5,2.10 ⁻⁴
dp γ, X : 1,1.10 ⁻⁴

Limites pratiques

LPC _i	4.10 ⁻² Bq.cm ⁻²
LPC _F	3 Bq.cm ⁻²

1) Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
2) Attention ! Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Paillasse	Hotte ventilée	Paillasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	interdit	2,5.10 ⁴	interdit	8,3.10 ⁴	8,3.10 ⁶



Californium - 252

Principales émissions

	Gamma / X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	15	7			11	4	6076	15
E2	68	< 1			19	11	6118	82
E3					37	4		
% omis		< 1				< 1		< 1

Seuils d'exemption

Quantité en Bq	1.10 ⁴
Concentration en Bq.g ⁻¹	1.10 ¹

Transport (Bq)

A1	5.10 ¹⁰
A2	3.10 ⁹

Exposition externe (µSv.h⁻¹) pour une activité de 1 Bq

Source ponctuelle

ds 0 β et e⁻
ds 6,8.10⁻⁸ γ et X
dp 1,9.10⁻⁸ γ et X
dp 1,8.10⁻⁵ neutrons

flacon 10 ml

neutrons 2,3.10⁻¹¹
neutrons 1,5.10⁻⁶ à 100 cm
au contact 1,6.10⁻⁷
neutrons 8,9.10⁻³

bécher 50 ml

neutrons 2,0.10⁻⁵
neutrons 3,6.10⁻⁴ au col
au contact 3,6.10⁻⁷
neutrons 4,1.10⁻³

Seringue 5 ml

au contact 4,3.10⁻⁵
neutrons 2,0.10⁻²

Contamination de la peau

dépôt uniforme (1 Bq.cm⁻²) 5,9.10⁻³
goutte de 0,05 ml (1 Bq) 1,2.10⁻³

Exposition interne pour les travailleurs

Dose efficace engagée par unité d'incorporation en Sv.Bq⁻¹

Inhalation	R	h(g)	
		1 µm	5 µm
Tous composés	M	1 µm	1,8.10 ⁻⁵
		5 µm	1,3.10 ⁻⁵
	L	1 µm	
		5 µm	
Ingestion		f ₁	e(g)
Tous composés		0,0005	9.10 ⁻⁸

Données pratiques

Débit de dose efficace par immersion ⁽¹⁾	LPCA ^{(2), (3)}
1,1.10 ⁻⁸ µSv.h ⁻¹ par Bq.m ⁻³	4,6.10 ⁻¹ Bq.m ⁻³

Organe exposé contribuant le plus à la dose efficace

Inhalation : Surfaces osseuses (M)

Ingestion : Surfaces osseuses

Al₂₀inhalation (Bq)⁽²⁾ : 1,1.10³

Al₂₀ingestion (Bq)⁽²⁾ : 2,2.10⁵

(1) Calculée dans un volume de 100 m³.

(2) Valeurs les plus restrictives.

(3) La LPCA prend en compte l'exposition par inhalation et par immersion.



Écrans, détection, contamination des surfaces

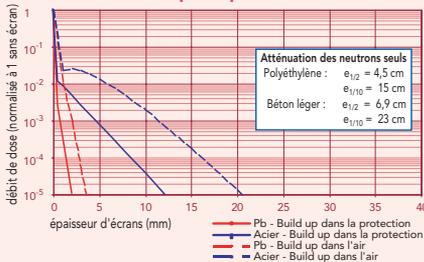
Parcours β et e⁻ (mm)

Verre	< 0,1
Plexiglas	< 0,1

Sondes⁽¹⁾ recommandées

Alpha	++
Beta	
Gamma	
X	+

Atténuation par le plomb ou l'acier



Plan 5 m x 5 m uniformément contaminé (1 Bq.cm⁻²)

Débits de dose (µSv.h⁻¹)⁽²⁾

à 10 cm	ds β, e ⁻ : 0	à 1 m	ds β, e ⁻ : 0
	ds γ, X : 1,2.10 ⁻³		ds γ, X : 3,3.10 ⁻⁴
	dp γ, X : 3,3.10 ⁻⁴		dp γ, X : 9,3.10 ⁻⁵
	dp neutrons : 3,4.10 ⁻¹		dp neutrons : 1,1.10 ⁻¹

Limites pratiques

LPC_i 5.10⁻² Bq.cm⁻²

LPC_f 5 Bq.cm⁻²

- Si aucune sonde n'est préconisée, faire un frottis et le mesurer en laboratoire.
- Attention !** Toute contamination surfacique labile doit être éliminée.

Activités maximales manipulables (Bq)

État physico-chimique	coefficient de volatilité (k)	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE				
		Zone Surveillée (ZS)		Zone Contrôlée (ZC)		
		Pailasse	Hotte ventilée	Pailasse	Hotte ventilée	Boîte à gants
Tous composés	0,001	3,5.10 ³	3,5.10 ⁴	1,2.10 ⁴	1,2.10 ⁵	1,2.10 ⁷





Annexes

Chaînes de filiations radioactives pour des éléments lourds

Annexe 1 :

Filiations du Thorium

(Thorium 232, Radium 228, Thorium 228, Radium 224, Plomb 212, Bismuth 212)
et **Thorium naturel** ($1 \text{ Bq de Th nat} = 0,5 \text{ Bq de Th 232} + 0,5 \text{ Bq de Th 228}$)

Annexe 2 :

Filiations de l'Uranium 235

(Uranium 235, Protactinium 231, Actinium 227, Thorium 227, Radium 223, Plomb 211)
et Américium 243 en amont de l'Uranium 235

Annexe 3 :

Filiations de l'Uranium 238

(Uranium 238, Thorium 234, Uranium 234, Radium 226, Radon 222, Plomb 214, Plomb 210)
et **Uranium naturel** (99,28 % d'U238, 0,711 % d'U235, 0,0056 % d'U234 en masse)
($1 \text{ Bq d'Unat} = 0,487 \text{ Bq d'U 238} + 0,0227 \text{ Bq d'U 235} + 0,487 \text{ Bq d'U 234}$)

Annexe 4 :

Filiations du Plutonium 241

(Plutonium 241, Neptunium 237, Thorium 229, Radium 225, Actinium 225, Bismuth 213)



Annexe 1

Filiations du Thorium 232

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.

Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Thorium 232 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Thorium 232						
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	éq. séc.
Th - 232	1,41.10 ¹⁰ a	1	1	1	1	1	1	1
Ra - 228	5,75 a	3,30.10 ⁵	3,30.10 ⁴	3,30.10 ³	3,25.10 ²	1,14.10 ¹	7,00.10 ⁻¹	1,00
Ac - 228	6,13 h	4,10.10 ⁶	2,16.10 ⁴	3,17.10 ³	3,23.10 ²	1,13.10 ¹	7,00.10 ⁻¹	1,00
Th - 228	1,91 a	1,39.10 ⁻¹⁰	8,45.10 ⁶	1,51.10 ⁵	1,56.10 ³	1,86.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Ra - 224	3,62 j	< 10 ⁻¹⁰	4,30.10 ⁹	6,23.10 ⁶	1,40.10 ³	1,81.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Rn - 220	55,6 s	< 10 ⁻¹⁰	4,29.10 ⁹	6,23.10 ⁶	1,40.10 ³	1,81.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Po - 216	146 ms	< 10 ⁻¹⁰	4,29.10 ⁹	6,23.10 ⁶	1,40.10 ³	1,81.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Pb - 212	10,64 h	< 10 ⁻¹⁰	1,12.10 ⁹	5,25.10 ⁶	1,39.10 ³	1,81.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Bi - 212	60,55 mn	< 10 ⁻¹⁰	8,77.10 ¹⁰	5,16.10 ⁶	1,38.10 ³	1,81.10 ²	5,64.10 ¹	1,00
Po - 212	29,8 µs	< 10 ⁻¹⁰	5,62.10 ⁻¹⁰	3,30.10 ⁻⁶	8,86.10 ⁻⁴	6,49.10 ⁻³	3,61.10 ⁻¹	6,41.10 ¹
Tl - 208	3,05 mn	< 10 ⁻¹⁰	3,11.10 ⁻¹⁰	1,85.10 ⁻⁶	4,97.10 ⁻⁴	1,16.10 ⁻²	2,02.10 ⁻¹	3,59.10 ¹
Activité totale pour 1 Bq de Th 232 :		1,0	1,0	1,0	1,1	1,4	6,3	10,0

0,3593

0,6407

254

II - Tête de la filiation : Radium 228 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 228						
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	éq. séc.
Ra - 228	5,75 a	1	1	1	1	1	1	1
Ac - 228	6,13 h	2,38.10 ⁻¹	9,34.10 ⁻¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Th - 228	1,91 a	1,23.10 ⁻⁵	6,51.10 ⁻⁴	9,52.10 ⁻³	9,56.10 ⁻²	3,22.10 ⁻¹	1,37	1,50
Ra - 224	3,62 j	8,00.10 ⁻⁸	4,66.10 ⁻⁵	5,19.10 ⁻³	9,09.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,37	1,50
Rn - 220	55,6 s	7,79.10 ⁻⁸	4,65.10 ⁻⁵	5,19.10 ⁻³	9,09.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,37	1,50
Po - 216	146 ms	7,78.10 ⁻⁸	4,65.10 ⁻⁵	5,19.10 ⁻³	9,09.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,37	1,50
Pb - 212	10,64 h	2,96.10 ⁻⁷	1,50.10 ⁻⁵	4,67.10 ⁻³	9,04.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,37	1,50
Bi - 212	60,55 mn	7,65.10 ⁻¹⁰	1,24.10 ⁻⁵	4,62.10 ⁻³	9,03.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,37	1,50
Po - 212	29,8 µs	4,90.10 ⁻¹⁰	7,92.10 ⁻⁶	2,96.10 ⁻³	5,79.10 ⁻²	2,03.10 ⁻¹	8,76.10 ⁻¹	9,62.10 ¹
Tl - 208	3,05 mn	2,39.10 ⁻¹⁰	4,39.10 ⁻⁶	1,66.10 ⁻³	3,24.10 ⁻²	1,14.10 ⁻¹	4,91.10 ⁻¹	5,40.10 ¹
Activité totale pour 1 Bq de Ra 228 :		1,2	1,9	2,0	2,6	4,2	11,6	12,5

0,3593

0,6407

III - Tête de la filiation : Thorium 228 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Thorium 228				éq. séc.
		0,1 j	1 j	3 j	10 j	
Th - 228	1,91 a	1	1	1	1	1
Ra - 224	3,62 j	1,90.10 ⁻²	1,74.10 ⁻¹	4,38.10 ⁻¹	8,56.10 ⁻¹	1,01
Rn - 220	55,6 s	1,88.10 ⁻²	1,74.10 ⁻¹	4,37.10 ⁻¹	8,56.10 ⁻¹	1,01
Po - 216	146 ms	1,88.10 ⁻²	1,74.10 ⁻¹	4,37.10 ⁻¹	8,56.10 ⁻¹	1,01
Pb - 212	10,64 h	1,39.10 ⁻³	8,82.10 ⁻²	3,60.10 ⁻¹	8,35.10 ⁻¹	1,01
Bi - 212	60,55 mn	5,31.10 ⁻⁴	8,02.10 ⁻²	3,53.10 ⁻¹	8,33.10 ⁻¹	1,01
Po - 212	29,8 µs	3,40.10 ⁻⁴	5,14.10 ⁻²	2,26.10 ⁻¹	5,34.10 ⁻¹	6,44.10 ¹
Tl - 208	3,05 mn	1,76.10 ⁻⁴	2,87.10 ⁻²	1,27.10 ⁻¹	2,99.10 ⁻¹	3,61.10 ¹
Activité totale pour 1 Bq de Th 228 :		1,1	1,8	3,4	6,1	7,0

0,3593

0,6407



Annexe 1

Filiations du Thorium 232 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

IV - Tête de la filiation : Radium 224 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 224		
		0,1 j	1 j	éq. séc.
Ra - 224	3,62 j	1	1	1
Rn - 220	55,6 s	1,10	1,00	1,00
Po - 216	146 ms	1,10	1,00	1,00
Pb - 212	10,64 h	$1,45 \cdot 10^{-1}$	$8,50 \cdot 10^{-1}$	1,14
Bi - 212	60,55 mn	$7,51 \cdot 10^{-2}$	$8,33 \cdot 10^{-1}$	1,15
0,3593 ↙ TI - 208 ← Po - 212 → 0,6407 ↘	29,8 μs	$4,81 \cdot 10^{-2}$	$5,34 \cdot 10^{-1}$	$7,39 \cdot 10^{-1}$
	3,05 mn	$2,57 \cdot 10^{-2}$	$2,99 \cdot 10^{-1}$	$4,15 \cdot 10^{-1}$
Activité totale pour 1 Bq de Ra 224 :		3,3	5,5	6,4

V - Tête de la filiation : Plomb 212 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 212		éq. séc.
		1 h	2 h	
Pb - 212	10,64 h	1	1	1
Bi - 212	60,55 mn	$5,11 \cdot 10^{-1}$	$7,86 \cdot 10^{-1}$	1,10
0,3593 ↙ TI - 208 ← Po - 212 → 0,6407 ↘	29,8 μs	$3,28 \cdot 10^{-1}$	$5,04 \cdot 10^{-1}$	$7,08 \cdot 10^{-1}$
	3,05 mn	$1,74 \cdot 10^{-1}$	$2,78 \cdot 10^{-1}$	$3,99 \cdot 10^{-1}$
Activité totale pour 1 Bq de Pb 212 :		2,0	2,6	3,2

VII - Tête de la filiation : Bismuth 212 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Bismuth 212		équilibre
		10 mn	30 mn	
Bi - 212	60,55 mn	1	1	1
0,3593 ↙ TI - 208 ← Po - 212 → 0,6407 ↘	29,8 μs	$6,41 \cdot 10^{-1}$	$6,41 \cdot 10^{-1}$	$6,41 \cdot 10^{-1}$
	3,05 mn	$3,35 \cdot 10^{-1}$	$3,78 \cdot 10^{-1}$	$3,81 \cdot 10^{-1}$
Activité totale pour 1 Bq de Bi 212 :		2,0	2,0	2,0

VII - Tête de la filiation : Thorium naturel

Radionucléides de la chaîne	Période	Pour 1 Bq de Thorium naturel
Th - 232	$1,41 \cdot 10^{10}$ a	0,5
Ra - 228	5,75 a	0,50
Ac - 228	6,13 h	0,5
Th - 228	1,91 a	0,50
Ra - 224	3,62 j	0,50
Rn - 220	55,6 s	0,50
Po - 216	146 ms	0,50
Pb - 212	10,64 h	0,50
Bi - 212	60,55 mn	0,50
0,3593 ↙ TI - 208 ← Po - 212 → 0,6407 ↘	29,8 μs	$3,20 \cdot 10^{-1}$
	3,05 mn	$1,80 \cdot 10^{-1}$
Activité totale pour 1 Bq de Th 232 :		5,0



Annexe 2

Filiations de l'Uranium 235

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Uranium 235 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge de l'Uranium 235										
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	10 ³ ans	10 ⁴ ans	10 ⁵ ans	éq. séc.
U - 235	7,038.10 ⁸ a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Th - 231	25,52 h	6,31.10 ⁻²	4,79.10 ⁻¹	9,99.10 ⁻¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pa - 231	3,276.10 ⁴ a	1,85.10 ⁻¹⁰	1,54.10 ⁻⁸	4,91.10 ⁻⁷	5,70.10 ⁻⁶	2,11.10 ⁻⁵	2,11.10 ⁻⁴	2,11.10 ⁻³	2,09.10 ⁻²	1,91.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Ac - 227	21,773 a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,87.10 ⁻¹⁰	2,44.10 ⁻⁸	3,30.10 ⁻⁷	3,03.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Fr - 223	18,718 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,44.10 ⁻⁸	2,81.10 ⁻⁷	2,95.10 ⁻⁵	1,46.10 ⁻³	2,00.10 ⁻²	1,88.10 ⁻¹	8,67.10 ⁻¹	9,85.10 ⁻¹
Ra - 223	21,8 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	3,37.10 ⁻¹⁰	4,56.10 ⁻⁹	4,19.10 ⁻⁷	2,04.10 ⁻⁵	2,80.10 ⁻⁴	2,62.10 ⁻³	1,21.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²
Rn - 219	11,434 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,00.10 ⁻⁸	2,60.10 ⁻⁷	2,97.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Po - 215	3,96 s	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,00.10 ⁻⁸	2,60.10 ⁻⁷	2,97.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Pb - 215	1,778 ms	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,00.10 ⁻⁸	2,60.10 ⁻⁷	2,97.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Pb - 211	36,1 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	9,99.10 ⁻⁹	2,59.10 ⁻⁷	2,97.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Bi - 211	2,13 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	9,99.10 ⁻⁹	2,59.10 ⁻⁷	2,97.10 ⁻⁵	1,48.10 ⁻³	2,03.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,79.10 ⁻¹	1,00
Tl - 207	4,77 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	9,96.10 ⁻⁹	2,59.10 ⁻⁷	2,96.10 ⁻⁵	1,47.10 ⁻³	2,02.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	8,77.10 ⁻¹	9,96.10 ⁻¹
Po - 211	0,516 s	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	7,08.10 ⁻¹⁰	8,10.10 ⁻⁸	4,03.10 ⁻⁶	5,54.10 ⁻⁵	5,19.10 ⁻⁴	2,40.10 ⁻³	2,73.10 ⁻³
Activité totale pour 1 Bq d'U 235 :		1,1	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	3,7	9,9	11,0

II - Tête de la filiation : Protactinium 231 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Protactinium 231							éq. séc.
		1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	1000 ans	
Pa - 231	3,276.10 ⁴ a	1	1	1	1	1	1	1	
Ac - 227	21,773 a	8,72.10 ⁻⁵	8,71.10 ⁻⁴	8,68.10 ⁻³	3,13.10 ⁻²	2,73.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Fr - 223	18,718 j	1,57.10 ⁻⁶	1,41.10 ⁻⁴	6,31.10 ⁻³	2,86.10 ⁻²	2,67.10 ⁻¹	9,46.10 ⁻¹	9,87.10 ⁻¹	
Ra - 223	21,8 mn	1,18.10 ⁻⁶	1,20.10 ⁻⁵	1,20.10 ⁻⁴	4,32.10 ⁻⁴	3,76.10 ⁻³	1,32.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²	
Rn - 219	11,434 j	6,56.10 ⁻⁸	2,84.10 ⁻⁵	5,08.10 ⁻³	2,77.10 ⁻²	2,70.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Po - 215	3,96 s	6,56.10 ⁻⁸	2,84.10 ⁻⁵	5,08.10 ⁻³	2,77.10 ⁻²	2,70.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Pb - 215	1,778 ms	6,56.10 ⁻⁸	2,84.10 ⁻⁵	5,08.10 ⁻³	2,77.10 ⁻²	2,70.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Pb - 211	36,1 mn	6,00.10 ⁻⁸	2,81.10 ⁻⁵	5,08.10 ⁻³	2,77.10 ⁻²	2,70.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Bi - 211	2,13 mn	5,97.10 ⁻⁸	2,81.10 ⁻⁵	5,08.10 ⁻³	2,77.10 ⁻²	2,70.10 ⁻¹	9,59.10 ⁻¹	1,00	
Tl - 207	4,77 mn	5,88.10 ⁻⁸	2,79.10 ⁻⁵	5,07.10 ⁻³	2,76.10 ⁻²	2,69.10 ⁻¹	9,56.10 ⁻¹	9,98.10 ⁻¹	
Po - 211	0,516 s	1,63.10 ⁻¹⁰	7,66.10 ⁻⁸	1,39.10 ⁻⁵	7,56.10 ⁻⁵	7,37.10 ⁻⁴	2,62.10 ⁻³	2,73.10 ⁻³	
Activité totale pour 1 Bq de Pa 231 :		1,0	1,0	1,0	1,2	3,2	8,7	9,0	

III - Tête de la filiation : Actinium 227 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge de l'Actinium 227				éq. séc.
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	
Ac - 227	21,773 a	1	1	1	1	1
Fr - 223	18,718 j	3,65.10 ⁻³	3,59.10 ⁻²	3,05.10 ⁻¹	9,64.10 ⁻¹	9,89.10 ⁻¹
Ra - 223	21,8 mn	1,37.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²	1,38.10 ⁻²
Rn - 219	11,434 j	7,64.10 ⁻⁵	1,87.10 ⁻³	8,69.10 ⁻²	9,44.10 ⁻¹	1,00
Po - 215	3,96 s	7,64.10 ⁻⁵	1,87.10 ⁻³	8,69.10 ⁻²	9,44.10 ⁻¹	1,00
Pb - 215	1,778 ms	7,64.10 ⁻⁵	1,87.10 ⁻³	8,69.10 ⁻²	9,44.10 ⁻¹	1,00
Pb - 211	36,1 mn	4,53.10 ⁻⁵	1,76.10 ⁻³	8,64.10 ⁻²	9,44.10 ⁻¹	1,00
Bi - 211	2,13 mn	4,35.10 ⁻⁵	1,76.10 ⁻³	8,63.10 ⁻²	9,44.10 ⁻¹	1,00
Tl - 207	4,77 mn	3,94.10 ⁻⁵	1,74.10 ⁻³	8,60.10 ⁻²	9,42E-10 ¹	1,00
Po - 211	0,516 s	1,19.10 ⁻⁷	4,80.10 ⁻⁶	2,36.10 ⁻⁴	2,58.10 ⁻³	2,74.10 ⁻³
Activité totale pour 1 Bq d'Ac 227 :		1,0	1,1	1,8	7,6	8,0



Annexe 2

Filiations de l'Uranium 235 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.

Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

IV - Tête de la filiation : **Thorium 227 (chaîne complète)**

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Thorium 227				
		0,1 j	1 j	10 j	50 j	éq. séc.
Th - 227	18,718 j	1	1	1	1	1
Ra - 223	11,434 j	$6,06 \cdot 10^{-3}$	$5,99 \cdot 10^{-2}$	$5,40 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,50
Rn - 219	3,96 s	$6,05 \cdot 10^{-3}$	$5,99 \cdot 10^{-2}$	$5,40 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,50
Po - 215	1,778 ms	$6,05 \cdot 10^{-3}$	$5,99 \cdot 10^{-2}$	$5,40 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,50
Pb - 211	36,1 mn	$4,00 \cdot 10^{-3}$	$5,78 \cdot 10^{-2}$	$5,39 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,50
Bi - 211	2,13 mn	$3,88 \cdot 10^{-3}$	$5,77 \cdot 10^{-2}$	$5,39 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,50
TI - 207	4,77 mn	$3,61 \cdot 10^{-3}$	$5,73 \cdot 10^{-2}$	$5,37 \cdot 10^{-1}$	1,78	2,49
Po - 211	0,516 s	$1,06 \cdot 10^{-5}$	$1,58 \cdot 10^{-4}$	$1,47 \cdot 10^{-3}$	$4,86 \cdot 10^{-3}$	$6,82 \cdot 10^{-3}$
Activité totale pour 1 Bq de Th 227 :		1,0	1,4	4,2	11,7	16,0

V - Tête de la filiation : **Radium 223 (chaîne complète)**

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 223	
		0,1 j	équilibre
Ra - 223	11,434 j	1	1
Rn - 219	3,96 s	1,00	1,00
Po - 215	1,778 ms	1,00	1,00
Pb - 211	36,1 mn	$9,39 \cdot 10^{-1}$	1,00
Bi - 211	2,13 mn	$9,35 \cdot 10^{-1}$	1,00
TI - 207	4,77 mn	$9,22 \cdot 10^{-1}$	1,00
Po - 211	0,516 s	$2,55 \cdot 10^{-3}$	$2,74 \cdot 10^{-3}$
Activité totale pour 1 Bq de Ra 223 :		5,8	6,0

VI - Tête de la filiation : **Plomb 211 (chaîne complète)**

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 211	
		0,1 j	équilibre
Pb - 211	36,1 mn	1	1
Bi - 211	2,13 mn	$8,93 \cdot 10^{-1}$	1,06
TI - 207	4,77 mn	$3,83 \cdot 10^{-1}$	1,22
Po - 211	0,516 s	$2,44 \cdot 10^{-3}$	$2,90 \cdot 10^{-3}$
Activité totale pour 1 Bq de Pb 211 :		2,3	3,3

Chaîne en amont des filiations de l'Uranium 235

VII - Tête de la filiation : **Américium 243 (1^{er} descendants)**

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Thorium 227			
		0,1 j	1 j	10 j	éq. séc.
Am - 243	7370 a	1	1	1	1
Np - 239	2,35 j	$2,90 \cdot 10^2$	$2,55 \cdot 10^{-1}$	$9,47 \cdot 10^{-1}$	1
Pu - 239	$2,41 \cdot 10^4$ a	$1,15 \cdot 10^{-10}$	$1,05 \cdot 10^{-9}$	$5,33 \cdot 10^{-7}$	$7,60 \cdot 10^{-4}$
U - 235	$7,038 \cdot 10^8$ a	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$
Activité totale pour 1 Bq d'Am 243 :		1,0	1,3	1,9	2,0



Annexe 3

Filiations de l'Uranium 238

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Uranium 238 (1^{er} descendants et chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge de l'Uranium 238												
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	10 ³ ans	10 ⁴ ans	10 ⁵ ans	éq. séc.		
U - 238	4,468.10 ⁹ a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Th - 234	24,1 j	2,87.10 ⁻³	2,84.10 ⁻²	2,50.10 ⁻¹	9,44.10 ⁻¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pa - 234m	1,17 mn	2,83.10 ⁻³	2,83.10 ⁻²	2,50.10 ⁻¹	9,44.10 ⁻¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pa - 234	6,70 h	5,15.10 ⁻⁷	2,87.10 ⁻⁵	3,86.10 ⁻⁴	1,51.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³	1,60.10 ⁻³
U - 234	2,445.10 ⁵ a	< 10 ⁻¹⁰	1,10.10 ⁻¹⁰	1,02.10 ⁻⁹	5,22.10 ⁻⁷	2,57.10 ⁻⁶	2,81.10 ⁻⁵	2,83.10 ⁻⁴	2,83.10 ⁻³	2,80.10 ⁻²	2,47.10 ⁻¹	1,00		
Th - 230	7,7.10 ⁴ a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,25.10 ⁻⁹	1,27.10 ⁻⁷	1,27.10 ⁻⁵	1,23.10 ⁻³	8,75.10 ⁻²	1,00		
Ra - 226	1600 a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,94.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Rn - 222	3,8235 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,94.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Po - 218	3,05 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,94.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Pb - 214	26,8 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,94.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Bi - 214	19,9 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,94.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Po - 214	16,37 ms	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,82.10 ⁻⁹	1,65.10 ⁻⁸	7,93.10 ⁻⁴	8,42.10 ⁻³	1,00		
Pb - 210	22,26 a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	8,46.10 ⁻¹⁰	1,51.10 ⁻⁸	7,93.10 ⁻⁴	8,41.10 ⁻³	1,00		
Bi - 210	5,013 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	8,45.10 ⁻¹⁰	1,51.10 ⁻⁸	7,93.10 ⁻⁴	8,41.10 ⁻³	1,00		
Po - 210	138,38 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	8,29.10 ⁻¹⁰	1,51.10 ⁻⁸	7,87.10 ⁻⁴	8,41.10 ⁻³	1,00		
Activité totale pour 1 Bq d' U 238 :		1,0	1,1	1,5	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,1	14,0		

258

II - Tête de la filiation : Thorium 234 (1^{er} descendants)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Thorium 234		
		0,1 j	1 j	équilibre
Th - 234	24,1 j	1	1	1
Pa - 234m	1,17 mn	1,00	1,00	1,00
Pa - 234	6,70 h	3,49.10 ⁻⁴	4,48.10 ⁻³	1,62.10 ⁻³
U - 234	2,445.10 ⁵ a	6,67.10 ⁻¹⁰	7,86.10 ⁻⁹	8,99.10 ⁻⁸
Activité totale pour 1 Bq de Th 234 :		2,0	2,0	2,0

III - Tête de la filiation : Uranium 234 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge de l'Uranium 238												
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	10 ³ ans	10 ⁴ ans	10 ⁵ ans	éq. séc.		
U - 234	2,445.10 ⁵ a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Th - 230	7,7.10 ⁴ a	2,46.10 ⁹	2,46.10 ⁸	2,46.10 ⁷	2,46.10 ⁶	9,00.10 ⁴	9,00.10 ⁵	9,00.10 ⁴	8,97.10 ³	8,73.10 ²	6,72.10 ¹	1,46		
Ra - 226	1600 a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,46.10 ⁻¹⁰	1,95.10 ⁻⁹	1,95.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,65.10 ⁻¹	1,47		
Rn - 222	3,8235 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,31.10 ⁻¹⁰	1,89.10 ⁻⁹	1,94.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,65.10 ⁻¹	1,47		
Po - 218	3,05 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,31.10 ⁻¹⁰	1,89.10 ⁻⁹	1,94.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,65.10 ⁻¹	1,47		
Pb - 214	26,8 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,31.10 ⁻¹⁰	1,89.10 ⁻⁹	1,94.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,65.10 ⁻¹	1,47		
Bi - 214	19,9 mn	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,31.10 ⁻¹⁰	1,89.10 ⁻⁹	1,94.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,65.10 ⁻¹	1,47		
Po - 214	16,37 ms	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,31.10 ⁻¹⁰	1,89.10 ⁻⁹	1,94.10 ⁻⁷	1,92.10 ⁻⁵	1,69.10 ⁻³	6,81.10 ⁻²	6,64.10 ⁻¹	1,47		
Pb - 210	22,26 a	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,86.10 ⁻⁸	1,07.10 ⁻⁵	1,59.10 ⁻³	6,78.10 ⁻²	6,64.10 ⁻¹	1,47		
Bi - 210	5,013 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,85.10 ⁻⁸	1,07.10 ⁻⁵	1,59.10 ⁻³	6,78.10 ⁻²	6,64.10 ⁻¹	1,47		
Po - 210	138,38 j	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	< 10 ⁻¹⁰	1,59.10 ⁻⁸	1,05.10 ⁻⁵	1,59.10 ⁻³	6,78.10 ⁻²	6,64.10 ⁻¹	1,47		
Activité totale pour 1 Bq d' U 234 :		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7	7,7	15,6		



Annexe 3

Filiations de l'Uranium 238 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Radium 226 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 226							éq. séc.
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans	
Ra - 226	1600 a	1	1	1	1	1	1	1	1
Rn - 222	3,8235 j	$1,80 \cdot 10^2$	$1,66 \cdot 10^1$	$8,37 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Po - 218	3,05 mn	$1,74 \cdot 10^2$	$1,65 \cdot 10^1$	$8,37 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 214	26,8 mn	$1,27 \cdot 10^2$	$1,61 \cdot 10^1$	$8,36 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Bi - 214	19,9 mn	$9,47 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^1$	$8,35 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Po - 214	16,37 ms	$9,46 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^1$	$8,35 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 210	22,26 a	$2,70 \cdot 10^9$	$6,60 \cdot 10^4$	$4,55 \cdot 10^4$	$8,01 \cdot 10^3$	$3,02 \cdot 10^2$	$2,67 \cdot 10^1$	$9,67 \cdot 10^1$	1,01
Bi - 210	5,013 j	$< 10^{10}$	$2,84 \cdot 10^7$	$1,19 \cdot 10^4$	$7,40 \cdot 10^3$	$2,96 \cdot 10^2$	$2,61 \cdot 10^1$	$9,67 \cdot 10^1$	1,01
Po - 210	138,38 j	$< 10^{10}$	$3,44 \cdot 10^{10}$	$2,41 \cdot 10^6$	$1,42 \cdot 10^3$	$1,58 \cdot 10^2$	$2,53 \cdot 10^1$	$9,66 \cdot 10^1$	1,01
Activité totale pour 1 Bq de Ra 226 :		1,1	1,8	5,2	6,0	6,1	6,8	8,9	9,0

V - Tête de la filiation : Radon 222 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radon 222					équilibre
		0,1 h	1 h	2 h	3 h		
Rn - 222	3,8235 j	1	1	1	1	1	1
Po - 218	3,05 mn	$7,44 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Pb - 214	26,8 mn	$6,66 \cdot 10^2$	$7,63 \cdot 10^1$	$9,54 \cdot 10^1$	$9,94 \cdot 10^1$	$9,94 \cdot 10^1$	1,00
Bi - 214	19,9 mn	$4,92 \cdot 10^3$	$4,95 \cdot 10^1$	$8,61 \cdot 10^1$	$9,73 \cdot 10^1$	$9,73 \cdot 10^1$	1,00
Po - 214	16,37 ms	$4,92 \cdot 10^3$	$4,95 \cdot 10^1$	$8,61 \cdot 10^1$	$9,72 \cdot 10^1$	$9,72 \cdot 10^1$	1,00
Pb - 210	22,26 a	$4,73 \cdot 10^{10}$	$7,16 \cdot 10^7$	$3,25 \cdot 10^6$	$6,59 \cdot 10^4$	$1,02 \cdot 10^3$	$1,02 \cdot 10^3$
Bi - 210	5,013 j	$< 10^{10}$	$1,13 \cdot 10^9$	$1,19 \cdot 10^8$	$4,01 \cdot 10^6$	$8,84 \cdot 10^4$	$8,84 \cdot 10^4$
Po - 210	138,38 j	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$	$< 10^{10}$
Activité totale pour 1 Bq de Rn 222 :		1,8	3,8	4,7	4,9	5,0	5,0

VI - Tête de la filiation : Plomb 214 (1^{er} descendants)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 210				
		10 mn	20 mn	30 mn	1 h	3 h
Pb - 214	26,8 mn	1	1	1	1	1
Bi - 214	19,9 mn	$3,33 \cdot 10^1$	$6,38 \cdot 10^1$	$9,16 \cdot 10^1$	1,62	3,11
Po - 214	16,37 ms	$3,33 \cdot 10^1$	$6,38 \cdot 10^1$	$9,16 \cdot 10^1$	1,62	3,11
Pb - 210	22,26 a	$1,09 \cdot 10^7$	$4,67 \cdot 10^7$	$1,13 \cdot 10^6$	$5,77 \cdot 10^4$	$2,33 \cdot 10^4$
Activité totale pour 1 Bq de Pb 214 :		1,7	2,3	2,8	4,2	7,2

VI - Tête de la filiation : Plomb 210 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plomb 210					éq. Séc.
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	
Pb - 210	22,26 a	1	1	1	1	1	1
Bi - 210	5,013 j	$1,37 \cdot 10^2$	$1,29 \cdot 10^1$	$7,49 \cdot 10^1$	1,00	1,00	1,00
Po - 210	138,38 j	$3,45 \cdot 10^5$	$3,30 \cdot 10^4$	$2,25 \cdot 10^2$	$3,73 \cdot 10^1$	$8,43 \cdot 10^1$	1,02
Activité totale pour 1 Bq de Pb 210 :		1,0	1,1	1,8	2,4	2,8	3,0



Annexe 3

Filiations de l'Uranium 238 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.

Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

Uranium naturel

Composition en masse (U 238 : 99,28 %, U 235 : 0,711 %, U 234 : 0,0056 %)

1 Bq d'Unat = 0,487 Bq d'U 238 + 0,0227 Bq d'U 235 + 0,487 Bq d'U 234.

Activités (en Bq) des composants pour 1 Bq d'Uranium naturel

Composants de l' Uranium naturel	Période	Activités en Bq
U - 238	4,468.10 ⁹ a	4,87.10 ¹
U - 235	7,038.10 ⁸ a	2,27.10 ²
U - 234	2,445.10 ⁵ a	4,90.10 ¹
Th - 234	24,1 j	4,90.10 ¹
Th - 231	25,52 h	2,27.10 ²
Pa - 231	3,276.10 ⁴ a	2,27.10 ²
Pa - 234m	1,17 mn	4,87.10 ¹
Pa - 234	6,70 h	7,79.10 ⁴
Ac - 227	21,773 a	2,27.10 ²
Th - 227	18,718 j	2,24.10 ²
Th - 230	7,7.10 ⁴ a	4,90.10 ¹
Fr - 223	21,8 mn	3,13.10 ⁴
Ra - 223	11,434 j	2,27.10 ²
Ra - 226	1600 a	4,90.10 ¹
Rn - 219	3,96 s	2,27.10 ²
Rn - 222	3,8235 j	4,90.10 ¹
Po - 218	3,05 mn	4,90.10 ¹
Po - 215	1,778 ms	2,27.10 ²
Pb - 214	26,8 mn	4,90.10 ¹
Bi - 214	19,9 mn	4,90.10 ¹
Po - 214	16,37 ms	4,90.10 ¹
Pb - 211	36,1 mn	2,27.10 ²
Pb - 210	22,26 a	4,90.10 ¹
Bi - 211	2,13 mn	2,27.10 ²
Bi - 210	5,013 j	4,90.10 ¹
Po - 211	0,516 s	6,20.10 ⁵
Po - 210	138,38 j	4,90.10 ¹
Tl - 207	4,77 mn	2,26.10 ²
Activité totale pour 1 Bq d' U nat :		7,1



Annexe 4

Filiations du Plutonium 241

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

I - Tête de la filiation : Plutonium 241 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plutonium 241						
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	1 an	10 ans	100 ans
Pu - 241	14,4 a	1	1	1	1	1	1	1
0,00002 Pu - 241 → U - 237								
0,99998 Pu - 241 → Am - 241								
U - 237	432 a	$4,39 \cdot 10^{-7}$	$4,39 \cdot 10^{-6}$	$4,39 \cdot 10^{-5}$	$4,42 \cdot 10^{-4}$	$1,64 \cdot 10^{-3}$	$2,04 \cdot 10^{-2}$	3,58
Np - 237	6,75 j	$2,50 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-6}$	$1,57 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$
Pa - 233	$2,14 \cdot 10^5$ a	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$2,76 \cdot 10^{-10}$	$3,59 \cdot 10^{-9}$	$9,87 \cdot 10^{-5}$			
U - 233	27,0 j	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$2,24 \cdot 10^{-10}$	$3,52 \cdot 10^{-9}$	$9,86 \cdot 10^{-5}$			
Th - 229	$1,59 \cdot 10^5$ a	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$1,85 \cdot 10^{-8}$				
Ra - 225	$7,34 \cdot 10^3$ a	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
Ac - 225	14,8 j	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
Fr - 221	10,0 j	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
At - 217	4,8 mn	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
Bi - 213	32,3 ms	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
Po - 213	45,6 mn	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
0,9784 Pu - 241 → Bi - 213								
0,0216 Pu - 241 → Po - 213								
Po - 213	4,2 µs	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
0,9784 Pu - 241 → Tl - 209								
Tl - 209	2,20 mn	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
0,9784 Pu - 241 → Pb - 209								
Pb - 209	3,25 h	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$				
Activité totale pour 1 Bq de Pu 241 :		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,6

261

II - Tête de la filiation : Plutonium 241 (1^{er} descendants)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plutonium 241				
		1 an	10 ans	40 ans	70 ans	100 ans
Pu - 241	14,4 a	1	1	1	1	1
0,00002 Pu - 241 → U - 237						
0,99998 Pu - 241 → Am - 241						
U - 237	432 a	$1,64 \cdot 10^{-3}$	$2,04 \cdot 10^{-2}$	$1,87 \cdot 10^{-1}$	$8,61 \cdot 10^{-1}$	3,58
Np - 237	6,75 j	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$
Pa - 233	$2,14 \cdot 10^5$ a	$2,76 \cdot 10^{-10}$	$3,59 \cdot 10^{-9}$	$1,61 \cdot 10^{-6}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$	$9,87 \cdot 10^{-5}$
U - 233						
Th - 229						
Ra - 225						
Ac - 225						
Fr - 221						
At - 217						
Bi - 213						
Po - 213						
Tl - 209						
Pb - 209						
Activité totale pour 1 Bq de Pu 241 :		1,0	1,0	1,2	1,9	4,6

III - Tête de la filiation : Neptunium 237 (1^{er} descendants)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Neptunium 237				
		1 j	10 j	50 j	100 j	équilibre
Np - 237	$2,14 \cdot 10^6$ a	1	1	1	1	1
Pa - 233	27,0 j	$2,53 \cdot 10^{-2}$	$2,56 \cdot 10^{-1}$	$7,23 \cdot 10^{-1}$	$9,23 \cdot 10^{-1}$	1,00
U - 233	$1,59 \cdot 10^5$ a	$1,52 \cdot 10^{-10}$	$1,41 \cdot 10^{-8}$	$2,60 \cdot 10^{-7}$	$7,63 \cdot 10^{-7}$	$4,31 \cdot 10^{-5}$
Activité totale pour 1 Bq de Np 237 :		1,0	1,2	1,7	1,9	2,0



Annexe 4

Filiations du Plutonium 241 (suite)

Activités (en Bq) représentées par 1 Bq du radionucléide tête de chaîne en fonction de son âge.
Référence : RadDecay for Windows Version 1.13 GROVE (Kocher)

IV - Tête de la filiation : Thorium 229 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Plutonium 241				
		1 j	10 j	100 j	150 j	équilibre
Th - 229	7,34.10 ³ a	1	1	1	1	1
Ra - 225	14,8 j	4,58.10 ⁻²	3,74.10 ⁻¹	9,91.10 ⁻¹	9,99.10 ⁻¹	1,00
Ac - 225	10,0 j	1,56.10 ⁻³	1,11.10 ⁻¹	9,74.10 ⁻¹	9,97.10 ⁻¹	1,00
Fr - 221	4,8 mn	1,55.10 ⁻³	1,11.10 ⁻¹	9,74.10 ⁻¹	9,97.10 ⁻¹	1,00
At - 217	32,3 ms	1,55.10 ⁻³	1,11.10 ⁻¹	9,74.10 ⁻¹	9,97.10 ⁻¹	1,00
Bi - 213	45,6 mn	1,41.10 ⁻³	1,10.10 ⁻¹	9,73.10 ⁻¹	9,97.10 ⁻¹	1,00
Po - 213	4,2 µs	1,38.10 ⁻³	1,08.10 ⁻¹	9,52.10 ⁻¹	9,76.10 ⁻¹	9,78.10 ⁻¹
Pb - 209	2,20 mn	3,04.10 ⁻⁵	2,39.10 ⁻³	2,10.10 ⁻²	2,15.10 ⁻²	2,16.10 ⁻²
Tl - 209	3,25 h	9,56.10 ⁻⁴	1,07.10 ⁻¹	9,73.10 ⁻¹	9,96.10 ⁻¹	1,00
Activité totale pour 1 Bq de Th 229 :		1,1	2,0	7,8	8,0	8,0

V - Tête de la filiation : Radium 225 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Radium 225				
		0,1 j	1 j	10 j	100 j	équilibre
Ra - 225	14,8 j	1	1	1	1	1
Ac - 225	10,0 j	6,92.10 ⁻³	6,85.10 ⁻²	6,21.10 ¹	2,76	3,08
Fr - 221	4,8 mn	6,59.10 ⁻³	6,82.10 ¹	6,21.10 ¹	2,76	3,08
At - 217	32,3 ms	6,59.10 ⁻³	6,82.10 ⁻²	6,21.10 ¹	2,76	3,08
Bi - 213	45,6 mn	3,83.10 ⁻³	6,53.10 ⁻²	6,19.10 ¹	2,76	3,09
Po - 213	4,2 µs	3,74.10 ⁻³	6,39.10 ⁻²	6,08.10 ¹	2,70	3,02
Pb - 209	2,20 mn	7,98.10 ⁻⁵	1,41.10 ⁻³	1,34.10 ⁻²	5,97.10 ⁻²	6,68.10 ⁻²
Tl - 209	3,25 h	6,29.10 ⁻⁴	5,24.10 ⁻²	6,14.10 ⁻¹	2,79	3,12
Activité totale pour 1 Bq de Ra 225 :		1,0	2,0	4,7	17,6	19,6

VI - Tête de la filiation : Actinium 225 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge de l'Actinium 225		
		1 h	3 h	équilibre
Ac - 225	10,0 j	1	1	1
Fr - 221	4,8 mn	1,00	1,00	1,00
At - 217	32,3 ms	1,00	1,00	1,00
Bi - 213	45,6 mn	5,51.10 ⁻¹	9,30.10 ⁻¹	1,00
Po - 213	4,2 µs	5,40.10 ⁻¹	9,10.10 ⁻¹	9,82.10 ⁻¹
Pb - 209	2,20 mn	1,13.10 ⁻²	2,00.10 ⁻²	2,17.10 ⁻²
Tl - 209	3,25 h	5,58.10 ⁻²	3,18.10 ⁻¹	1,02
Activité totale pour 1 Bq d' Ac 225 :		4,2	5,2	6,0

VII - Tête de la filiation : Bismuth 213 (chaîne complète)

Radionucléides de la chaîne	Période	âge du Bismuth 213		
		0,1 h	1 h	3 h
Bi - 213	45,6 mn	1	1	1
Po - 213	4,2 µs	9,78.10 ⁻¹	9,78.10 ⁻¹	9,78.10 ⁻¹
Pb - 209	2,20 mn	2,16.10 ⁻²	2,27.10 ⁻²	2,27.10 ⁻²
Tl - 209	3,25 h	3,74.10 ⁻²	3,08.10 ⁻¹	2,17
Activité totale pour 1 Bq de Bi 213 :		2,0	2,3	4,2

