



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires

Directives pour les installations nucléaires suisses

IFSN-G14/f

Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires

Édition février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Directive pour les installations nucléaires suisses

IFSN-G14/f

Contenu

Directive pour les installations nucléaires suisses		G14/f
1	Introduction	1
2	Objet et domaine d'application	1
3	Bases légales	1
4	Règles de base pour les calculs de dose	1
	4.1 Limites de rejet	2
	4.2 Défaillances de dimensionnement	4
	4.3 Rejets effectifs	5
5	Dispersion des substances radioactives	6
	5.1 Transport atmosphérique	6
	5.2 Déposition sur le sol et sur les plantes	6
	5.3 Pénétration dans le sol	7
	5.4 Transport par l'eau	7
6	Voies d'exposition	7
	6.1 Émissions dans l'atmosphère	8
	6.2 Évacuation par les eaux	10
	6.3 Cas spéciaux	11
7	Liste des références	11
	Appendice 1: Dispersion, déposition et transfert des substances radioactives	13
	Appendice 2: Facteurs de déposition sur le sol et sur la surface des plantes	20
	Appendice 3: Activité des radionucléides sur et dans le sol	24
	Appendice 4: Activité sur et dans la partie consommée ou affouragée des plantes	27
	Appendice 5: Formules pour le calcul des doses dans l'environnement	31
	Appendice 6: Liste des paramètres généraux selon la prescription administrative se rapportant au § 45 de l'ordonnance sur la radioprotection (D)	62
	Appendice 7: Débit respiratoire et habitudes de consommation de la population avoisinante	69
	Appendice 8: Facteurs de dose	71
	Appendice 9: Facteurs de transfert	90
	Liste des références dans les appendices	92

1 Introduction

L'inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est l'autorité suisse responsable de la sécurité des installations nucléaires. En qualité d'autorité de surveillance et en se basant sur un mandat précisé dans une ordonnance, elle émet des directives. Celles-ci sont des instruments d'exécution qui précisent les exigences légales et facilitent une pratique uniformisée de la surveillance. Elles concrétisent en outre l'état actuel de la science et de la technique. L'IFSN peut dans un cas particulier accepter des écarts, ceci dans la mesure où la solution proposée est au moins équivalente en ce qui concerne la sécurité nucléaire.

2 Objet et domaine d'application

La directive G14 de l'IFSN établit la méthode et les conditions de calcul à appliquer pour déterminer la dose de radiation reçue par la population dans l'environnement d'une installation nucléaire, dose due au rejet de substances radioactives dans l'atmosphère et dans les eaux.

Cette directive s'applique à toutes les installations nucléaires en Suisse.

3 Bases légales

La présente directive s'appuie sur les bases légales suivantes:

- a. Art. 22, al. 2, Art. 23 a, ch. 3 de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OEN, RS 732.11, du 1^{er} janvier 2009)
- b. Art. 94, al. 8, de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP, RS 814.501, du 1^{er} janvier 2009)
- c. Art. 18, al. 2 de l'ordonnance relative à l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité (OROIR, RS 732.32)

4 Règles de base pour les calculs de dose

Les calculs de dose sont effectués pour un groupe fictif de personnes, groupe critique défini de manière conservatrice et pour lequel les hypothèses suivantes ont été admises:

- a. Les personnes habitent et travaillent à l'endroit où la dose totale, provenant de l'immersion, de l'inhalation, du rayonnement émis par le sol et de l'ingestion, est la plus élevée. L'entier de la consommation en fruits, en légumes,

gumes, en lait et en viande est couvert par des produits issus de cet endroit (point d'impact principal). Dans ce cadre on tient compte séparément des dépôts exclusivement sèches (retombées) et des dépôts combinés, sèches et humides (lessivage).

- b. Les personnes couvrent leur besoin en eau de boisson et en poissons à partir du fleuve en aval de l'installation.
- c. Dans la détermination de l'endroit dans l'environnement comportant la dose totale la plus élevée, on ne tient pas compte des distances plus petites que 200 m de l'endroit du rejet.

Pour tenir compte des modes de vie du groupe de population critique, on part d'hypothèses dans la mesure du possible réalistes, sinon conservatives. Ainsi par exemple dans le cadre des taux de consommation, on ne tient pas compte de régimes alimentaires particuliers, mais on part de valeurs représentatives de la consommation moyenne de la population suisse.

Pour les autres paramètres, on utilise les valeurs disponibles dans la littérature. Dans le cas où l'on trouve plusieurs valeurs différentes, on choisit celle qui conduit à l'estimation la plus élevée de la dose, sauf si cette valeur peut de prime abord être qualifiée, pour la situation considérée, comme très irréaliste ou extrêmement invraisemblable.

La dispersion des substances radioactives est présentée au chapitre 5 et les voies d'exposition prises en compte, au chapitre 6.

4.1 Limites de rejet

Les rejets admissibles de substances radioactives dans l'environnement sont en principe limités pour une période d'une année, sous forme de limites annuelles de rejet. On définit en outre des limites de rejet pour des périodes plus courtes; elles sont appelées limites pour les rejets de courte durée. Lors de la fixation des limites pour les rejets de courte durée, on tient compte du fait que, durant de courts laps de temps, la dispersion peut être plus défavorable que si l'on effectue la moyenne sur toute l'année. Les limites sont fixées de manière à ce que les valeurs directrices de dose liées à la source, selon l'article 7 de l'ordonnance sur la radioprotection, ne soient pas dépassées, aussi bien dans le cas des rejets de longue durée que de courte durée. On ne fait pas l'hypothèse d'une accumulation des doses associées aux limites pour les rejets de longue et de courte durée, car les points d'impact ne se situent très probablement pas au même endroit. On tient compte des hypothèses suivantes:

- a. Dans le cas des rejets de longue durée, on détermine la dose pour la première année qui suit cinquante années d'exploitation au cours desquelles les rejets ont été constants et ont correspondu chaque année aux limites. Dans ce cadre on admet que les limites annuelles applicables à toutes les voies autorisées de rejet sont atteintes simultanément.

Dans le cas des rejets de courte durée, on détermine la dose accumulée

dans les 12 mois qui suivent le rejet qui est admis unique. On admet dans ce cas que toutes les limites fixées pour l'installation (gaz rares, aérosols, etc.) sont atteintes. Pour une installation avec plusieurs emplacements de rejet (par exemple dans le cas de l'Institut Paul Scherrer), on admet que les limites pour les rejets de courte durée valables pour un seul emplacement de rejet sont atteintes.

- b. Pour les rejets de longue durée on admet une déposition sèche et une déposition humide. Pour les rejets de courte durée, on s'assure que la valeur directrice de dose liée à la source est respectée aussi bien pour une déposition exclusivement sèche que pour les situations météorologiques avec déposition humide. Dans le cas de la déposition sèche, on admet une courte durée de rejet (c'est-à-dire avec des conditions météorologiques constantes). Pour les dépositions humides, on peut admettre que le rejet se répartit régulièrement sur au moins 24 heures et que la direction du vent et les conditions météorologiques varient, comme ceci est décrit dans la prescription administrative se rapportant au paragraphe 45 de l'ordonnance allemande sur la radioprotection; ce fait est pris en compte en réduisant les facteurs de dispersion et de lessivage d'un facteur 4. Pour les emplacements de rejet pour lesquels celui-ci a lieu avec une forte probabilité durant une courte durée, une telle réduction n'est pas admise. Pour les dépositions humides, on admet une intensité moyenne des précipitations de 2 mm/h. Ceci correspond à l'intensité moyenne des précipitations pour une pluie continue en Suisse.
- c. Pour le calcul de la dose, on admet un mélange standard de radionucléides, mélange fixé de manière spécifique pour chaque installation.
- d. Pour le groupe critique de la population, on prend en compte les enfants en bas âge, les enfants de 10 ans et les adultes.
- e. Les calculs de dose sont effectués par l'IFSN avec les modèles et les paramètres fixés dans les appendices. L'exploitant peut tenir compte, dans ses calculs, de données supplémentaires spécifiques au site, de mesures ou de considérations traçables (par exemple des expériences en soufflerie, des statistiques météorologiques). Ces écarts sont à justifier auprès de l'IFSN.

Pour les situations qui ne correspondent pas aux hypothèses données sous b), un dépassement de la valeur directrice de la dose dans l'environnement tout en respectant les limites de rejet est exceptionnellement possible. Ceci concerne en particulier les rejets de très courte durée (< 24 heures) et/ou les cas de fortes précipitations. Il n'est pas raisonnable de prendre en compte ces exceptions dans la fixation de la limite de dose. Cependant l'IFSN se réserve la possibilité d'introduire des seuils d'annonce plus bas pour des groupes critiques de radionucléides. Ceci permet, si cela s'avère nécessaire, de réduire à l'aide de mesures adéquates les effets sur l'environnement.

4.2 Défaillances de dimensionnement

Les limites de dose fixées à l'article 94 de l'ordonnance sur la radioprotection s'appliquent au dimensionnement d'une installation nucléaire contre les défaillances. Dans le calcul des doses associées, on tiendra compte des éléments énumérés ci-dessous:

- a. Le détenteur de l'autorisation effectue les calculs de dose en utilisant les modèles et les paramètres indiqués dans la présente directive. Pour vérifier le respect des limites de dose on se base en principe sur la dose reçue durant la première année après l'événement (sans réduction liée aux mesures de protection).

Lors de défaillances dont la fréquence est plus petite que 10^{-2} par an, on peut admettre, pour le calcul de l'ingestion, qu'après deux jours au plus tard une interdiction de récolte et de pâture sera décrétée. Dans le cadre des calculs on peut supposer que c'est seulement durant les premières 48 heures après la défaillance qu'une récolte non surveillée et une consommation de denrées alimentaires contaminées ont lieu dans le territoire concerné.

Lors de défaillances dont la fréquence est plus petite que 10^{-6} par an (défaillance sortant du cadre de dimensionnement), on peut tenir compte des mesures visant à réduire les doses. Dans le cas de l'ingestion, on admet qu'une récolte non surveillée et une consommation de denrées alimentaires contaminées n'interviennent que durant les premières 24 heures après l'occurrence de la défaillance. En outre on admettra pour les calculs une distance minimale de 500 m sous le vent.

- b. Pour la détermination de la dose maximale on effectue des calculs pour différentes distances et pour différentes classes de stabilité de l'atmosphère par déposition sèche et humide, et les résultats les moins favorables sont retenus. Selon la pratique habituelle, la vitesse du vent est admise constante et de 1 m/s. En outre on admet que durant les 8 premières heures il pleut en continu avec une intensité moyenne des précipitations de 2 mm/h. Pour les relâchements de substances radioactives de plus longue durée on admet que la direction du vent et les conditions météorologiques varient. Pour ces cas on peut utiliser un modèle avec des conditions de dispersion et de lessivage échelonnées dans le temps. Les facteurs de réduction sur les coefficients de dispersion et de lessivage, ainsi que sur l'intensité des précipitations, sont les suivants: facteur 2 entre 8 et 24 heures, facteur 4 entre 24 et 72 heures et facteur 8 ensuite (prescription administrative générale se rapportant au paragraphe 45 de l'ordonnance allemande sur la radioprotection).
- c. Les termes-sources (c'est à dire les hypothèses concernant la quantité, la composition radionucléidique et l'évolution temporelle des rejets de substances radioactives) sont fixés de manière spécifique à la défaillance. La

durée admise pour le rejet, ainsi que le mode de relâchement (par la cheminée ou par d'autres parties de l'installation), dépendent de la défaillance postulée.

- d. La détermination de la dose maximale s'effectue pour une personne qui se tient à l'endroit le plus défavorable durant le passage du nuage et qui travaille ensuite à l'endroit présentant la dose totale la plus élevée, y habite et couvre le total de ses besoins alimentaires à partir de cet endroit.

Il est spécifié en particulier que les calculs de dose pour les défaillances de dimensionnement tiennent aussi compte de la voie d'exposition par „inhalation de substances remises en suspension“.

- e. Pour le groupe critique de la population on tiendra compte des enfants en bas âge, des enfants de 10 ans et des adultes.
- f. Les calculs de dose sont réalisés avec les modèles et les paramètres donnés dans les appendices 1 à 5 de la présente directive. Il est loisible d'utiliser d'autres modèles correspondant à l'état de la science et de la technique en tenant compte des conditions données dans les points a à e (par exemple appauvrissement du nuage radioactif par décroissance radioactive et déposition, croissance de radioéléments filles, réflexion par une couche d'inversion).

4.3 Rejets effectifs

Le calcul des doses en situation normale permet d'évaluer les effets les plus défavorables des rejets dans l'environnement et de vérifier le respect des exigences selon l'ordonnance sur la radioprotection et la directive R11 de l'IFSN. On utilise pour ces calculs les modèles décrits ici. Lorsqu'une voie d'exposition conduit à une contribution de dose plus petite que 10^{-6} Sv (1 μ Sv) par événement, alors la valeur obtenue ne doit plus figurer explicitement dans les calculs pour la situation normale.

Dans le cas d'un événement, les calculs de dose permettent d'évaluer la situation et de prendre les décisions concernant les mesures de protection selon le concept des mesures à prendre en fonction des doses (CMD) de l'ordonnance relative à l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité (OROIR). Dans le cas où l'on ne dispose pas de valeurs de mesure spécifiques ou d'informations pour certaines données ou paramètres, les calculs pour la première estimation des doses sont à effectuer à l'aide des modèles et des paramètres donnés ici pour les rejets de courte durée, en tenant compte des conditions fixées dans le CMD (par exemple concernant les voies d'exposition à prendre en compte). Les calculs de dose tiendront compte dès que possible de la situation réelle et l'on utilisera les données effectives de mesure (par exemple les données météorologiques ainsi que les paramètres saisonniers qui influencent la dose). En outre on prendra en compte de possibles améliorations (sur la base de données de mesure ou d'autres informations supplémentaires) ou l'on utilisera des modèles plus adaptés à la situation rencontrée.

5 Dispersion des substances radioactives

5.1 Transport atmosphérique

La modélisation de la dispersion des substances radioactives s'effectue à l'aide d'un modèle de Gauss avec correction en fonction de la hauteur, selon la nouvelle version du chapitre 4 „Berechnung der Strahlenexposition “ des bases de calcul en cas de défaillance (Directives pour évaluer le dimensionnement des centrales nucléaires à eau bouillante de l'ordonnance allemande sur la radioprotection) et selon les guides de sûreté de l'AIEA (Safety Series No. 50-SG-S3; Safety Guide No. NS-G-3.2), ainsi que selon le document de l'AIEA „Safety Report Series No.19“. La dispersion est décrite à l'aide de coefficients de dispersion χ , variables dans l'espace et le temps, coefficients définis comme rapports entre la concentration des radionucléides dans l'air (C_L) et le taux de rejet (\dot{Q}). On a: $C_L = \dot{Q} \cdot \chi$. Dans la pratique, les calculs, en particulier pour les rejets de longue durée, sont effectués en général avec des valeurs moyennes dans le temps des coefficients de dispersion. Les coefficients de dispersion χ sont ainsi différents pour les rejets de courte ou de longue durée. La détermination des coefficients de dispersion pour les rejets de courte durée χ_K est basée sur l'hypothèse d'un rejet qui se déroule dans les mêmes conditions météorologiques (voir chapitre 4). Pour les coefficients de dispersion dans le cas des rejets de longue durée χ_L on admet un rejet constant durant au moins une année et on effectue la moyenne du coefficient de dispersion à l'aide de la statistique météorologique sur cette période. Les formules pour le calcul des coefficients de dispersion et les valeurs des paramètres à utiliser pour les centrales nucléaires suisses sont rassemblées à l'appendice 1.

5.2 Déposition sur le sol et sur les plantes

Lors de la déposition sur le sol et les plantes, on distingue la déposition sèche et la disposition humide:

- a. En cas de **déposition sèche (retombée)**, la moyenne dans le temps des taux de déposition est directement proportionnelle à la concentration locale des radionucléides C_L dans l'air au niveau du sol au point d'intérêt. Le facteur de proportionnalité est appelé vitesse de déposition v_g . Du fait de cette proportionnalité directe, les endroits où la concentration des radionucléides dans l'air au sol est maximale coïncident avec la déposition maximale et la dose maximale accumulée.
- b. En cas de **déposition humide (lessivage)**, le taux de déposition est proportionnel à l'intégrale de la concentration des radionucléides dans la colonne d'air au-dessus du point d'impact. Pour décrire ce comportement, on définit un nouveau facteur de proportionnalité, le facteur de lessivage W , comme quotient du taux de déposition et du taux de rejet \dot{Q} considéré comme constant durant la période considérée. Contrairement à la déposition

tion sèche l'endroit de la concentration maximale sur le sol se trouve en principe sur le point de rejet lui-même. On tiendra compte cependant des règles de base données au chapitre 4 et des autres dispositions. On définit, de manière analogue au traitement du coefficient de dispersion, des facteurs de lessivage pour les rejets de courte et de longue durée.

Le taux total de déposition \dot{A} due aux retombées et au lessivage dépend de l'endroit et du temps et est obtenu en sommant les taux de dépositions sèche et humide à chaque endroit. La déposition locale A se déduit comme intégrale sur le temps durant la période considérée. Les méthodes de calcul des coefficients de lessivage et des taux globaux de déposition sur le sol et les plantes sont rassemblées à l'appendice 2.

Pour le calcul des limites de rejet associées à un emplacement particulier, on utilise les coefficients de dispersion χ , de même que les facteurs de lessivage W , correspondant à l'endroit où la dose totale est la plus élevée. Les domaines qui ne sont pas utilisés par l'agriculture pour la production de produits alimentaires et les domaines non habités (par exemple les surfaces de forêt) sont éliminés dans la mesure où la contribution principale à la dose ne provient pas du rayonnement direct issu du nuage radioactif (panache).

5.3 Pénétration dans le sol

Après leur déposition sur le sol, les radionucléides peuvent y pénétrer, se lier à des particules du sol ou être transportés. Ces effets contribuent d'une part à la réduction du rayonnement externe provenant du sol, et d'autre part à l'arrivée des radionucléides dans la partie du sol (zone racinaire) où ils seront absorbés par les plantes à travers les racines et peuvent atteindre la chaîne alimentaire de l'homme. Une description exacte du transport des radionucléides dans le sol dépend de nombreux facteurs (par exemple la nature du sol et la végétation, le niveau de la nappe phréatique, etc.) et est ainsi très complexe. On utilise dans la présente directive des modèles très simplifiés pour décrire les phénomènes de transport dans le sol.

5.4 Transport par l'eau

Pour les rejets aqueux qui sont déversés dans la rivière, on admet un mélange complet de l'eau de rejet avec l'eau de la rivière. Il en résulte que toute la quantité de radionucléides est transportée par la rivière.

6 Voies d'exposition

Les voies d'exposition décrites ci-dessous sont représentées à la figure 1.

6.1 Émissions dans l'atmosphère

Rayonnement externe provenant du panache

Dans le calcul de la dose totale due à la radiation externe provenant du panache, on prend en compte les contributions des gaz rares, des aérosols ainsi que de l'iode. On utilise à cet effet un modèle d'immersion avec correction pour la répartition de l'activité dans le nuage. On peut aussi utiliser directement un modèle de submersion.

Pour le calcul de l'exposition aux radiations provenant du panache, on parle d'immersion lorsque l'on admet que la concentration de l'activité au niveau du sol au point d'impact considéré est répartie de manière homogène dans tout le demi-plan. On parle de submersion quand on tient compte de la répartition réelle de la concentration dans le panache. Les calculs de submersion sont plus exigeants, mais ils donnent des résultats en général plus réalistes que les calculs d'immersion, en particulier dans le domaine plus proche de la centrale que le point d'impact principal.

Le calcul de la dose due à l'exposition externe par le panache avec un modèle d'immersion non corrigé conduit, pour les émetteurs gamma, à l'endroit où la concentration de l'air au sol est maximale, à une surestimation de la dose effective d'environ un facteur 2.

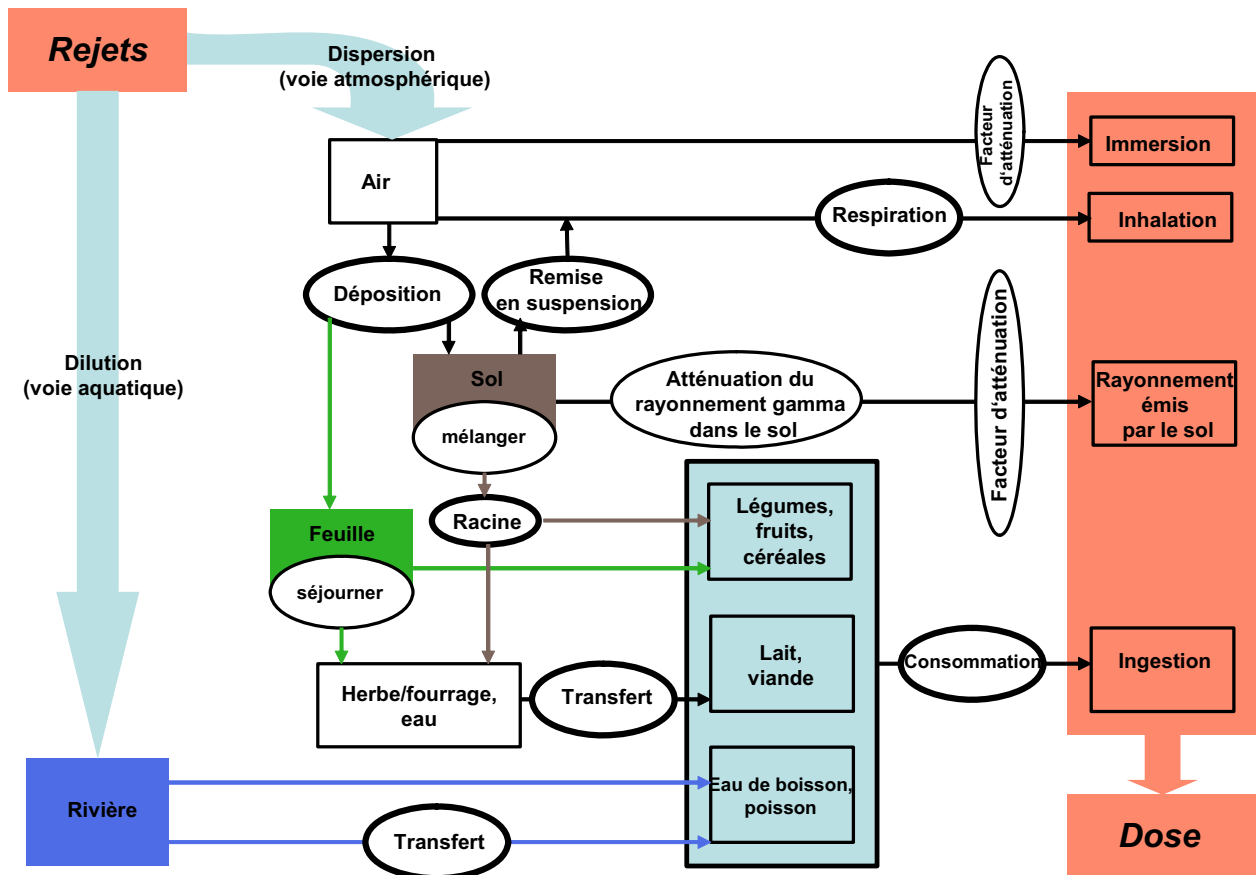


Figure 1: Modèle de calcul des doses de la directive G14 de l'IFSN (sans ^{14}C et sans ^3H)

Par contre la dose est en partie sous-estimée pour les endroits plus proches de la centrale. On peut améliorer les résultats des calculs d'immersion, sans pertes importantes des avantages énoncés, en introduisant des facteurs de correction basés sur des répartitions simplifiées de la concentration des radionucléides (par exemple une sphère centrée sur l'axe du panache).

Une liste des formules déterminantes et de leur déduction pour un modèle d'immersion corrigé par l'hypothèse de la sphère est donnée aux appendices 1 et A5.1.

Inhalation provenant du panache

Les substances radioactives du panache de rejet peuvent être inhalées. Dans ce cas il s'agit surtout d'aérosols, de iode et de tritium qui se déposent dans les poumons et sont ensuite incorporés. Comme les gaz rares et le carbone-14 (sous forme de gaz carbonique) ne sont pas déposés dans les poumons, leur contribution à la dose suite à l'inhalation est négligeable. Les formules pour le calcul de la dose d'inhalation à partir des rejets sont données à l'appendice A5.2, respectivement A5.6 (pour le tritium).

Rayonnement émis par le sol

Les substances radioactives, par exemple le iode et les aérosols, sont déposées sur le sol par retombée et par lessivage et contribuent ainsi à la dose totale due à la radiation externe. Contrairement à l'exposition externe provenant du panache et de l'inhalation, l'exposition externe par le sol s'observe en partie durant des années après le passage du nuage. Le calcul de dose due à l'exposition externe provenant du sol tient compte de l'atténuation du rayonnement liée à la pénétration de l'activité dans le sol, ainsi que de la désintégration radioactive (appendices 2 et A5.3).

Inhalation des substances remises en suspension

Après leur déposition sur le sol, le iode et les aérosols sont remis en suspension, ce qui rend possible une inhalation ultérieure. Dans les calculs associés aux défaillances, cet effet peut conduire à des doses non négligeables, en particulier dans le cas des aérosols émetteurs α (appendice A5.2).

Ingestion

Comme dans le cas du rayonnement émis par le sol, l'ingestion, c'est-à-dire l'incorporation de radionucléides avec l'alimentation, est un effet à long terme. On distingue trois voies particulières d'exposition, à savoir l'absorption avec les produits végétaux (légumes et fruits), avec le lait et avec la viande. Les aérosols, le iode, le carbone-14 et, dans une moindre mesure, le tritium, peuvent contribuer de manière significative à la dose par ingestion, car ces substances sont soit déposées à partir de l'air sur les feuilles (iode, aérosols), soit atteignent la zone racinaire (aérosols) des plantes, soit peuvent être incorporées dans les plantes (photosynthèse), en particulier dans le cas du carbone-14 sous la forme de CO_2 . Les formules nécessaires au calcul de la dose par ingestion, ainsi que leur déduction, sont données dans les appendices 3, 4 et A5.4 (pour le iode et les aérosols), A5.5 (pour le carbone-14) et A5.6 (pour le tritium).

6.2 Évacuation par les eaux

Les rejets de substances radioactives dans les eaux de surface jouent un rôle sur la chaîne alimentaire de l'homme par la consommation directe de l'eau de boisson, par la consommation du lait et de la viande d'animaux qui ont été abreuvés avec de l'eau de rivière et par la consommation de poissons. Dans tous les cas on part de l'idée qu'à l'endroit de la prise d'approvisionnement en eau, ainsi que dans la zone d'habitat principal des poissons de consommation, les eaux de rejet sont complètement mélangées avec l'eau de la rivière et qu'en cas de rejets discontinus une moyenne statistique sur l'année de la concentration des radionucléides dans l'eau de la rivière est possible. Dans ces conditions la dose par ingestion due à la consommation d'eau, de lait, de viande et de poisson peut être déterminée à l'aide des formules de l'appendice A5.8 pour le tritium et A5.7 pour les autres nucléides.

6.3 Cas spéciaux

Outre les voies d'exposition indiquées dans les chapitres 6.1 et 6.2, on peut encore s'imaginer d'autres voies, ainsi par exemple l'exposition au rayonnement externe lors du séjour sur les sédiments des rives et dans les territoires inondés, la dose d'ingestion liée à la dispersion de sédiments de rivière sur des champs ou l'arrosage de secteurs agricoles avec de l'eau de rivière prise en aval de la centrale nucléaire, etc. De telles voies d'exposition n'apportent une contribution significative à la dose totale que dans des cas spéciaux et ainsi ne sont généralement pas à prendre en compte. Dans de rares situations exceptionnelles on doit analyser au cas par cas si des voies spéciales sont à prendre en compte ou si certains nuclides sont relâchés sous une forme particulière (par exemple le carbone-14 sous forme organique) qui exige une adaptation ou une extension des méthodes décrites dans la présente directive

7 Liste des références

- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen (AVV). Bundesanzeiger 42 (64a) (1990)
- IAEA Safety Guides, Safety Series No. 50-SG-S3 "Atmospheric Dispersion in Nuclear Plant Siting". International Atomic Energy Agency (1980)
- IAEA Safety Standard Series, Safety Guide No. NS-G-3.2 "Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants". International Atomic Energy Agency (2002)
- IAEA Safety Report Series No. 19: Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment (2001)
- Neufassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäss §28, Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung. Bundesanzeiger 46 (222a), 29. Juni 1994

La présente directive a été adoptée par l'IFSN le 21 décembre 2009.

Le directeur de l'IFSN: sig. U. Schmocker

Appendice 1: Dispersion, déposition et transfert des substances radioactives

Les paragraphes suivants ne contiennent que les formules utilisées pour le calcul. Une liste des paramètres utilisés dans les tableaux est donnée à l'appendice 6. Une liste des références citées dans les appendices se trouve à la fin de la directive.

A.1.1 Calculs pour les rejets de courte durée

A.1.1.1 Coefficients de dispersion pour les rejets de courte durée $\chi_{K,C}$ et $\chi_{K,S}$

Coefficient de dispersion au sol pour les rejets de courte durée (inhalation et retombée)

Selon [A1], on obtient pour une émission par la cheminée le coefficient de dispersion au sol pour les rejets de courte durée à l'aide de la formule suivante:

$$\chi_{K,C}(X, Y, H_{\text{eff,topo}}) = (1 - G_t) \cdot \frac{e^{-\left(\frac{H_{\text{eff,topo}}^2}{2 \cdot \sigma_z^2} + \frac{Y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right)}}{\pi \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y \cdot U(H_a)} + G_t \cdot \frac{e^{-\left(\frac{Y^2}{2 \cdot \sigma_{y,0}^2}\right)}}{\pi \cdot \sigma_{z,0} \cdot \sigma_{y,0} \cdot U(0)}$$

Pour d'autres voies d'exposition et de manière générale pour les défaillances de dimensionnement, on fixe une hauteur de relâchement effective de manière conservatrice en fonction du terme source et on prend $G_t = 0$.

Approximation du coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée dans le cas de la submersion avec un modèle sphérique (calcul d'immersion corrigé)

Pour tenir compte de la répartition de l'activité dans le panache, on devrait, pour le calcul de l'exposition externe, intégrer sur le panache (calcul de submersion). Au lieu de cela on applique selon [A2] un modèle de nuage sphérique. On admet que le rayonnement externe est issu d'une sphère centrée sur l'axe du panache et de rayon σ . La concentration radioactive à l'intérieur de la sphère est admise homogène et égale à la concentration sur l'axe du panache.

Le coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée $\chi_{K,C}$ au centre d'un panache (c'est à dire $Y=0$) est donnée par la formule suivante:

Contribution du panache en hauteur:

$$\chi_{K,C}(X, H_{\text{eff,topo}}) = \frac{1 + e^{-\left(\frac{2 \cdot H_{\text{eff,topo}}^2}{\sigma_z^2}\right)}}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U(H_a)}$$

Contribution du panache au sol:

$$\chi_{k,c}(X, 0) = \frac{1}{\pi \cdot \sigma_{y,0} \cdot \sigma_{z,0} \cdot U(0)}$$

Ce coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée $\chi_{k,c}$ au centre d'un panache doit être transformé à l'aide d'un facteur de correction k_{sc}^c en un coefficient particulier de dispersion pour les rejets de courte durée „par submersion“ $\chi_{k,s}$. On a:

$$\chi_{k,s}(X, Y, H_{\text{eff,topo}}) = (1-G_t) \cdot k_{sc}^c(X, Y, H_{\text{eff,topo}}) \cdot \chi_{k,c}(X, H_{\text{eff,topo}}) + G_t \cdot k_{sc}^c(X, Y, 0) \cdot \chi_{k,c}(X, 0)$$

On utilise pour le calcul de k_{sc}^c le polynôme d'interpolation suivant:

$$k_{sc}^c = \exp\left[\sum_{i=0}^5 \sum_{j=0}^i a_{i,j} \left(\frac{r}{\sigma}\right)^{(i-j)} \cdot \{\ln(\sigma)\}\right]$$

avec

$$\sigma = \sqrt{\sigma_z \cdot \sigma_y}$$

Il faut tenir compte en outre des conditions aux limites suivantes:

- quand $\sigma > 1000$, on introduit pour σ la valeur de 1000 dans le calcul
- quand $r/\sigma > 5$, σ est augmenté de sorte que le quotient r/σ soit égal à 5. Pour les χ_c le produit $\sigma_y \cdot \sigma_z$ sous la barre de fraction est substitué par la nouvelle valeur σ^2 .
- quand $r = 0$, on calcule avec un quotient $r/\sigma = 0,0001$

Désignations

- A-F* Désignation des 6 catégories météorologiques: la détermination de la catégorie à attribuer à une situation s'effectue à l'aide de [A1], tableau VII (Méthode de la vitesse du vent et du gradient de température)
- a_{i,j}* Coefficients du polynôme d'interpolation (à deux dimensions) pour la détermination du facteur de correction k_{sc}^c . Les valeurs suivantes sont à utiliser:

a_{i,j} j	0	1	2	3	4	5
i						
0	$-2.697 \cdot 10^{+0}$					
1	$1.125 \cdot 10^{+0}$	$-3.429 \cdot 10^{+0}$				
2	$-2.248 \cdot 10^{-1}$	$-1.569 \cdot 10^{+0}$	$2.830 \cdot 10^{+0}$			
3	$-1.920 \cdot 10^{-1}$	$3.298 \cdot 10^{-1}$	$6.236 \cdot 10^{-1}$	$-7.745 \cdot 10^{-1}$		
4	$7.361 \cdot 10^{-2}$	$-2.903 \cdot 10^{-2}$	$-7.889 \cdot 10^{-2}$	$-1.018 \cdot 10^{-1}$	$9.420 \cdot 10^{-2}$	
5	$-7.276 \cdot 10^{-3}$	$2.033 \cdot 10^{-3}$	$2.138 \cdot 10^{-3}$	$4.581 \cdot 10^{-3}$	$5.880 \cdot 10^{-3}$	$-4.305 \cdot 10^{-3}$

- G_t* Fraction du rejet qui est admis relâchée au niveau du sol, sur la base de l'influence des bâtiments (voir [A1], chapitre 3.5.3).
- H_{eff}* Hauteur de rejet effective sans la correction topographique selon les formules de [A1] chapitre 3.5.2. Dans les formules de [A3] il faut chaque fois remplacer la désignation H utilisée dans ce document par H_{eff}.
- H_a* Hauteur réelle de rejet sans aucune correction.
- H_{eff,topo}* Hauteur effective du panache avec la correction topographique. Celle-ci s'effectue selon [A3], mais en utilisant ici pour la correction topographique la valeur h(X, Y) et non h(X, 0).
- h(X, Y)* Hauteur du terrain par rapport au pied du point d'émission [m]:
 $h(X, Y) = h_t(X, Y) - h_t(0, 0)$.
- h_t(X, Y)* Altitude topographique d'un point dans le terrain (m au-dessus du niveau de la mer).
- ΔH* Différence d'altitude entre le point d'impact pour le calcul d'immersion avec correction et l'axe du panache; on a : $\Delta H = H_{eff,topo}(X, Y=0) + [h_t(X, 0) - h_t(X, Y)]$;
- r* Distance absolue entre l'endroit considéré et l'axe du panache; $r = \sqrt{\Delta H^2 + Y^2}$;
- U(H_a)* Vitesse du vent en m/s à la hauteur de rejet non corrigée (par exemple la cheminée).
- U(0)* Pour le calcul des limites de rejet et dans le cas des défaillances de dimensionnement, on admet pour les rejets de courte durée un champ de vitesse du vent indépendant de la hauteur. Les vitesses du vent $U(H_a) = U(0)$ sont variées par pas de 1m/s de 1 à 10 m/s et le coefficient maximum de dispersion est retenu.

Dans les autres cas (détermination du coefficient de dispersion pour les rejets de longue durée, voir ci-dessous, et calcul du coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée en disposant des vitesses mesurées du vent), on procède à la correction suivante sur la vitesse du vent :

pour $H_a > 10m$: $U(H_a) = U_M (H_a/z_1)^{m_k}$;

pour $H_a < 10m$: $U(H_a) = U(0) = U_M (10/z_1)^{m_k}$.

U_M est la vitesse du vent déterminée à la hauteur de mesure, z_1 est la hauteur de mesure et H_a la hauteur de la cheminée; pour l'exposant de la correction m_k on utilisera pour les différentes catégories météorologiques les valeurs suivantes tirées de [A3]:

Catégorie météorologique	A	B	C	D	E	F
m_k	0.09	0.20	0.22	0.28	0.37	0.42

Y Écart par rapport à l'axe de la direction de propagation. Cette valeur peut être fixée à 0 lorsque l'on veut calculer la valeur maximale de χ_k (par exemple dans le cas de la limitation des rejets).

X Distance jusqu'à l'endroit du rejet; les distances inférieures à 200 m de l'endroit du rejet ne sont pas prises en compte.

x, y Coordonnées globales d'un point X, Y . On a:

$$x = x_0 + \cos(\pi/2-\alpha) \cdot X - \sin(\pi/2-\alpha) \cdot Y$$

$$y = y_0 + \sin(\pi/2-\alpha) \cdot X + \cos(\pi/2-\alpha) \cdot Y$$

x_0, y_0 Coordonnées globales de l'endroit de rejet

α Direction de propagation du panache dans le terrain en radians (N-E-S-W)

σ_y, σ_z Paramètres de dispersion gaussienne: les facteurs sont liés à la distance X jusqu'à l'endroit du rejet selon la formule suivante:

$$\sigma_i(X) = p_i (X/X_0)^{q_i}; \quad i = y, z; X_0 = 1 \text{ m}$$

p_i [m] et q_i [sans dimension] sont appelés paramètres de Vogt. Leurs valeurs et les interpolations pour la hauteur de rejet (hauteur effective de rejet à une distance de 200 m de l'endroit de rejet) sont à prendre, pour les différentes catégories météorologiques, dans le tableau 1 de l'appendice 7 (tirées de [A3]).

$\sigma_{y,0}, \sigma_{z,0}$ Paramètres de dispersion gaussienne pour un rejet au sol; pour les calculer on utilise, dans la formule mentionnée, les paramètres de Vogt pour une hauteur de 50 m.

Coefficients de dispersion pour les rejets de courte durée applicables aux centrales nucléaires suisses en fonctionnement normal

Pour les centrales nucléaires suisses on utilisera les valeurs données dans les tableaux ci-dessous pour le calcul des coefficients de dispersion dans le cas des limites de rejet de courte durée:

Déposition exclusivement sèche

Centrale nucléaire	$\chi_{K,alt}$ [s/m ³]	χ_K [s/m ³]	$\chi_{K,s}$ [s/m ³]	Point principal d'impact, distance sous le vent, secteur de dispersion
KKB I/II	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$4.9 \cdot 10^{-5}$	500 m; 250°/255° (Böttstein)
KKG	$2.6 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$	1700 m; 35° (Wohnhäuser Bösch)
KKL	$3.4 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$9.4 \cdot 10^{-6}$	2250 m; 205° (Brühalden)
KKM	$2.0 \cdot 10^{-5}$	$2.7 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$	1600 m; 160°-170° (WNW Stockeren)

Déposition simultanément sèche et humide en tenant compte d'une durée de rejet d'au moins 24 heures:

Centrale nucléaire	$\chi_{K,alt}$ [s/m ³]	χ_K [s/m ³]	$\chi_{K,s}$ [s/m ³]	Point principal d'impact, distance sous le vent, secteur de dispersion
KKB I/II	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	500 m; 250°/255° (Böttstein)
KKG	$7.0 \cdot 10^{-6}$	$1.1 \cdot 10^{-8}$	$1.4 \cdot 10^{-6}$	400 m; 320° (Stegbach)
KKL	$9.0 \cdot 10^{-6}$	0	$1.1 \cdot 10^{-7}$	400 m; 225° (Wermet)
KKM	$5.0 \cdot 10^{-6}$	0	$4.0 \cdot 10^{-7}$	250 m; 355° (Brättelen)

Les coefficients de dispersion des autres installations nucléaires dans le domaine de surveillance de l'IFSN sont donnés dans d'autres documents (par exemple dans le règlement concernant les émissions pour l'installation en question).

A.1.2 Calculs pour les rejets de longue durée

A.1.2.1 Coefficients de dispersion pour les rejets de longue durée χ_L et $\chi_{L,s}$

Le coefficient de dispersion pour les rejets de longue durée χ_L , respectivement le coefficient de dispersion pour les rejets de longue durée „corrigé pour la submersion“ $\chi_{L,s}$, s'obtient en faisant la moyenne des coefficients de dispersion pour les rejets de courte durée $\chi_{K(S)}$ sur la base d'une statistique météorologique à long terme :

$$\chi_{L(S)}(x,y) = \sum_{i,j,k} P_{ijk} \cdot \chi_K(Y(x,y,i), H_{eff,corr}(x,y,j,k), X(x,y,i), j,k)$$

Cette formule est basée sur une discrétisation de la statistique météorologique en secteurs de dispersion et en intervalles discrets de vitesse du vent.

Désignations

P_{ijk} Probabilité d'une condition météorologique avec direction de propagation dans le secteur i , vitesse du vent dans l'intervalle j et catégorie météorologique k .

$P_{ijk} = T_{ijk} / T_{tot}$, où T_{tot} est la durée totale sur laquelle la statistique météorologique a été établie, T_{ijk} la durée d'apparition des conditions météorologiques i, j, k .

i Indice courant du secteur; l'IFSN utilise une discrétisation en $n=72$ secteurs, dans laquelle le secteur 1 correspond au nord, le secteur 19 à l'est, etc. Comme les statistiques météorologiques utilisent normalement un nombre différent de secteurs m ($i'=1..m$), on doit effectuer la transformation suivante.

Dans la mesure où le secteur i est complètement compris dans le secteur i' on a:

$$P_{ijk} = P_{i'jk} \cdot m/n;$$

Dans le cas où un secteur i tombe par contre sur plusieurs secteurs $i'_1..i'_h$, on ob-

tient pour la probabilité $P_{ijk} = m/n \cdot \sum_{l=1}^h f_l \cdot P_{i'_ljk}$, où f_l décrit la part du secteur i qui

tombe dans le secteur i' .

A titre d'exemple le secteur $i=4$ de la discrétisation à 72 secteurs de l'IFSN tombe à moitié dans les secteurs $i'=1$ et $i'=2$ d'une statistique météorologique à 12 secteurs ;

Pour le reste il est admis que le vent ne souffle que de manière centrale dans le secteur i en question.

j Indice courant de la vitesse du vent. Par exemple on peut admettre 11 vitesses de 0,5 à 10,5 m/s à la hauteur de mesure en question; on peut aussi utiliser d'autres échelonnements, mais il faut veiller à ce que les intervalles soient assez fins aux basses vitesses.

k Indice courant de la catégorie météorologique (A-F).

A.1.2.2 Coefficients de dispersion pour les rejets de longue durée applicables aux centrales nucléaires suisses en fonctionnement normal

Pour les centrales nucléaires suisses on utilisera les valeurs données dans les tableaux ci-dessous pour le calcul de tous les coefficients de dispersion dans le cas des limites de rejet de longue durée:

Centrale nucléaire	χ_L [s/m ³]	$\chi_{L,s}$ [s/m ³]
KKB I/II	$5.0 \cdot 10^{-6}$	$5.0 \cdot 10^{-6}$
KKG	$1.2 \cdot 10^{-6}$	$1.2 \cdot 10^{-6}$
KKL	$9.2 \cdot 10^{-7}$	$9.2 \cdot 10^{-7}$
KKM	$6.0 \cdot 10^{-7}$	$6.0 \cdot 10^{-7}$

Appendice 2: Facteurs de déposition sur le sol et sur la surface des plantes

A.2.1 Facteurs de retombée et de lessivage

Retombée

Les taux de dépositions \dot{A}_F par retombée (déposition sèche sur le sol) sont directement liés, à travers la vitesse de déposition v_g , à la concentration locale des radionucléides C_L (voir le chapitre 5.2). On a ainsi ($C_L = \dot{Q} \cdot \chi$) pour le taux de déposition par retombée

$$\dot{A}_F = C_L \cdot v_g = \dot{Q} \cdot \chi \cdot v_g = \dot{Q} \cdot F$$

Les facteurs $F_L = \chi_L \cdot v_g$, respectivement $F_K = \chi_K \cdot v_g$, sont désignés facteurs de retombée pour les rejets de courte durée, respectivement de longue durée.

Lessivage

Les facteurs de lessivage W définissent directement la proportionnalité entre le débit des rejets \dot{Q} et le taux de déposition \dot{A}_W par lessivage:

$$\dot{A}_W = \dot{Q} \cdot W$$

La déduction des facteurs de lessivage s'effectue de la même manière que celle des coefficients de dispersion pour les rejets de courte et de longue durée.

A.2.2 Facteurs pour les rejets de courte durée

A.2.2.1 Facteur de lessivage pour les rejets de courte durée W_K

Développement

La déduction se base sur l'hypothèse que le facteur de lessivage pour les rejets de courte durée est proportionnel à l'activité totale dans la colonne d'air au-dessus du point de calcul. Le facteur de proportionnalité est le coefficient de lessivage Λ , qui dépend de l'intensité des précipitations I_N et du groupe de nuclides (aérosols, iode ou eau tritiée).

Formule finale selon [A1] et [A3]

$$W_K(X,Y) = (1-G_t) \cdot \frac{\Lambda \cdot \exp\left[-\left(\frac{Y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right)\right]}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot U(H_a) \cdot \sigma_y} + G_t \cdot \frac{\Lambda \cdot \exp\left[-\left(\frac{Y^2}{2 \cdot \sigma_{y,0}^2}\right)\right]}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot U(0) \cdot \sigma_{y,0}}$$

Désignations

- Λ Coefficient de lessivage: On a $\Lambda = \Lambda_0 \cdot (I_N/I_0)^\kappa$, avec une intensité des précipitations I_N , une intensité des précipitations de référence I_0 (1mm/h) et un exposant de la correction κ . Λ_0 désigne le coefficient de référence de lessivage pour une intensité des précipitations de 1mm/h.
- ... La signification des autres paramètres a déjà été donnée au chapitre A1.1.1.

Pour le calcul des limites de rejet il faut diviser le facteur de lessivage W_K ainsi obtenu par 4 pour tenir compte d'une durée de rejet d'au moins 24 heures.

A.2.3 Facteurs pour les rejets de longue durée

A.2.3.1 Facteur de lessivage pour les rejets de longue durée W_L

Développement

Comme dans le cas du coefficient de dispersion pour les rejets de longue durée, le facteur de lessivage pour les rejets de longue durée W_L s'obtient par une moyenne statistique sur les facteurs de lessivage pour les rejets de courte durée W_K .

Formule finale

$$W_L(x,y) = \sum_{i,j,k,m} P_{ijkm} \cdot W_K(\Lambda(m), Y(x,y,i), X(x,y,i), j, k)$$

Désignations

- P_{ijkm} Probabilité d'une condition météorologique avec direction de propagation dans le secteur i , vitesse du vent dans l'intervalle j , catégorie météorologique k et intensité des précipitations dans l'intervalle m .
- $P_{ijkm} = T_{ijkm}/T_{tot}$, où T_{tot} est la durée totale sur laquelle la statistique météorologique a été établie, T_{ijkm} la durée d'apparition des conditions météorologiques i,j,k,m .
- m Indice courant pour les intensités des précipitations.

A.2.3.2 Facteurs de déposition totale

Définition

Pour le calcul des taux de déposition totale sur le sol et sur la surface des plantes, on définit les facteurs de déposition pour les rejets de courte et de longue durée ξ_L , ξ_K , ξ'_L et ξ'_K . On a :

$$\xi = F + W \text{ (déposition directement sur le sol)}$$

et, avec un facteur de déposition sur la surface des plantes f_d :

$$\xi' = F + f_d \cdot W \text{ (déposition sur la surface des plantes)}$$

Selon les définitions des facteurs de retombée et de lessivage, on obtient pour le taux de déposition totale \dot{A} :

$$\dot{A} = \dot{A}_F + \dot{A}_W = \xi \cdot \dot{Q} \text{ (sol) respectivement } \dot{A} = \dot{A}_F + f_d \cdot \dot{A}_W = \xi' \cdot \dot{Q} \text{ (surface des plantes)}$$

Commentaires

Pour le calcul du taux de déposition totale le plus défavorable \dot{A} , on doit aussi déterminer chacun des facteurs de déposition totale les plus défavorables ξ respectivement ξ' . Ceci s'effectue selon les règles fixées au chapitre 6.2.

Le facteur f_d tient compte du fait que seule une fraction des substances déposées de manière humide sur la surface des plantes reste sur place.

Facteurs de déposition pour les centrales nucléaires suisses

Jusqu'à nouvel avis, pour tous les calculs de dispersion concernant les rejets de longue durée et pour le calcul de limites d'émission concernant les rejets de courte durée, les facteurs de retombée (F_L, F_K) et les facteurs de lessivage (W_L, W_K) donnés dans les tableaux ci-dessous sont à utiliser :

Dispersion pour les rejets de longue durée

Centrale nucléaire	Iode		Aérosols		Tritium
	F_L [m ⁻²]	W_L [m ⁻²]	F_L [m ⁻²]	W_L [m ⁻²]	W_L [m ⁻²]
KKB I/II	0	$8.5 \cdot 10^{-8}$	0	$8.5 \cdot 10^{-8}$	0
KKG	0	$2.0 \cdot 10^{-8}$	0	$2.0 \cdot 10^{-8}$	0
KKL	0	$1.7 \cdot 10^{-8}$	0	$1.7 \cdot 10^{-8}$	0
KKM	0	$1.0 \cdot 10^{-8}$	0	$1.0 \cdot 10^{-8}$	0

Dispersion pour les rejets de courte durée

Déposition exclusivement sèche

Centrale nucléaire	Iode (élémentaire)		Aérosols		Point principal d'impact (distance sous le vent, secteur de dispersion)
	F_K [m ⁻²]	W_K [m ⁻²]	F_K [m ⁻²]	W_K [m ⁻²]	
KKB I/II	$1.6 \cdot 10^{-6}$	-	$2.4 \cdot 10^{-7}$	-	500 m; 250°/255° (Böttstein)
KKG	$2.0 \cdot 10^{-7}$	-	$3.0 \cdot 10^{-8}$	-	1700 m; 35° (Bösch)
KKL	$1.5 \cdot 10^{-7}$	-	$2.3 \cdot 10^{-8}$	-	2250 m; 205° (Brühalden)
KKM	$2.7 \cdot 10^{-7}$	-	$4.1 \cdot 10^{-8}$	-	1600 m; 160°-170° (Stockeren)

Déposition simultanément sèche et humide en tenant compte d'une durée de rejet d'au moins 24 heures. Les facteurs de lessivage sont donnés pour une intensité des précipitations de 2mm/h.

Centrale nucléaire	Iode		Aérosols		Point principal d'impact (distance sous le vent, secteur de dispersion)
	F_K [m ⁻²]	W_K [m ⁻²]	F_K [m ⁻²]	W_K [m ⁻²]	
KKB I/II	$4.0 \cdot 10^{-7}$	$9.3 \cdot 10^{-8}$	$6.0 \cdot 10^{-8}$	$9.3 \cdot 10^{-8}$	500 m; 250°/255° (Böttstein)
KKG	~ 0	$2.3 \cdot 10^{-7}$	~ 0	$2.3 \cdot 10^{-7}$	400 m; 320° (Stegbach)
KKL	0	$2.5 \cdot 10^{-7}$	0	$2.5 \cdot 10^{-7}$	400 m; 225° (Wermet)
KKM	0	$4.0 \cdot 10^{-7}$	0	$4.0 \cdot 10^{-7}$	250 m; ~355° (Brättelen)

Appendice 3: Activité des radionucléides sur et dans le sol

Le modèle de la directive G14 de la IFSN traite différemment la pénétration de la radioactivité dans le sol pour le calcul du rayonnement externe et pour le transfert par les racines.

A.3.1 Hypothèses

- Pour le rayonnement externe dû aux dépôts, on tient compte d'une atténuation associée à la pénétration dans le sol. Dans ce cas tous les émetteurs gamma sont traités selon le même modèle [A4].
- Le transfert par les racines ne commence que l'année suivant la déposition. On admet que l'activité déposée se répartit de manière homogène dans la terre de la zone racinaire, par exemple par le labourage. Après le mélange, l'activité peut parvenir, avec une constante de séjour λ_W , dans les couches plus profondes qui ne sont pas atteignables par les racines [A3].
- Le temps t décrit, pour les rejets de longue durée, la durée depuis le début de l'année en question et, pour les rejets de courte durée, la durée depuis le rejet.

A.3.2 Rejets de courte durée

Activité au sol efficace pour le rayonnement externe

Lors d'un rejet de courte durée on ne tient pas compte de l'influence des années précédentes et on admet que les durées de rejet sont si courtes que les effets de décroissance et de pénétration durant le rejet sont négligeables. Ainsi on obtient, pour le rayonnement externe associé aux rejets de courte durée, la déposition efficace suivante:

$$A(t) \cong \{Q \cdot \xi_K\} \cdot [0.63 \cdot e^{-(\lambda + \lambda_{\text{fast}})t} + 0.37 \cdot e^{-(\lambda + \lambda_{\text{slow}})t}]$$

où $A(t)$ est dépendant de l'activité totale rejetée Q .

Concentration des radionucléides dans le domaine racinaire des plantes

Jusqu'au moment du mélange, qui est admis intervenir durant le premier semestre d'hiver suivant le moment du rejet et avant le début de la croissance des plantes pour la prochaine période de récolte, on peut admettre que la concentration dans la partie racinaire des plantes est nulle. A partir de ce moment la concentration dans le sol $C_{Bo}(t)$ se calcule suivant la formule:

$$C_{Bo}(t) = Q \cdot \xi_K / P_{Pfl} \cdot e^{-\lambda \cdot T_K} \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (t - T_K)} \cong Q \cdot \xi_K / P_{Pfl} \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot t}$$

où le temps T_K est le temps entre le rejet et le mélange de la zone racinaire, par exemple par le labourage.

Indication: pour les courtes durées, jusqu'à une année, la constante de décroissance λ peut, sans perte significative de précision dans le calcul, être remplacée par $\lambda_{e,Bo}$.

A.3.3 Rejets de longue durée

Activité au sol efficace pour le rayonnement externe

On admet de manière conservatrice que l'activité ne pénètre pas dans le sol durant l'année pour laquelle on effectue le calcul de dose. La déposition sur le sol $A(t)$, efficace pour le calcul de la dose externe, en tenant compte des dépositions des années précédentes, est décrite par la formule suivante:

$$A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t} + \int_0^t \dot{Q} \cdot \xi_L \cdot e^{-\lambda(t-t')} \cdot dt'$$

λ est la constante de désintégration radioactive. Le taux de rejet \dot{Q} est admis constant sur toute l'année dans le cas des rejets de longue durée; on obtient ainsi, après solution de l'intégrale, la déposition efficace pour le rayonnement externe:

$$A(t) = A(0) \cdot e^{-\lambda t} + \dot{Q} \cdot \xi_L \cdot (1 - e^{-\lambda t}) / \lambda$$

L'influence des dépositions des années précédentes au début de l'année en question $A(0)$ peut, selon [A4], se déterminer d'après la méthode suivante:

$$A(0) = A_{\text{fast}}(0) + A_{\text{slow}}(0)$$

où $A_{\text{slow}}(0)$ décrit une composante de l'activité qui pénètre lentement dans le sol et $A_{\text{fast}}(0)$ une composante qui y pénètre rapidement. Pour la vérification de la limitation des émissions on part d'un enrichissement du sol dû à des rejets homogènes correspondant aux valeurs limites durant les 50 années d'exploitation. Dans ce cas les grandeurs $A_{\text{fast}}(0)$ und $A_{\text{slow}}(0)$ se calculent comme suit:

$$A_{\text{fast}}(0) = 0.63 \cdot [\dot{Q} \cdot \xi_L] / (\lambda + \lambda_{\text{fast}}) \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{\text{fast}}) \cdot T_{50}})$$

$$A_{\text{slow}}(0) = 0.37 \cdot [\dot{Q} \cdot \xi_L] / (\lambda + \lambda_{\text{slow}}) \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{\text{slow}}) \cdot T_{50}})$$

Les constantes de pénétration λ_{fast} et λ_{slow} , les facteurs 0.63 et 0.37, de même que les formules, proviennent de [A4] et sont applicables, strictement parlé, seulement pour le césium-137; elles sont cependant appliquées par l'IFSN pour tous les nuclides.

Pour le calcul des doses à partir des émissions annuelles on obtient les valeurs $A_{\text{fast}}(0)$ et $A_{\text{slow}}(0)$ par itération sur des intervalles d'une année :

$$A_{\text{fast}}(0) = A_{\text{fast}}(-1) \cdot e^{-(\lambda + \lambda_{\text{fast}}) \cdot T_1} + 0.63 \cdot [\dot{Q}(-1) \cdot \xi_L] / (\lambda + \lambda_{\text{fast}}) \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{\text{fast}}) \cdot T_1})$$

$$A_{\text{slow}}(0) = A_{\text{slow}}(-1) \cdot e^{-(\lambda + \lambda_{\text{slow}}) \cdot T_1} + 0.37 \cdot [\dot{Q}(-1) \cdot \xi_L] / (\lambda + \lambda_{\text{slow}}) \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{\text{slow}}) \cdot T_1})$$

$\dot{Q}(-1)$ est le rejet, admis homogène, de l'année précédente et $A_{\text{fast}}(-1)$ et $A_{\text{slow}}(-1)$ sont les contributions correspondantes au début de l'année précédente.

Concentration des radionucléides dans la zone racinaire des plantes

On postule un mélange du sol végétalisé, par exemple par labourage ou pénétration naturelle, au début de l'année en question. La concentration des radionucléides disponibles dans le sol pour les plantes décroît ensuite exponentiellement durant l'année selon la formule suivante:

$$C_{Bo}(t) = C_{Bo}(0) \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} t}$$

où $C_{Bo}(0)$ est la concentration dans le sol au début de l'année en question et $\lambda + \lambda_{WV} = \lambda_{e,Bo}$ [an^{-1}] la constante effective de séjour des différents radionucléides dans la zone racinaire. La concentration $C_{Bo}(0)$ dans la zone racinaire des plantes provenant des dépositions des années précédentes se calcule, après 50 années d'exploitation en admettant des rejets homogènes, comme suit :

$$C_{Bo}(0) \cong \dot{Q} \cdot \xi_L / [\lambda_{e,Bo} \cdot P_{Pfl}] \cdot (1 - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T_{50}})$$

Pour le calcul à partir des émissions annuelles mesurées on obtient $C_{Bo}(0)$ par itération:

$$C_{Bo}(0) = C_{Bo}(-1) \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T_1} + \dot{Q}(-1) \cdot \xi_L / [\lambda \cdot P_{Pfl}] \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_1})$$

Dans ces formules P_{Pfl} décrit la masse surfacique de la terre dans la zone racinaire des plantes [kg/m^2]; en outre $C_{Bo}(-1)$ est la concentration dans le sol au début de l'année précédente et $\dot{Q}(-1)$ le débit de rejet, supposé également homogène, entre le début de l'année précédente et le début de l'année en question.

Appendice 4: Activité sur et dans la partie consommée ou affouragée des plantes

A.4.1 Hypothèses

- On distingue les plantes consommées au moment de la récolte et celles qui sont entreposées (encavées).
- Toute la production des produits alimentaires et des fourrages, aussi bien celle qui est consommée au moment de la récolte (produits frais) que celle qui est entreposée, se répartit de manière régulière sur la période de récolte (16 avril au 15 octobre). Le début de la période de récolte est désigné par T_E .
- La concentration totale des radionucléides dans les plantes au moment de la récolte s'obtient en général en sommant la contribution provenant du dépôt sur les feuilles (I) et celle due à l'absorption par les racines (II).
- Pour les plantes qui sont entreposées après la récolte, on calcule dans une 1^{ère} étape la moyenne de la concentration sur une demi année à la fin de la période de récolte et ensuite, dans une 2^{ème} étape, la décroissance depuis ce moment jusqu'à la consommation.
- Durant le semestre d'hiver (16 octobre au 15 avril) on admet que seuls les produits entreposés sont consommés ou affouragés. On fait en outre l'hypothèse que l'activité présente dans les produits entreposés au début du semestre d'hiver y est complètement mélangée.
- Le paramètre t indique le temps depuis le début de l'année en cours (pour les rejets de longue durée), respectivement le temps depuis le rejet (pour les rejets de courte durée).

Remarque: Aussi bien dans le cas des rejets de courte que de longue durée, l'indice Pfl appliqué aux paramètres C_{Pfl} , Y_{Pfl} , P_{Pfl} , T_{Pfl} et TF_{Bo-Pfl} est à remplacer, selon le cas, par PP pour les produits alimentaires et par FP pour les plantes fourragères.

A.4.2 Développement pour les rejets de courte durée

Dans le cas des rejets de courte durée, le paramètre T_P indique la durée entre le rejet et la fin de la période suivante de récolte.

Aussi bien pour les produits consommés frais que pour ceux qui sont entreposés, seule **la déposition directe sur la surface des plantes** contribue, depuis le rejet **jusqu'au début de la prochaine période de récolte**, à la concentration des radionucléides dans les plantes et ainsi à la dose par ingestion. Après ces dépositions, les plantes ne sont contaminées après le rejet que jusqu'au temps de croissance T_{Pfl} ; lorsque le rejet a lieu vers la fin de la période de récolte, et que la condition T_P plus petit que T_{Pfl} est vérifiée, alors seule la contamination des plantes durant la période T_P joue un rôle. On tient compte de cette situation dans les formules en introduisant un paramètre intermédiaire $T^* = \text{Min}(T_{Pfl}, T_P)$.

Pour les plantes **consommées au moment de la récolte**, la concentration par déposition sur leur surface se calcule en général comme suit entre le moment du rejet de courte durée et le temps T^* :

pour un rejet durant la période de la récolte ($T_P < \frac{1}{2}$ Jahr) : $C_{Pfl,Bl}(t) = Q \cdot \xi'_K / Y_{Pfl} \cdot e^{-\lambda_{e,Bl} t}$;

pour un rejet durant le semestre d'hiver ($T_P \geq \frac{1}{2}$ Jahr): $C_{Pfl,Bl}(t) = 0$;

Pour les **produits entreposés**, qui sont contaminés par les rejets durant la période de récolte, on obtient pour la concentration moyenne $C_{Pfl,L}^0$ à la fin de la période de récolte:

$$C_{Pfl,L}^0 = \frac{1}{T_1/2} \cdot \int_0^{T^*} C_{Pfl,Bl}(t') \cdot e^{-\lambda \cdot (T_P - t')} dt'$$

Après résolution de l'intégrale et en tenant compte de la décroissance radioactive après la fin de la période de récolte jusqu'au moment de la consommation ($T_P < t < T_P + \frac{1}{2}$) on obtient la concentration suivante dans les produits entreposés ($C_{Pfl,Bl}^0 = Q \cdot \xi'_K / Y_{Pfl}$):

$$C_{Pfl,L}(t) = C_{Pfl,L}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot (t - T_P)} = \left[C_{Pfl,Bl}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot T_P} \cdot \frac{1}{\lambda_V \cdot \frac{T_1}{2}} \right] \cdot e^{-\lambda \cdot (t - T_P)}$$

Indication: Le terme $1 - e^{-\lambda_V \cdot T^*}$ issu de l'intégration et qui devrait au sens strict figurer dans la formule ci-dessus peut être posé égal à 1, pour autant que $\lambda_V \cdot T^*$ soit beaucoup plus grand que 1.

Les rejets de courte durée hors de la période de récolte ne conduisent en général à aucune contribution à la contamination radioactive des produits entreposés par la déposition sur les feuilles. Le cas suivant fait exception: quand le moment du rejet est juste avant la période de récolte, c'est-à-dire quand la condition „ $\lambda_V \cdot (T_P - \frac{1}{2})$ est de l'ordre de grandeur ou plus petit que 1“ est remplie. Ce cas ne sera pas pris analysé plus avant ni discuté ici.

A partir du **début d'une nouvelle période de récolte suivant le rejet**, seul le transfert par les racines joue encore un rôle, aussi bien pour les produits frais qu'entreposés. On obtient dans ce cas, avec les facteurs de transfert TF_{Bo-Pfl} entre le sol et la plante, la concentration dans les plantes consommées au moment de la récolte due à l'absorption par les racines:

$$C_{Pfl,W}(t) = Q \cdot \xi_K \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} t} / P_{Pfl} \cdot TF_{Bo-Pfl}$$

Comme pour des périodes d'intégration d'une demi année ou moins on peut poser $\lambda \cong \lambda_{e,Bo}$, on peut montrer que la concentration des radionucléides dans les **produits entreposés** ne se distingue presque pas de la concentration dans les produits frais et ainsi que l'on peut utiliser la même formule.

Sur la base de ces développements, la concentration en fonction du temps dans les plantes prêtes à la consommation pour les rejets de courte durée se calcule en général comme suit:

Concentration en fonction du temps pour les produits prêts à la consommation lors de rejets de courte durée:

pour les rejets durant la période de récolte ($T_P < T_1/2$):

- jusqu'au moment $T^* = \text{Min}[T_{Pfl}, T_P]$: $C_{Pfl}(t) = C_{Pfl, BI}^0 \cdot e^{-\lambda_{e, BI} \cdot t}$
- avant la fin de la période de récolte ($T^* \leq t < T_P$): $C_{Pfl}(t) = 0$
- durant le 1^{er} semestre d'hiver ($T_P \leq t < T_P + T_1/2$): $C_{Pfl}(t) = C_{Pfl, L}(t) = C_{Pfl, BI}^0 \cdot e^{-\lambda_{e, BI} \cdot t} / (\lambda_V \cdot T_1/2)$
- à partir de la 2^{ème} période de récolte ($t \geq T_P + T_1/2$): $C_{Pfl}(t) = C_{Pfl, W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e, Bo} \cdot t}$

pour les rejets durant le semestre d'hiver ($T_P \geq T_1/2$):

- jusqu'au début de la période de récolte ($t \leq T_P - T_1/2$): $C_{Pfl}(t) = 0$
- à partir du début de la période de récolte ($t > T_P - T_1/2$): $C_{Pfl}(t) = C_{Pfl, W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e, Bo} \cdot t}$

avec $C_{Pfl, BI}^0 = Q \cdot \xi'_K / Y_{Pfl}$

$C_{Pfl, W}^0 = Q \cdot \xi_K \cdot TF_{Bo-Pfl} / P_{Pfl}$

A.4.3 Développement pour les rejets de longue durée

La concentration par **déposition sur la surface des plantes** est donnée, selon les définitions données à l'appendice A1.2.3, par l'intégrale sur la durée de croissance de la plante T_{Pfl} :

$$C_{Pfl, BI}^0 = \int_0^{T_{Pfl}} \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{Pfl} \cdot e^{-\lambda_{e, BI} \cdot t'} \cdot dt'$$

Dans la formule Y_{Pfl} désigne la masse surfacique [kg/m^2] de la végétation et $\lambda + \lambda_V = \lambda_{e, BI}$ la constante effective de séjour des radionucléides sur la surface de la plante avec une constante de décroissance non radioactive λ_V sur la surface de la plante. La solution de l'intégrale donne, pour les plantes consommées au moment de la récolte et avec l'hypothèse de rejets constants, la concentration suivante des radionucléides par déposition sur la surface des plantes :

$$C_{Pfl, BI}(t) = C_{Pfl, BI}^0 = \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{Pfl} \cdot (1 - e^{-\lambda_{e, BI} \cdot T_{Pfl}}) / \lambda_{e, BI} \cong \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{Pfl} / \lambda_{e, BI}$$

En utilisant les facteurs de transfert TF_{Bo-Pfl} du sol vers la plante on obtient la concentration suivante dans **les plantes consommées au moment de la récolte** :

$$C_{Pfl, W}(t) = C_{Bo}(0) \cdot TF_{Bo-Pfl} \cdot e^{-\lambda_{e, Bo} \cdot t} = C_{Pfl, W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e, Bo} \cdot t}$$

Dans les **plantes entreposées** la concentration moyenne $C_{Pfl,L}^0$ à la fin de la période de récolte s'obtient en faisant la moyenne, sur la période d'entreposage T_P , de la concentration dans les produits frais :

$$C_{Pfl,L}^0 = \frac{1}{T_P} \int_{T_E}^{T_P + T_E} [C_{Pfl,BI}(t') + C_{Pfl,W}(t')] \cdot e^{-\lambda(T_P + T_E - t')} dt'$$

Le début de la période de récolte est désigné ici par T_E . Pour les rejets de longue durée on introduira pour T_P une valeur de $T_1/2$ années ($T_1 = 1$ an). En résolvant cette intégration et en tenant compte en outre de la décroissance radioactive des radionucléides durant l'entreposage au semestre d'hiver, on obtient:

$$C_{Pfl,L}(t) = C_{Pfl,L}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot (t - T_E - T_1/2)} = [C_{Pfl,BI}^0 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda \cdot T_1/2} + C_{Pfl,W}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot (T_1/2 + T_E)}] \cdot e^{-\lambda \cdot (t - \{T_E + T_1/2\})}$$

Indication: le terme $e^{-\lambda_W \cdot T_E} \cdot (1 - e^{-\lambda_W \cdot T_P}) / (\lambda_W \cdot T_P)$, qui est dû dans l'intégration ci-dessus à l'absorption racinaire, peut être posé égal à 1, car le terme $\lambda_W \cdot T_P$ est dans tous les cas beaucoup plus petit que 1 (développement en série de Taylor) et le terme $\lambda_W \cdot T_E$ tend vers 0.

Sur la base de ces considérations, la concentration dans les plantes prêtes à la consommation, pour les rejets de longue durée, s'écrit finalement:

durant le semestre d'été (période de récolte allant du 16 avril au 15 octobre):

$$C_{Pfl}(t) = C_{Pfl,BI}(t) + C_{Pfl,W}(t) = C_{Pfl,BI}^0 + C_{Pfl,W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} t}$$

durant le semestre d'hiver (du 16 octobre au 15 avril, $t > T_E + T_1/2$):

$$C_{Pfl}(t) = C_{Pfl,L}(t) = C_{Pfl,BI}^0 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda \cdot T_1/2} \cdot e^{-\lambda \cdot (t - \{T_E + T_1/2\})} + C_{Pfl,W}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

avec $C_{Pfl,BI}^0 = \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{Pfl} / \lambda_{e,BI}$

$$C_{Pfl,W}^0 = C_{Bo}(0) \cdot TF_{Bo-Pfl}$$

Appendice 5: Formules pour le calcul des doses dans l'environnement

Toutes les formules données ci-dessous se rapportent aux radionucléides individuelles. Pour obtenir la dose totale due à une voie d'exposition, on doit sommer sur tous les radionucléides entrant en jeu. Pour la prise en compte des radionucléides mères et des filles, voir l'appendice 5.9.

A.5.1 Radiation externe provenant de l'air (gaz rares, iode, aérosols)

Développement

Par intégration sur la durée d'exposition au panache T' , on obtient la dose corrigée par immersion E_{imm} à partir du taux de rejet $\dot{Q}(t)$, aussi bien pour les rejets de courte que de longue durée:

$$E_{imm} = \int_0^{T'} \dot{Q}(t') / k_c \cdot \chi_s \cdot e_{imm} \cdot k_s \cdot [e^{-\lambda T_{fz}}] \cdot dt'$$

La durée d'exposition au panache peut être posée égale à la durée du rejet. Dans la formule ci-dessus, $\dot{Q}(t)$ est la seule grandeur qui dépend du temps, de sorte que la formule finale ne dépend plus que du rejet total Q durant la période considérée.

Formule finale

Rejets de courte et de longue durée

$$E_{imm} = Q / k_c \cdot \chi_s \cdot k_s \cdot (e^{-\lambda T_{fz}}) \cdot e_{imm}$$

Désignations

E_{imm}	dose par immersion [Sv]
e_{imm}	facteur de dose par immersion [(Sv/an)/(Bq/m ³)]
k_c	facteur de conversion d'années en secondes [s/an]
k_s	coefficient d'atténuation associée au séjour partiel à l'intérieur des habitations
Q	rejet total [Bq]
T_{fz}	temps de déplacement dans l'air jusqu'au point principal d'impact
λ	constante de décroissance radioactive; $\lambda = \ln(2)/T_{1/2}$, avec $T_{1/2}$ période
χ_s	coefficient de dispersion corrigé par la submersion pour les rejets de courte durée ($\chi_{K,S}$) respectivement de longue durée ($\chi_{L,S}$) [s/m ³]
(...)	correction pour la décroissance durant le temps de déplacement dans l'air

A.5.2. Inhalation et remise en suspension (voie atmosphérique: iode, aérosols)

Hypothèse

La dose par inhalation est directement proportionnelle à la concentration des radionucléides dans l'air. Ainsi la dose maximale d'inhalation est atteinte au point où la concentration dans l'air est maximale.

Développement

La dose par inhalation E_{inh} s'obtient, aussi bien pour les rejets de courte que de longue durée, à l'aide de l'intégration suivante sur la durée d'exposition T et à partir du taux de rejet $\dot{Q}(t)$:

$$E_{inh} = \int_0^T \dot{Q}(t) \cdot \chi \cdot U_{inh} \cdot e_{inh} \cdot dt$$

Comme on peut poser la durée exposition égale à la durée du rejet, et comme $\dot{Q}(t)$ est le seul paramètre dans la formule qui dépende du temps, la formule finale pour la détermination de E_{inh} ne dépend plus que de la quantité totale rejetée durant la période en question.

Formule finale

Rejets de courte et de longue durée:

$$E_{inh} = Q \cdot \chi \cdot [e^{-\lambda T_{fz}}] \cdot U_{inh} \cdot e_{inh}$$

Pour les **calculs en cas de défaillance** on part d'une augmentation du débit respiratoire durant les 8 premières heures. En outre on tiendra compte, lors du dimensionnement contre les défaillances, de l'inhalation de **substances remises en suspension**; ceci s'effectue par addition d'une contribution de dose E_{inh}^{resusp} à la formule ci-dessus [A4].

Remise en suspension: pour la vérification du dimensionnement pour les cas de défaillance:

$$E_{inh}^{resusp} = Q \cdot \xi K \cdot \left(K_0 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda+L) \cdot T}}{\lambda + L} + K_e \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T}}{\lambda} \right) \cdot k_c \cdot U_{inh} \cdot e_{inh}$$

Désignations

E_{inh}	dose par inhalation [Sv]
E_{inh}^{resusp}	dose par inhalation [Sv] due aux aérosols remis en suspension
e_{inh}	facteur de dose par inhalation [Sv/Bq]
K_0, K_e	coefficients de remise en suspension [m^{-1}]
k_c	facteur de conversion d'années en secondes [s/an]
L	constante de décroissance pour l'immobilisation dans le sol [an^{-1}]

Q	rejet total [Bq]
T	durée d'exposition
U_{inh}	débit respiratoire [m^3/s]
λ	constante de désintégration radioactive [an^{-1}]
ξ_K	facteur de déposition totale pour les rejets de courte durée [m^{-2}]
χ	coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée (χ_K) respectivement de longue durée (χ_L) [s/m^3]
[...]	correction pour la décroissance durant le temps de déplacement dans l'air (pour l'inhalation)

A.5.3 Rayonnement émis par le sol (voie atmosphérique: iode, aérosols)

Hypothèse

L'activité au sol $A(t)$ qui est efficace pour l'exposition externe est déterminée selon l'appendice A1.3.1 pour les rejets de courte et de longue durée. En fonctionnement normal on admet dans le cas de l'iode que seule une fraction f_{ei} est rejetée sous forme élémentaire. Le iode élémentaire est déposé de manière beaucoup plus importante que le iode sous forme d'aérosol ou organique, de sorte qu'en général seule la fraction élémentaire de l'iode contribue significativement à la dose et doit ainsi être prise en compte

Dans le cas des défaillances de dimensionnement, on doit tenir compte des différentes formes de l'iode données par le terme-source spécifique à la défaillance en question.

Développement

La dose due au rayonnement externe provenant du sol s'obtient sous forme d'intégrale du débit de dose durant la période d'exposition. Ainsi on a:

$$E_{BS} = \int_0^T k_s \cdot e_{BS} \cdot A(t) \cdot dt = k_s \cdot e_{BS} \cdot \int_0^T A(t) \cdot dt$$

avec le facteur d'atténuation k_s et le facteur de dose e_{BS} . Après résolution de l'intégrale on obtient les **formules finales** suivantes:

Rejets de courte durée:

$$E_{BS} = Q \cdot \xi_K \cdot [0.63 \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{fast}) \cdot T}) / (\lambda + \lambda_{fast}) + 0.37 \cdot (1 - e^{-(\lambda + \lambda_{slow}) \cdot T}) / (\lambda + \lambda_{slow})] \cdot k_s \cdot e_{BS}$$

Rejets de longue durée:

$$E_{BS} = \{A(0) \cdot (1 - e^{-\lambda T}) / \lambda + [\dot{Q} \cdot \xi_L] / \lambda \cdot (T - (1 - e^{-\lambda T}) / \lambda)\} \cdot k_s \cdot e_{BS}$$

Désignations

$A(0)$	activité au sol efficace pour le rayonnement externe au début de l'année en question sur la base des dépositions des années précédentes [Bq/m^2] (Appendice A1.3.1)
E_{BS}	dose accumulée dans l'année en question, respectivement durant le temps d'exposition suivant un rejet de courte durée [Sv]
e_{BS}	facteur de dose pour le rayonnement externe provenant du sol [$(Sv/an)/(Bq/m^2)$]
f_{ei}	fraction de l'iode élémentaire rejeté par rapport au rejet total de iode
k_s	facteur d'atténuation due au séjour partiel à l'intérieur des habitations
\dot{Q}	taux de rejet [Bq/an], admis homogène sur une année
Q	rejet total [Bq]; dans le cas de l'iode, Q est le rejet en iode élémentaire
T	durée d'exposition [années]
λ	constante de désintégration radioactive [an^{-1}]; $\lambda = \ln(2)/T_{1/2}$, avec $T_{1/2}$ période
$\lambda_{fast}, \lambda_{slow}$	constantes de décroissance liée à la diminution rapide, respectivement lente, de la radiation externe par pénétration dans le sol [an^{-1}] [A4]
ξ	facteur total de déposition pour les rejets de courte durée (ξ_K), respectivement de longue durée (ξ_L) [m^{-2}].

A.5.4 Ingestion (voie atmosphérique: iode, aérosols)

Hypothèse

Les différentes denrées alimentaires (plantes, lait, viande) sont considérées comme des compartiments. Le calcul de la concentration des radionucléides dans et sur les plantes s'effectue selon les appendices A1.3.2 et A1.4. La description du passage des plantes aux produits animaux s'effectue à l'aide de facteurs de transfert.

Dans le cas de l'iode, l'ingestion de lait, en particulier chez les enfants en bas âge, constitue une grande part de la dose totale. On a tenu compte dans le passé de cette situation particulière en définissant directement, pour le calcul de la concentration en iode dans le lait, un facteur de transfert sol-lait. On peut toutefois montrer qu'à côté du lait la consommation de légumes conduit aussi à une contribution significative à la dose totale. C'est pour cette raison que l'on a renoncé ici à utiliser une méthode de calcul particulière pour le iode et que l'on appliquera les formules, légèrement adaptées, développées pour le calcul d'ingestion par les aérosols et qui sont décrites ci-dessous. Dans ce cadre il faut en outre tenir compte des points suivants

- pour les radio-isotopes de courte période de l'iode (tous sauf iode-125, iode-126 et iode-129) on peut renoncer aussi bien à tenir compte des dépositions des années précédentes que de l'absorption racinaire par les plantes, c'est-à-dire que l'on peut poser $A(0)$ égal à zéro et le facteur de transfert TF_{Bo-Pfl} également. On ne prend ainsi en compte que la déposition de l'iode sur les feuilles.
- En fonctionnement normal, on doit tenir compte du fait que seule une fraction f_{ei} du rejet total en iode est sous forme **élémentaire** et apporte une contribution significative à la

dose (voir à ce sujet l'appendice A2.3). Pour les calculs de la dose par ingestion, on introduira ainsi en général le rejet en iode élémentaire.

- Dans le cas des défaillances de dimensionnement, on doit tenir compte des différentes espèces de l'iode selon le terme-source spécifique à la défaillance en question.
- Aussi bien pour les vitesses de déposition v_g que pour la durée de séjour de l'iode sur les feuilles, on doit utiliser des valeurs spécifiques à ce radionucléide.

Postulats

Durant les périodes de récolte (16 avril au 15 octobre), tous les besoins en produits alimentaires sont couverts par des produits frais. Durant le semestre d'hiver tous les besoins en fruits et légumes sont couverts par les produits entreposés ou, dans le cas du lait et de la viande, par des produits à base d'un affouragement à partir de silos ou de foin.

Le calcul de la dose par ingestion en cas de **rejet de longue durée** se base sur la production de denrées alimentaires de l'année en cours; toute la production entreposée de l'année en cours, c'est-à-dire aussi les produits qui seront consommés seulement durant les premiers mois de l'année suivante, est ainsi ajoutée, pour les calculs de dose, à l'année en cours. Par contre les produits entreposés consommés entre le 1er janvier et le 15 avril de l'année en question sont attribués à l'année précédente.

Dans le cas des **rejets de courte durée**, on fait l'hypothèse, dans le calcul de la dose pour la limitation des rejets et pour le dimensionnement, que le rejet a lieu un mois avant la fin de la période de récolte. Les radionucléides déposés sur la surface des feuilles ne seront absorbés que durant la 1^{ère} année; ainsi, pour les enfants en bas âge, cette fraction de la dose par ingestion est calculée avec les facteurs de dose particuliers et les taux de consommation applicables aux enfants d'une année; la fraction de la dose par ingestion due au transfert de l'activité par les racines des plantes, qui n'entre en jeu que dans les années suivantes, sera toujours calculée avec les facteurs de dose et les taux de consommation de l'adulte (ceci sera indiqué dans les formules par un indice supplémentaire „E“).

Pour le calcul de la dose **après un rejet de courte durée qui a effectivement eu lieu**, la durée d'exposition T et la durée jusqu'à la fin de la période de récolte T_p doivent être adaptées dans les formules de calcul de la dose par ingestion après un rejet de courte durée. Il faut tenir compte dans ce cas des exigences du concept des mesures à prendre en fonction des doses (CMD) de l'ordonnance sur l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité (OROIR) [A5] et le cas échéant des mesures de protection visant à réduire la dose, comme par exemple la consommation de produits frais uniquement durant 24 heures et l'interdiction de consommation des produits entreposés contaminés.

Développement pour la consommation de produits végétaux

Dans le cas des **rejets de courte durée qui ont lieu durant la période de récolte** (c'est-à-dire $T_P < 1/2$ an), on obtient, avec les concentrations des produits prêts à la consommation selon l'appendice 4, pour une durée T_P jusqu'à la fin de la période de récolte et avec la définition $T^* = \text{Min}(T_{PP}, T_P)$, la dose suivante:

$$E_{\text{ing,PP}} = U_{PP} \cdot e_{\text{ing}} \cdot \left\{ \int_0^{T^*} C_{PP,BI}^0 \cdot e^{-\lambda_e \cdot BI \cdot t'} dt' + \int_{T_P}^{T_P+T_1/2} C_{PP,BI}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t' / (\lambda_V \cdot T_1/2)} dt' \right\} \\ + U_{PP,E} \cdot e_{\text{ing,E}} \cdot \left\{ \int_{T_P+T_1/2}^T C_{PP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_e \cdot Bo \cdot t'} dt' \right\}$$

respectivement pour les **rejets de courte durée qui ont lieu en hiver** ($T_P > 1/2$ an; seulement pour les rejets qui ont effectivement eu lieu):

$$E_{\text{ing,PP}} = U_{PP,E} \cdot e_{\text{ing,E}} \cdot \left\{ \int_{T_P-1/2}^T C_{PP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_e \cdot Bo \cdot t'} dt' \right\}$$

Pour les **rejets de longue durée** on obtient, avec les hypothèses ci-dessus et les concentrations dans les produits végétaux prêts à la consommation (PP) déterminés selon l'appendice 4:

$$E_{\text{ing,PP}} = U_{PP} \cdot e_{\text{ing}} \cdot \left\{ \int_{T_E}^{T_E+T_1/2} C_{PP,BI}^0 dt' + \int_{T_E}^{T_E+T_1/2} C_{PP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_e \cdot Bo \cdot t'} dt' \right. \\ \left. + \int_{T_E+T_1/2}^{T_E+T_1} C_{PP,BI}^0 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda \cdot T_1/2} \cdot e^{-\lambda \cdot (t' - (T_E+T_1/2))} dt' + \int_{T_E+T_1/2}^{T_E+T_1} C_{PP,W}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t'} dt' \right\}$$

où U_{PP} désigne les taux de consommation des produits végétaux, e_{ing} le facteur de dose par ingestion soit pour l'enfant, soit pour l'adulte, et T_E le début de la période de récolte (16 avril).

Développement pour la consommation de lait et de produits laitiers

La concentration des radionucléides dans le lait $C_{Mi}(t)$ s'obtient en multipliant la concentration des radionucléides dans les plantes fourragères $C_{FP}(t)$ par le facteur de transfert TF_{FP-Mi} et la quantité journalière de fourrage des vaches V_{FP} :

$$C_{Mi}(t) = V_{FP} \cdot C_{FP}(t) \cdot TF_{FP-Mi}$$

Le débit de dose par ingestion $\dot{E}_{\text{ing,Mi}}$ s'obtient, à partir de là, à l'aide des taux de consommation de lait U_{Mi} et du facteur de dose par ingestion e_{ing} :

$$\dot{E}_{\text{ing,Mi}} = C_{Mi}(t) \cdot U_{Mi} \cdot e_{\text{ing}} \cdot e^{-\lambda T_{Mi}}$$

Le terme exponentiel tient compte d'une durée de traitement du lait T_{Mi} avant sa consommation. La dose s'obtient par intégration sur la durée d'exposition T :

Rejets de courte durée durant la période de récolte

$$E_{ing,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{Mi}} \cdot \left\{ U_{Mi,E} \cdot e_{ing,E} \cdot \int_{T_P+T_1/2}^T C_{FP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot t'} dt' \right\} \\ + U_{Mi} \cdot e_{ing} \cdot \left[\int_0^{T^*} C_{FP,BI}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,BI} \cdot t'} dt' + \int_{T_P}^{T_P+T_1/2} C_{FP,BI}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t'} / (\lambda \cdot T_1/2) \cdot dt' \right]$$

Rejets de courte durée durant le semestre d'hiver

$$E_{ing,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{Mi}} \cdot \left\{ U_{Mi,E} \cdot e_{ing,E} \cdot \int_{T_P-1/2}^T C_{FP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot t'} dt' \right\}$$

Rejets de longue durée

$$E_{ing,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi} \cdot e_{ing} \cdot \left\{ \int_{T_E}^{T_E+T_1/2} C_{FP,BI}^0 \cdot dt' + \int_{T_E}^{T_E+T_1/2} C_{FP,W}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot t'} \cdot dt' \right. \\ \left. + \int_{T_E+T_1/2}^{T_E+T_1} C_{FP,BI}^0 \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda \cdot T_1/2} \cdot e^{-\lambda \cdot (t' - \{T_E+T_1/2\})} dt' + \int_{T_E+T_1/2}^{T_E+T_1} C_{FP,W}^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t'} \cdot dt' \right\}$$

Développement pour la consommation de viande

La dose provenant de la consommation de viande est déduite à l'aide de considérations analogues à celles présentées dans le calcul pour le lait. Ainsi il faut partout remplacer dans les formules l'indice Mi par l'indice FI.

Dans la résolution des intégrales on peut chaque fois poser $\lambda \cong \lambda_{e,Bo}$ et simplifier ainsi la formule finale. D'autre part les termes $1 - e^{-\lambda_{e,BI} \cdot T^*}$ et $1 - e^{-\lambda_{e,BI} \cdot T_{Pfl}}$ peuvent, dans les cas entrant en considération ici, être posés égaux à 1 (ceci peut conduire à une surestimation de la dose de 20 % au maximum).

Dose totale par ingestion

En résumé la dose totale par ingestion par voie atmosphérique s'écrit:

Rejets de courte durée:

Dose totale par ingestion après un rejet de courte durée pour les légumes, le lait et la viande :

$$E_{ing} = E_{ing,PP} + E_{ing,Mi} + E_{ing,FI}$$

Rejet durant la période de récolte ($T_P < 1/2$):

Produits végétaux (légumes) :

$$E_{ing,PP} = C_{PP,BI}^0 \left[\frac{1}{\lambda_{e,BI}} + e^{-\lambda \cdot T_P} \cdot \frac{1}{\lambda_v \cdot T_1/2} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right] \cdot U_{PP} \cdot e_{ing} \\ + C_{PP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot U_{PP,E} \cdot e_{ing,E}$$

Lait et produits laitiers:

$$E_{ing,Mi} = \left\{ C_{FP,BI}^0 \left[\frac{1}{\lambda_{e,BI}} + e^{-\lambda \cdot T_P} \cdot \frac{1}{\lambda_v \cdot T_1/2} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right] \cdot U_{Mi} \cdot e_{ing} \right. \\ \left. + C_{FP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot U_{Mi,E} \cdot e_{ing,E} \right\} \cdot V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{Mi}}$$

Viande:

$$E_{ing,FI} = \left\{ C_{FP,BI}^0 \left[\frac{1}{\lambda_{e,BI}} + e^{-\lambda \cdot T_P} \cdot \frac{1}{\lambda_v \cdot T_1/2} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right] \cdot U_{FI} \cdot e_{ing} \right. \\ \left. + C_{FP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot U_{FI,E} \cdot e_{ing,E} \right\} \cdot V_{FP} \cdot TF_{FP-FI} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{FI}}$$

avec

$$C_{Pfl,BI}^0 = Q \cdot \xi_K^1 / Y_{Pfl}$$

$$C_{Pfl,W}^0 = Q \cdot \xi_K \cdot TF_{Bo-Pfl} / P_{Pfl}$$

Rejet durant le semestre d'hiver:

$$E_{ing,PP} = C_{PP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot U_{PP,E} \cdot e_{ing,E}$$

$$E_{ing,Mi} = C_{FP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi,E} \cdot e_{ing,E}$$

$$E_{ing,FI} = C_{FP,W}^0 \frac{(e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo} \cdot T})}{\lambda_{e,Bo}} \cdot V_{FP} \cdot TF_{FP-FI} \cdot e^{-\lambda \cdot T_{FI}} \cdot U_{FI,E} \cdot e_{ing,E}$$

Rejets de longue durée

Dose totale par ingestion par la voie atmosphérique pour les légumes, le lait et la viande (1 an):

$$E_{\text{ins}} = E_{\text{ing,PP}} + E_{\text{ing,Mi}} + E_{\text{ing,FI}}$$

Produits végétaux (légumes)

$$E_{\text{ing,PP}} = \left\{ C_{\text{PP,BI}}^0 \left[T_{1/2} + \frac{1}{T_{1/2}} \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right)^2 \right] + C_{\text{PP,W}}^0 \cdot e^{-(\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_E)} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_1}}{\lambda_{e,\text{Bo}}} \right\} \cdot U_{\text{PP}} \cdot e_{\text{ing}}$$

Lait et produits laitiers:

$$E_{\text{ing,Mi}} = \left\{ C_{\text{FP,BI}}^0 \left[T_{1/2} + \frac{1}{T_{1/2}} \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right)^2 \right] + C_{\text{FP,W}}^0 \cdot e^{-(\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_E)} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_1}}{\lambda_{e,\text{Bo}}} \right\} \cdot V_{\text{FP}} \cdot TF_{\text{FP-Mi}} \cdot e^{-\lambda T_{\text{Mi}}} \cdot U_{\text{Mi}} \cdot e_{\text{ing}}$$

Viande:

$$E_{\text{ing,FI}} = \left\{ C_{\text{FP,BI}}^0 \left[T_{1/2} + \frac{1}{T_{1/2}} \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda \cdot T_1/2}}{\lambda} \right)^2 \right] + C_{\text{FP,W}}^0 \cdot e^{-(\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_E)} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo}} \cdot T_1}}{\lambda_{e,\text{Bo}}} \right\} \cdot V_{\text{FP}} \cdot TF_{\text{FP-FI}} \cdot e^{-\lambda T_{\text{FI}}} \cdot U_{\text{FI}} \cdot e_{\text{ing}}$$

avec

$$C_{\text{Pfl,BI}}^0 = \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{\text{Pfl}} / \lambda_{e,\text{BI}}$$

$$C_{\text{Pfl,W}}^0 = C_{\text{Bo}}(0) \cdot TF_{\text{Bo-Pfl}}$$

pour $C_{\text{Bo}}(0)$: vgl. A .3.2

Désignations

$C_{PP,BI}^0, C_{FP,BI}^0$	concentration dans et sur les produits végétaux, respectivement les plantes fourragères, par déposition directe après le rejet [Bq/kg];
$C_{PP,W}^0, C_{FP,W}^0$	concentration dans les produits végétaux, respectivement les plantes fourragères, qui juste après un rejet de courte durée en cas de mélange immédiat dans la zone racinaire se produirait par transfert du sol aux plantes, respectivement, en cas de rejet de longue durée, concentration au début de l'année en question [Bq/kg];
$E_{ing,PP}$	dose par ingestion associée à la consommation de légumes [Sv];
$E_{ing,Mi}$	dose par ingestion associée à la consommation de lait [Sv];
$E_{ing,FI}$	dose par ingestion associée à la consommation de viande [Sv];
E_{ing}	dose totale par ingestion associée à la voie atmosphérique [Sv];
e_{ing}	facteur de dose par ingestion [Sv/Bq]; Un indice supplémentaire E pour les taux de consommation U et les facteurs de dose par ingestion e_{ing} signifie que l'on doit introduire chaque fois, aussi bien pour l'enfant en bas âge que pour l'adulte, les paramètres de l'adulte.
f_{ei}	fraction de l'iode élémentaire au rejet total de iode;
T	durée d'exposition;
T_E	début de la période de récolte de l'année en question [années];
T_P	durée entre le rejet et la fin de la période de récolte [années];
T_{Mi}, T_{FI}	durée entre la production et la consommation du lait et de la viande [années];
TF_{FP-Mi}	transfert des radionucléides du fourrage au lait [d/l];
TF_{FP-FI}	transfert des radionucléides du fourrage dans la viande [d/kg];
U_{FI}	taux de consommation pour la viande [kg/an];
U_{PP}	taux de consommation pour les légumes [kg/an];
U_{Mi}	taux de consommation pour le lait [l/an];
V_{FP}	consommation journalière en fourrage pour les vaches laitières [kg/d];
λ	constante de désintégration radioactive [an^{-1}];
$\lambda_{e,BI}$	constante totale de séjour des radionucléides sur la plante [an^{-1}];
$\lambda_{e,Bo}$	constante totale de séjour des radionucléides dans le sol [an^{-1}];
λ_V	constante non radioactive de séjour des radionucléides sur la plante [an^{-1}].

A.5.5 Ingestion (voie atmosphérique: carbone-14)

Le calcul de la dose due à l'ingestion de carbone-14 est effectué en général dans le cadre du rapport annuel, mais n'est réalisé pour la fixation des limites que dans des cas spéciaux.

Hypothèses

- On admet pour le calcul que l'absorption dans les plantes a lieu uniquement par photosynthèse dans les feuilles. Ainsi seule la concentration du carbone-14 sous forme de CO₂ dans l'air joue un rôle pour le calcul. Les effets de lessivage sont par contre négligeables.
- On part d'un modèle d'activité spécifique, c'est-à-dire que l'on admet que le rapport ¹²C/¹⁴C dans la plante (et pour la suite dans tous les produits animaux) est identique à celui de l'air.
- On admet que la fraction moyenne en masse du carbone dans les produits alimentaires séchés est de 50 % et que le contenu en eau des produits alimentaires de 75 %. Ainsi on obtient une fraction moyenne en masse de carbone dans les plantes de 12,5 % ou 1/8.

Ces hypothèses conduisent à la **formule finale** suivante:

$$E_{\text{ing,C-14}} = Q/k_c \cdot \chi \cdot f_K / \Psi \cdot (U_{\text{PP}} + U_{\text{Mi}} + U_{\text{FI}}) \cdot e_{\text{ing}}$$

Désignations

$E_{\text{ing,C-14}}$	dose par ingestion de carbone-14 ;
e_{ing}	facteur de dose par ingestion pour le carbone-14 [Sv/Bq];
f_K	fraction en masse du carbone dans la nourriture;
k_c	facteur de conversion des années en secondes [s/an];
Q	rejet de carbone-14 (sous forme de CO ₂) dans l'année [Bq];
U_{FI}	taux de consommation pour la viande [kg/an];
U_{Mi}	taux de consommation pour le lait [kg/an];
U_{PP}	taux de consommation pour les légumes [kg/an];
χ	coefficient de dispersion pour les rejets de courte (χ_K) et de longue durée (χ_L) [s/m ³];
Ψ	concentration du carbone dans l'air [kg/m ³].

A.5.6 Ingestion/inhalation (voie atmosphérique: humidité tritiée; HTO)

Un calcul de la dose par ingestion de HTO ne s'effectue que dans des cas spéciaux lors du rapport annuel et pour la limitation des rejets.

Hypothèses

On admet pour le calcul de la concentration dans les denrées alimentaires que l'on se trouve à l'équilibre, c'est-à-dire que l'activité spécifique du tritium dans l'humidité de l'air, respectivement dans les précipitations, est la même que celle de l'eau des plantes. Pour les produits animaux (lait, viande) on admet que le contenu en eau provient pour une fraction f_F du fourrage.

La dose par inhalation se calcule selon les formules de l'appendice A5.2.

Formule finale (ingestion et inhalation)

Rejets de courte et de longue durée:

$$E_{\text{tot,HTO}} = Q \cdot \{ (f_{Lu} \cdot \chi / [\Phi \cdot k_c] + f_N / [I_N \cdot k_N] \cdot W_L) \cdot f_{Wa} \cdot (U_{PP} + f_F \cdot [U_{Mi} + U_{Fi}]) \cdot e_{ing} + \chi \cdot U_{inh} \cdot e_{inh} \}$$

On pose $f_N=0$ et $f_{Lu}=1$ de manière générale pour les rejets de courte durée et on fait de même pour les rejets de longue durée, tant que l'on ne dispose pas d'un calcul du facteur de lessivage pour ceux-ci. (voir appendice 6).

Désignations

$E_{ing,HTO}$	dose par ingestion associée à l'eau tritiée [Sv] ;
e_{ing}	facteur de dose par ingestion pour l'eau tritiée [Sv/Bq];
e_{inh}	facteur de dose par inhalation pour l'eau tritiée [Sv/Bq];
f_F	teneur en eau du lait et de la viande qui provient du fourrage;
f_{Lu}	teneur en eau des plantes qui provient de l'humidité de l'air;
f_N	teneur en eau des plantes qui provient des précipitations;
f_{Wa}	fraction moyenne de l'humidité dans les produits alimentaires;
I_N	taux annuel des précipitations [mm/an] ou intensité des précipitations dans le cas des rejets de courte durée [mm/h];
k_c	facteur de conversion des années en secondes [s/an];
k_N	constante de transformation de mm de précipitation en kg par m ² ;
Q	rejet d'eau tritiée durant l'année, respectivement durant tout le rejet de courte durée [Bq];
U_{Fi}	taux de consommation pour la viande [kg/an];
U_{inh}	débit de la respiration [m ³ /s];
U_{Mi}	taux de consommation pour le lait [kg/an];
U_{PP}	taux de consommation pour les légumes [kg/an];
W_L	facteur de lessivage pour les rejets de longue durée [m ⁻²];
χ	coefficient de dispersion pour les rejets de courte durée (χ_K) et de longue durée (χ_L) [s/m ³];
Φ	humidité moyenne de l'air [kg/m ³].

A.5.7 Ingestion (voie aquatique, sans tritium)

Hypothèse

Comme on suppose une consommation de produits alimentaires quasi continue, la durée des rejets ne joue pas de rôle. Pour l'ingestion on tient compte de la consommation d'eau de boisson et de poisson, ainsi que de l'ingestion de lait et de viande provenant d'animaux qui sont abreuvés avec l'eau de la rivière. Pour le transfert de l'eau de boisson aux produits animaux, on admet un transfert identique à celui qui existe entre le fourrage et les produits animaux.

La dose annuelle s'obtient ainsi avec la **formule finale** suivante:

$$E_{ing,WP} = \{Q/J\} \cdot (U_{TW} + TF_{Wa-Fi} \cdot U_{Fi} \cdot e^{-\lambda T_{Fi}} + V_{TW} \cdot \{TF_{FP-Mi} \cdot U_{Mi} \cdot e^{-\lambda T_{Mi}} + TF_{FP-Fi} \cdot U_{Fi} \cdot e^{-\lambda T_{Fi}}\}) \cdot e_{ing}$$

Désignations

$E_{ing,WP}$	dose annuelle par ingestion associée à la voie aquatique [Sv];
e_{ing}	facteur de dose par ingestion [Sv/Bq];
J	débit annuel moyen de la rivière en question (effluent ^u) [m^3/an];
Q	rejet annuel total par l'eau [Bq];
TF_{Wa-Fi}	facteur de transfert de l'eau au poisson [m^3/kg];
TF_{FP-Mi}	facteur de transfert du fourrage au lait [jours/kg];
TF_{FP-Fi}	facteur de transfert du fourrage à la viande [jours/kg];
T_{Fi}, T_{PP}, T_{Fi}	durée entre la production et la consommation du poisson, des légumes et de la viande;
U_{Fi}	taux annuel de consommation de poisson [kg/an];
U_{Fi}	taux annuel de consommation de viande [kg/an];
U_{Mi}	taux annuel de consommation de lait (lait et produits laitiers) [kg/an];
U_{TW}	taux annuel de consommation d'eau potable [m^3/an];
V_{TW}	consommation journalière d'eau par les bovins [$m^3/jour$];
λ	constante de désintégration radioactive [an^{-1}].

A.5.8 Ingestion (voie aquatique: eau tritiée; HTO)

Hypothèses

Pour le calcul de la dose par ingestion associée au tritium par voie aquatique, on tient compte de la consommation d'eau de boisson et de poisson, ainsi que de l'ingestion de lait et de viande provenant d'animaux qui sont abreuvés avec l'eau de la rivière. Pour le transfert du tritium dans les poissons et les produits animaux, on utilise un modèle d'activité spécifique en tenant compte du fait que dans le cas des animaux, ce n'est qu'une fraction du contenu total en eau ($1-f_F$, voir appendice 5.6) qui provient de l'abreuvement.

Ainsi la **formule finale** pour la dose totale due au tritium associée à la voie aquatique s'écrit :

$$E_{ing,HTO} = \{Q/J\} \cdot [U_{TW} + f_{Wa}/k_{mk} \cdot \{U_{Fi} + (1-f_F) \cdot (U_{Mi} + U_{Fi})\}] \cdot e_{ing}$$

Désignations

$E_{ing,HTO}$	dose annuelle par ingestion associée au tritium par la voie aquatique [Sv];
e_{ing}	facteur de dose par ingestion [Sv/Bq];
f_{Wa}	contenu moyen en eau des produits alimentaires;
$1-f_F$	contenu en eau du lait et de la viande provenant de l'eau d'abreuvement;
J	débit annuel moyen de la rivière en question ("effluent") [m^3/an];
k_{mk}	facteur de conversion de kg en m^3 pour l'eau [kg/m^3];
Q	rejet annuel total dans les eaux usés [Bq];
U_{Fi}	taux annuel de consommation de poisson [kg/an];
U_{Fi}	taux annuel de consommation de viande [kg/an];
U_{Mi}	taux annuel de consommation de lait (lait et produits laitiers) [kg/an];
U_{TW}	taux annuel de consommation d'eau de boisson [m^3/an].

A.5.9 Prise en compte des produits de filiation – rejets de courte durée

Remarques

Le facteur de dose des produits de filiation dont la période est inférieure à 10 minutes doit être directement ajouté au facteur de dose du radionucléide mère.

Pour les produits de filiation dont la période est beaucoup plus petite que celle du radionucléide mère, *et qui ne sont pas mesurés séparément*, on admet qu'il y a équilibre dans le rejet. Sont exclus les filles des gaz rares, pour lesquelles on peut admettre qu'elles sont retenues dans les filtres de rejet. Les termes qui décrivent l'équilibre sont encadrés dans les formules suivantes, jusqu'au chapitre A5.9.7. Ces termes peuvent être supprimés quand le rejet direct des filles a déjà été pris en compte ailleurs !

Pour l'immersion et l'inhalation on admet que l'appauvrissement dans le nuage jusqu'au point d'impact peut être négligé. Durant le temps de déplacement dans l'air T_{fz} , on ne tient compte, pour la mère et pour les filles, que de la décroissance radioactive

Le modèle, mentionné dans la directive G14 de l' IFSN, de partage de l'activité en une composante pénétrant rapidement et une lentement dans la terre doit être suivi de manière conséquente. Pour les composantes rapide et lente de pénétration de la mère, on admet que l'on peut attribuer la même répartition aux produits de filiation (les substances qui pénètrent rapidement le font aussi après la désintégration). Lorsque le produit de filiation est un gaz rare, on n'en tient pas compte dans le rayonnement émis par le sol. Lorsque la mère ou la fille est un gaz rare, on ne tient pas compte de la fille dans la dose par ingestion.

Pour la dose par ingestion associée au transfert racinaire, on utilise dans le cas des enfants, de manière conservatrice, les paramètres de consommation et de dose des adultes, car dans ce cas l'absorption ne doit plus absolument intervenir durant l'enfance.

Pour l'ingestion on peut partir, dans le cas des aérosols et de l'iode, de l'hypothèse justifiée que l'appartenance à un groupe de radionucléides est la même pour la mère et la fille, c'est-à-dire qu'un aérosol-mère se désintègre en un aérosol-fille, qu'un noyau-mère de iode élémentaire donne un noyau-fille qui se comporte comme le iode élémentaire.

Les symboles qui ne sont pas expliqués ici ont la même signification que dans les appendices précédents.

A.5.9.1 Concentration de l'air

Mère

$$C_{Lu,M} = \dot{Q} \cdot \chi \cdot e^{-\lambda_M T_{fz}}$$

Fille i

$$C_{Lu,Ti} = \dot{Q} \cdot \chi \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \left(e^{-\lambda_M T_{fz}} - e^{-\lambda_{Ti} T_{fz}} \right) \right] + \boxed{\dot{Q} \cdot \chi \cdot f_i \cdot e^{-\lambda_{Ti} T_{fz}}}$$

A.5.9.2 Activité dans le sol

Mère

$$A_{Bo,M}(t) = A_{Bo,M}^{fast}(t) + A_{Bo,M}^{slow}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot \left(0.63 \cdot e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})t} + 0.37 \cdot e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})t} \right)$$

où:

$$A_{Bo,M}^{fast}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot 0.63 \cdot e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})t}$$

$$A_{Bo,M}^{slow}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot 0.37 \cdot e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})t}$$

Fille i

$$A_{Bo,Ti}(t) = A_{Bo,Ti}^{fast}(t) + A_{Bo,Ti}^{slow}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot f_i \cdot \left(0.63 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})t} - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})t} \right] + \right. \\ \left. 0.37 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})t} - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})t} \right] \right) + \boxed{Q \cdot \xi_{K,Ti} \cdot f_i \cdot \left(0.63 \cdot e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})t} + 0.37 \cdot e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})t} \right)}$$

où:

$$A_{Bo,Ti}^{fast}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot f_i \cdot 0.63 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})t} - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})t} \right] + \boxed{Q \cdot \xi_{K,Ti} \cdot f_i \cdot 0.63 \cdot e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})t}}$$

$$A_{Bo,Ti}^{slow}(t) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot f_i \cdot 0.37 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})t} - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})t} \right] + \boxed{Q \cdot \xi_{K,Ti} \cdot f_i \cdot 0.37 \cdot e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})t}}$$

A.5.9.3 Dose par immersion

Mère

$$E_{imm,M} = Q \cdot \chi_S \cdot k_s \cdot \left(\frac{e_{imm,M}}{k_c} \right) \cdot e^{-\lambda_M T_{fe}}$$

Fille i

$$E_{imm,Ti} = Q \cdot \chi_S \cdot f_i \cdot k_s \cdot \left(\frac{e_{imm,Ti}}{k_c} \right) \cdot \left(\left[\frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \left(e^{-\lambda_M T_{fe}} - e^{-\lambda_{Ti} T_{fe}} \right) \right] + \boxed{e^{-\lambda_{Ti} T_{fe}}} \right)$$

A.5.9.4 Dose par inhalation

Mère

$$E_{inh,M} = Q \cdot \chi \cdot U_{inh} \cdot e_{inh,M} \cdot e^{-\lambda_M T_{fe}}$$

Fille i

$$E_{inh,Ti} = Q \cdot \chi \cdot f_i \cdot U_{inh} \cdot e_{inh,Ti} \cdot \left(\left[\frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \left(e^{-\lambda_M T_{fe}} - e^{-\lambda_{Ti} T_{fe}} \right) \right] + \boxed{e^{-\lambda_{Ti} T_{fe}}} \right)$$

A.5.9.5 Dose due au rayonnement émis par le sol

Mère

$$E_{BS,M}(T) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot k_s \cdot e_{BS,M} \cdot \left(0.63 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})T}}{\lambda_M + \lambda_{fast}} + 0.37 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})T}}{\lambda_M + \lambda_{slow}} \right)$$

Fille i

$$E_{BS,Ti}(T) = Q \cdot \xi_{K,M} \cdot f_i \cdot k_s \cdot e_{BS,Ti} \cdot \left(0.63 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[\frac{1 - e^{-(\lambda_M + \lambda_{fast})T}}{\lambda_M + \lambda_{fast}} - \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{fast}} \right] + \right. \\ \left. 0.37 \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left[\frac{1 - e^{-(\lambda_M + \lambda_{slow})T}}{\lambda_M + \lambda_{slow}} - \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{slow}} \right] \right) + \\ \boxed{Q \cdot \xi_{K,Ti} \cdot f_i \cdot k_s \cdot e_{BS,Ti} \cdot \left(0.63 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{fast}} + 0.37 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{slow}} \right)}$$

Cas particulier: la mère est un gaz rare et pas la fille

$$E_{BS,Ti}(T) = Q \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \left(e^{-\lambda_M T_{fe}} - e^{-\lambda_{Ti} T_{fe}} \right) \right] \cdot \xi_{K,Ti} \cdot k_s \cdot e_{BS,Ti} \cdot \\ \cdot \left(0.63 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{fast})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{fast}} + 0.37 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{Ti} + \lambda_{slow})T}}{\lambda_{Ti} + \lambda_{slow}} \right)$$

A.5.9.6 Dose par ingestion

Mère

Produits végétaux

Durée de l'ingestion T = 1 jour:

$$E_{ing,M,PP} = U_{PP} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{PP}} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,M}T}}{\lambda_{e,BI,M}} \quad \text{pour un rejet durant la période de récolte}$$

$$E_{ing,M,PP} = 0 \quad \text{pour un rejet hors de la période de récolte}$$

Durée de l'ingestion T= 1 respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{PP}; T_P]$; $T' = \text{Max}[T_P - T_1/2; 0]$):

pour $T^* \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_P + T_1/2$:

$$E_{ing,M,PP} = U_{PP} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{PP}} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_{e,BI,M}T^*} - e^{-\lambda_{e,BI,M}T'}}{\lambda_{e,BI,M}} + \right. \\ \left. e^{-\lambda_M T_P} \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V,M}} \cdot \left[e^{-\lambda_{V,M} T'} - e^{-\lambda_{V,M} T^*} \right] \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_M T_1/2}}{\lambda_M} \right) +$$

$$U_{PP,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{PP}} \cdot TF_{Bo-PP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M}(T_p+T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M}T}}{\lambda_{e,Bo,M}}$$

pour $T^* < T'$:

$$E_{ing,M,PP} = U_{PP,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{PP}} \cdot TF_{Bo-PP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M}(T_p-T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M}T}}{\lambda_{e,Bo,M}}$$

Lait et produits laitiers

Durée de l'ingestion $T = 1$ jour:

$$E_{ing,M,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BL,M}T}}{\lambda_{e,BL,M}} \quad \text{pour la période}$$

de récolte

$$E_{ing,M,Mi} = 0 \quad \text{sinon}$$

Durée de l'ingestion $T = 1$ respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{FP}; T_p]$; $T' = \text{Max}[T_p - T_1/2; 0]$):

pour $T^* \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_p + T_1/2$:

$$E_{ing,M,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot \left[U_{Mi} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_{e,BL,M}T'} - e^{-\lambda_{e,BL,M}T^*}}{\lambda_{e,BL,M}} + \right. \right. \\ \left. \left. e^{-\lambda_M \cdot T_p} \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V,M}} \cdot \left[e^{-\lambda_{V,M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{V,M} \cdot T^*} \right] \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_M \cdot T_1/2}}{\lambda_M} \right) + \right.$$

$$\left. U_{Mi,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M}(T_p+T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M}T}}{\lambda_{e,Bo,M}} \right]$$

pour $T^* < T'$:

$$E_{ing,M,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M}(T_p-T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M}T}}{\lambda_{e,Bo,M}}$$

Viande et produits carnés

Durée de l'ingestion $T = 1$ jour:

$$E_{ing,M,Fl} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot U_{Fl} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,M} T}}{\lambda_{e,BI,M}} \quad \text{pour la période}$$

de récolte

$$\text{sinon } E_{ing,M,Fl} = 0$$

Durée de l'ingestion $T = 1$ respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{FP}; T_P]$; $T' = \text{Max}[T_P - T_1/2; 0]$):

pour $T^* \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_P + T_1/2$:

$$E_{ing,M,Fl} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot \left[U_{Fl} \cdot e_{ing,M} \cdot \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_{e,BI,M} T'} - e^{-\lambda_{e,BI,M} T^*}}{\lambda_{e,BI,M}} + \right. \right.$$

$$\left. \left. e^{-\lambda_M T_P} \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V,M}} \cdot \left[e^{-\lambda_{V,M} T'} - e^{-\lambda_{V,M} T^*} \right] \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_M T_1/2}}{\lambda_M} \right) + \right.$$

$$\left. U_{Fl,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} T}}{\lambda_{e,Bo,M}} \right]$$

pour $T^* < T'$

$$E_{ing,M,Fl} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl,M} \cdot e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot U_{Fl,E} \cdot e_{ing,M,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} T}}{\lambda_{e,Bo,M}}$$

Fille i

Produits végétaux

Durée de l'ingestion $T = 1$ jour:

$$E_{ing,Ti,PP} = U_{PP} \cdot e_{ing,Ti} \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,BI,Ti} - \lambda_{e,BI,M}} \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,M} T}}{\lambda_{e,BI,M}} - \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,Ti} T}}{\lambda_{e,BI,Ti}} \right) + \right.$$

$$\left. \frac{Q \cdot \xi'_{K,Ti}}{Y_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,Ti} T}}{\lambda_{e,BI,Ti}} \right]$$

pour un rejet durant la période de récolte

$$E_{ing,Ti,PP} = 0$$

pour un rejet hors de la période de récolte

Durée de l'ingestion $T = 1$ respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{PP}, T_P]$; $T' = \text{Max}[T_P - T_1/2; 0]$):

pour $T^* \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_P + T_1/2$:

$$\begin{aligned}
 E_{ing, Ti, PP} = & U_{PP} \cdot e_{ing, Ti} \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K, M}}{Y_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e, Bl, Ti} - \lambda_{e, Bl, M}} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_{e, Bl, M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, M} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, M}} - \frac{e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, Ti}} \right) \right. \\
 & + \left. \frac{Q \cdot \xi'_{K, Ti}}{Y_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, Ti}} \right] + \\
 & \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K, M}}{Y_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V, M}} \cdot \left(e^{-\lambda_{V, M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{V, M} \cdot T^*} \right) \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_M \cdot T_P} - e^{-\lambda_M \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_M} - \frac{e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_P} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_{Ti}} \right) \right] \\
 & + U_{PP, E} \cdot e_{ing, Ti, E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K, M}}{P_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \\
 & \cdot \left[TF_{Bo-PP, M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} - TF_{Bo-PP, Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, Ti}} \right. \\
 & \left. + \frac{TF_{Bo-PP, Ti} - TF_{Bo-PP, M}}{T_{PP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}) \cdot T_{PP}}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} \right]
 \end{aligned}$$

pour $T^* < T'$:

$$\begin{aligned}
 E_{ing, Ti, PP} = & U_{PP, E} \cdot e_{ing, Ti, E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K, M}}{P_{PP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \\
 & \cdot \left[TF_{Bo-PP, M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} - TF_{Bo-PP, Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, Ti}} \right. \\
 & \left. + \frac{TF_{Bo-PP, Ti} - TF_{Bo-PP, M}}{T_{PP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}) \cdot T_{PP}}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P - T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} \right]
 \end{aligned}$$

Lait et produits laitiers

Durée de l'ingestion $T = 1$ jour:

$$E_{ing,Ti,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi} \cdot e_{ing,Ti} \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,Bi,Ti} - \lambda_{e,Bi,M}} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bi,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bi,M}} - \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,Bi,Ti}} \right) \right. \\ \left. + \frac{Q \cdot \xi'_{K,Ti}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,Bi,Ti}} \right] \\ + E_{ing,M,Mi} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \right) \cdot \frac{e_{ing,Ti,E}}{e_{ing,M,E}} \quad \text{période de récolte}$$

sinon $E_{ing,Ti,Mi} = 0$

Durée d'ingestion $T = 1$ respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{FP}; T_P]$; $T' = \text{Max}[T_P - T_1/2; 0]$):

pour $T \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_P + T_1/2$:

$$E_{ing,Ti,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \cdot \left\{ U_{Mi} \cdot e_{ing,Ti} \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,Bi,Ti} - \lambda_{e,Bi,M}} \left(\frac{e^{-\lambda_{e,Bi,M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e,Bi,M} \cdot T^*}}{\lambda_{e,Bi,M}} - \frac{e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e,Bi,Ti}} \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{Q \cdot \xi'_{K,Ti}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e,Bi,Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e,Bi,Ti}} \right] + \frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V,M}} \cdot \left(e^{-\lambda_{V,M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{V,M} \cdot T^*} \right) \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_M \cdot T_P} - e^{-\lambda_M \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_M} - \frac{e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_P} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_{Ti}} \right) \right\} \\ + U_{Mi,E} \cdot e_{ing,Ti,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \left[TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} - TF_{Bo-FP,Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,Ti}} \right. \\ \left. + \frac{TF_{Bo-FP,Ti} - TF_{Bo-FP,M}}{T_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}) \cdot T_{FP}}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} \right]$$

Directive IFSN-G14/f

Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

$$+ E_{ing,M,Mi} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \right) \cdot \frac{e_{ing,Ti,E}}{e_{ing,M,E}}$$

pour $T^* < T'$:

$$E_{ing,Ti,Mi} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Mi,Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \cdot U_{Mi,E} \cdot e_{ing,Ti,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \left[TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} - TF_{Bo-FP,Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,Ti}} + \frac{TF_{Bo-FP,Ti} - TF_{Bo-FP,M}}{T_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}) \cdot T_{FP}}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} \right] + E_{ing,M,Mi} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Mi}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(e^{-\lambda_M \cdot T_{Mi}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Mi}} \right) \cdot \frac{e_{ing,Ti,E}}{e_{ing,M,E}}$$

Viande et produits carnés

Durée de l'ingestion $T = 1$ jour:

$$E_{ing,Ti,Fl} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl,Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}} \cdot U_{Fl} \cdot e_{ing,Ti} \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K,M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,BI,Ti} - \lambda_{e,BI,M}} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,M} \cdot T}}{\lambda_{e,BI,M}} - \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,BI,Ti}} \right) + \frac{Q \cdot \xi'_{K,Ti}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,BI,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,BI,Ti}} \right] + E_{ing,M,Fl} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}} \right) \cdot \frac{e_{ing,Ti,E}}{e_{ing,M,E}} \quad \text{période de récolte}$$

sinon $E_{ing,Ti,Fl} = 0$

Durée de l'ingestion $T = 1$ respectivement 50 années ($T^* = \text{Min}[T_{FP}; T_P]$; $T' = \text{Max}[T_P - T_1/2; 0]$):

pour $T^* \geq T'$; terme avec fond gris seulement lorsque $T > T_P + T_1/2$:

$$\begin{aligned}
 E_{ing, Ti, Fl} = & V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl, Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}} \cdot \left\{ U_{Fl} \cdot e_{ing, Ti} \cdot \right. \\
 & \cdot \left[\frac{Q \cdot \xi'_{K, M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e, Bl, Ti} - \lambda_{e, Bl, M}} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_{e, Bl, M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, M} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, M}} - \frac{e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, Ti}} \right) \right. \\
 & \left. \left. + \frac{Q \cdot \xi'_{K, Ti}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T'} - e^{-\lambda_{e, Bl, Ti} \cdot T^*}}{\lambda_{e, Bl, Ti}} \right] + \right. \\
 & \left. \frac{Q \cdot \xi'_{K, M}}{Y_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{2}{T_1 \cdot \lambda_{V, M}} \cdot \left(e^{-\lambda_{V, M} \cdot T'} - e^{-\lambda_{V, M} \cdot T^*} \right) \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(\frac{e^{-\lambda_M \cdot T_P} - e^{-\lambda_M \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_M} - \frac{e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_P} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot (T_P + T_1/2)}}{\lambda_{Ti}} \right) \right] \\
 & + U_{Fl, E} \cdot e_{ing, Ti, E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K, M}}{P_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \\
 & \cdot \left[TF_{Bo-FP, M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} - TF_{Bo-FP, Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, Ti} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, Ti}} \right. \\
 & \left. + \frac{TF_{Bo-FP, Ti} - TF_{Bo-FP, M}}{T_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}) \cdot T_{FP}}}{\lambda_{e, Bo, Ti} - \lambda_{e, Bo, M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot (T_P + T_1/2)} - e^{-\lambda_{e, Bo, M} \cdot T}}{\lambda_{e, Bo, M}} \right] \\
 & + E_{ing, M, Fl} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot \left(e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}} \right) \cdot \frac{e_{ing, Ti, E}}{e_{ing, M, E}}
 \end{aligned}$$

pour $T^* < T'$:

$$E_{ing,Ti,Fl} = V_{FP} \cdot TF_{FP-Fl,Ti} \cdot e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}} \cdot U_{Fl,E} \cdot e_{ing,Ti,E} \cdot \frac{Q \cdot \xi_{K,M}}{P_{FP}} \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \left[TF_{Bo-FP,M} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} - TF_{Bo-FP,Ti} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,Ti} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,Ti}} + \frac{TF_{Bo-FP,Ti} - TF_{Bo-FP,M}}{T_{FP}} \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}) \cdot T_{FP}}}{\lambda_{e,Bo,Ti} - \lambda_{e,Bo,M}} \cdot \frac{e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot (T_P - T_1 / 2)} - e^{-\lambda_{e,Bo,M} \cdot T}}{\lambda_{e,Bo,M}} \right] + E_{ing,M,Fl} \cdot e^{\lambda_M \cdot T_{Fl}} \cdot \frac{\lambda_{Ti}}{\lambda_{Ti} - \lambda_M} \cdot (e^{-\lambda_M \cdot T_{Fl}} - e^{-\lambda_{Ti} \cdot T_{Fl}}) \cdot \frac{e_{ing,Ti,E}}{e_{ing,M,E}}$$

A.5.9.7 Signification des symboles

Les symboles qui figurent dans ce résumé sont indiqués ci-dessous (indice M pour la mère et Ti pour la fille i). Les symboles sont identiques à ceux donnés dans les appendices précédents. La seule exception est λ_M , qui est utilisé ici pour la constante de désintégration de la mère et dans les appendices précédents pour la partie non radioactive de l'appauvrissement de la zone racinaire (désigné ici par λ_W).

Symbole	Signification	Unités
$A_{Bo,M}, A_{Bo,Ti}$	Activité déposée sur le sol	Bq/m ²
$C_{Lu,M}, C_{Lu,Ti}$	Concentration dans l'air	Bq/m ³
$E_{BS,M}, E_{BS,Ti}$	Dose due au rayonnement du sol	Sv
$E_{ing,M}, E_{ing,Ti}$	Dose totale par ingestion (voie atmosphérique)	Sv
$E_{inh,M}, E_{inh,Ti}$	Dose par inhalation	Sv
$E_{imm,M}, E_{imm,Ti}$	Dose par immersion	Sv
$\Theta_{BS,M}, \Theta_{BS,Ti}$	Facteur de (débit de) dose due au rayonnement émis par le sol	Sv·m ² /Bq/an
$\Theta_{ing,M}, \Theta_{ing,Ti}$	Facteur de dose par ingestion (indice E pour adulte)	Sv/Bq
$\Theta_{inh,M}, \Theta_{inh,Ti}$	Facteur de dose par inhalation	Sv/Bq
$\Theta_{imm,M}, \Theta_{imm,Ti}$	Facteur de (débit de) dose par immersion	Sv·m ³ /Bq/an
k_s	Atténuation pour le séjour partiel à l'intérieur des habitations	-
P_{Pfl} P_{PP} P_{FP}	Masse surfacique de la dose racinaire - fruits et légumes - fourrage	kg/m ²
\dot{Q}	Taux de rejet	Bq/s
Q	Rejet total (dans la période considérée)	Bq
T	Durée d'exposition	années

Symbole	Signification	Unités
T_1	Durée d'intégration	années
T_P	Temps entre l'événement et la fin de la prochaine période de récolte	années
T_{fz}	Temps de déplacement dans l'air jusqu'au point d'impact	années
T_{Fi}	Durée de transformation pour le poisson	années
T_{Fi}	Durée de transformation pour la viande	années
T_{Mi}	Durée de transformation pour le lait	années
T_{Pfi} T_{PP} T_{FP}	Durée de croissance des plantes: - légumes/fruits - plantes fourragères et provisions de fourrage	années
T	Durée depuis le rejet	années
$TF_{Bo-Pfi,M}, TF_{Bo-Pfi,Ti}$ $TF_{Bo-PP,M}, TF_{Bo-PP,Ti}$ $TF_{Bo-FP,M}, TF_{Bo-FP,Ti}$	Facteur de transfert dans les plantes: Sol-légumes/fruits Sol-plantes fourragères	Bq/kg/(Bq/kg)
$TF_{FP-Mi,M}, TF_{FP-Mi,Ti}$	Facteur de transfert fourrage-lait	jour/kg
$TF_{FP-Fi,M}, TF_{FP-Fi,Ti}$	Facteur de transfert fourrage-viande	jour /kg
V_{FP}	Quantité de fourrage pour les vaches et le gros bétail	kg/ jour
Y_{Pfi} Y_{PP} Y_{FP}	Densité de végétation: - légumes/fruits (produits végétaux) - plantes fourragères	kg/m ²
λ_M, λ_{Ti}	Constante de désintégration radioactive	an ⁻¹
λ_{slow}	Fraction lente de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an ⁻¹
λ_{fast}	Fraction rapide de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an ⁻¹
$\lambda_{e,Bi,M}, \lambda_{e,Bi,Ti}$	Constante totale d'appauvrissement des radionucléides sur les plantes $\lambda_{e,Bi,M} = \lambda_M + \lambda_{V,M}, \lambda_{e,Bi,Ti} = \lambda_{Ti} + \lambda_{V,Ti}$	an ⁻¹
$\lambda_{e,Bo,M}, \lambda_{e,Bo,Ti}$	Constante d'appauvrissement des radionucléides dans la zone racinaire $\lambda_{e,Bo,M} = \lambda_M + \lambda_{W,M}, \lambda_{e,Bo,Ti} = \lambda_{Ti} + \lambda_{W,Ti}$	an ⁻¹
$\lambda_{V,M}, \lambda_{V,Ti}$	Constante d'appauvrissement non radioactif sur les plantes	an ⁻¹
$\lambda_{W,M}, \lambda_{W,Ti}$	Fraction de l'appauvrissement non radioactif de la zone racinaire	an ⁻¹
$\xi_{K,M}, \xi_{K,Ti}$	Facteur total de déposition (sol)	m ⁻²
$\xi'_{K,M}, \xi'_{K,Ti}$	Facteur total de déposition (feuilles)	m ⁻²
χ	Coefficients de dispersion	s/m ³
χ_s	Coefficients de dispersion corrigé pour la „submersion”	s/m ³

A.5.10 Prise en compte des produits de filiation – rejets de courte durée

Remarques

Pour $T_{\text{HWZ},2} < 10$ min on tient compte de la fille en adaptant les facteurs de dose.

A l'équilibre avant le rejet on a $A_2 = f_B \cdot A_1$ (f_B est la fraction de branchement qui conduit à la fille en question).

Après rupture de l' „équilibre forcé“ (on admet que cela a lieu lors d'un rejet au moment $t=0$ du rejet!) on a :

$$A_1(t) = A_1 \cdot e^{-\lambda_{\text{eff},1} \cdot t} \quad (\text{avec } A_1 = A_1(0), \lambda_{\text{eff},1} \text{ constante totale effective de décroissance})$$

$$A_2(t) = f_B \cdot A_1 \cdot \left[e^{-\lambda_{\text{eff},2} \cdot t} + \frac{\lambda_2}{\lambda_{\text{eff},2} - \lambda_{\text{eff},1}} \cdot \{ e^{-\lambda_{\text{eff},1} \cdot t} - e^{-\lambda_{\text{eff},2} \cdot t} \} \right]$$

Pour les gaz rares on peut poser égal à 0 le 1^{er} terme de la parenthèse carrée dans la 2^{ème} équation si les filles sont retenues lors du rejet. On peut également poser à 0 ce terme pour les filles aérosolées, qui ont un bilan séparé en raison de leur demi-vie (en cas des centrales nucléaires > 8 jours). Ce terme sera indiqué avec un fond gris dans les formules suivantes.

A.5.10.1 Immersion et inhalation

On a: $\lambda_{\text{eff},1} = \lambda_1$ et $\lambda_{\text{eff},2} = \lambda_2$

Ainsi, avec une durée de déplacement dans l'air T_{fz} , on obtient comme concentration de l'air :

$$C_{\text{Luft},2} = f_i \cdot \dot{Q} \cdot \chi \cdot \left[e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{fz}}} + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \{ e^{-\lambda_1 \cdot T_{\text{fz}}} - e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{fz}}} \} \right]$$

A.5.10.2 Rayonnement du sol

$$A_{\text{Bo},2}(t) = A_{\text{Bo},2}(0) \cdot e^{-\lambda_2 \cdot t} + f_i \cdot A_{\text{Bo},1}(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \{ e^{-\lambda_1 \cdot t} - e^{-\lambda_2 \cdot t} \} \\ + f_i \cdot \dot{Q} \cdot \xi_L \cdot \left\{ \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left[(1 - e^{-\lambda_1 \cdot t}) / \lambda_1 - (1 - e^{-\lambda_2 \cdot t}) / \lambda_2 \right] + (1 - e^{-\lambda_2 \cdot t}) / \lambda_2 \right\}$$

Par intégration sur le temps T (1 année) et séparation des contributions „rapide“ et „lente“, on obtient la dose due au rayonnement du sol :

$$E_{\text{BS},2} = \left[A_{\text{Bo},2}(0) \cdot (1 - e^{-\lambda_2 \cdot T}) / \lambda_2 + f_i \cdot A_{\text{Bo},1}(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left\{ (1 - e^{-\lambda_1 \cdot T}) / \lambda_1 - (1 - e^{-\lambda_2 \cdot T}) / \lambda_2 \right\} \right] \\ + f_i \cdot \dot{Q} \cdot \xi_L \cdot \left\{ \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left[(T - \{1 - e^{-\lambda_1 \cdot T}\} / \lambda_1) / \lambda_1 - (T - \{1 - e^{-\lambda_2 \cdot T}\} / \lambda_2) / \lambda_2 \right] \right\} \\ + (T - \{1 - e^{-\lambda_2 \cdot T}\} / \lambda_2) / \lambda_2 \cdot k_S \cdot e_{\text{BS},2}$$

$A_{Bo,2}(0)$ se calcule par intégration sur 50 ans:

$$A_{Bo,2}(0) = f_i \cdot \dot{Q} \cdot \xi_L \cdot \left\{ \left[\frac{0.63 \cdot (1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 50})}{(\lambda_2 + \lambda_{fast})} + \frac{0.37 \cdot (1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 50})}{(\lambda_2 + \lambda_{slow})} \right] \right. \\ \left. + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left[\frac{0.63 \cdot (1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_{fast}) \cdot 50})}{(\lambda_1 + \lambda_{fast})} - \frac{(1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 50})}{(\lambda_2 + \lambda_{fast})} \right] \right. \\ \left. + 0.37 \cdot \left[\frac{(1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_{slow}) \cdot 50})}{(\lambda_1 + \lambda_{slow})} - \frac{(1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 50})}{(\lambda_2 + \lambda_{slow})} \right] \right\}$$

ou de façon itérative à l'aide de $A_{Bo,2}(0) = A_{Bo,fast,2}(0) + A_{Bo,slow,2}(0)$ avec

$$A_{Bo,fast,2}(0) = A_{Bo,fast,2}(-1) \cdot e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 1} + f_i \cdot A_{Bo,fast,1}(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \{e^{-(\lambda_1 + \lambda_{fast}) \cdot 1} - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 1}\} \\ + f_i \cdot \dot{Q}(-1) \cdot \xi_L \cdot \left\{ \frac{0.63 \cdot (1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 1})}{(\lambda_2 + \lambda_{fast})} \right. \\ \left. + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot 0.63 \cdot \left[\frac{(1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_{fast}) \cdot 1})}{(\lambda_1 + \lambda_{fast})} - \frac{(1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{fast}) \cdot 1})}{(\lambda_2 + \lambda_{fast})} \right] \right\}$$

$$A_{Bo,slow,2}(0) = A_{Bo,slow,2}(-1) \cdot e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 1} + f_i \cdot A_{Bo,slow,1}(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \{e^{-(\lambda_1 + \lambda_{slow}) \cdot 1} - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 1}\} \\ + f_i \cdot \dot{Q}(-1) \cdot \xi_L \cdot \left\{ \frac{0.37 \cdot (1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 1})}{(\lambda_2 + \lambda_{slow})} \right. \\ \left. + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot 0.37 \cdot \left[\frac{(1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_{slow}) \cdot 1})}{(\lambda_1 + \lambda_{slow})} - \frac{(1 - e^{-(\lambda_2 + \lambda_{slow}) \cdot 1})}{(\lambda_2 + \lambda_{slow})} \right] \right\}$$

A.5.10.3 Ingestion

Déposition directe sur les feuilles et les produits à entreposer (on a : $C_{Pfi,BI}^0 = \dot{Q} \cdot \xi'_L / Y_{Pfi}$):

Pour la concentration en fonction du temps des filles $C_{Pfi,BI,2}(t)$ par déposition directe sur les feuilles, on a :

$$C_{Pfi,BI,2}(t) = C_{Pfi,BI}^0 \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (1/\lambda_{e,BI,1} - 1/\lambda_{e,BI,2}) + 1/\lambda_{e,BI,2} \right]$$

Pour la concentration en fonction du temps dans les produits à entreposer (déposition sur les feuilles) $C_{Pfi,L,2}(t)$, on a :

$$C_{Pfi,L,2}(t) = C_{Pfi,BI}^0 \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot [1/\lambda_{e,BI,1} \cdot \{1 - e^{-\lambda_1/2 \cdot t}\} / (\lambda_1/2) \cdot e^{-\lambda_1 \cdot (t - [T_E + 1/2])}] \right. \\ \left. - 1/\lambda_{e,BI,2} \cdot \{1 - e^{-\lambda_2/2 \cdot t}\} / (\lambda_2/2) \cdot e^{-\lambda_2 \cdot (t - [T_E + 1/2])} \right] \\ + 1/\lambda_{e,BI,2} \cdot \{1 - e^{-\lambda_2/2 \cdot t}\} / (\lambda_2/2) \cdot e^{-\lambda_2 \cdot (t - [T_E + 1/2])}]$$

Pour la racine on a pour l'absorption directe des filles à partir du sol:

$$C_{Pfl,W,2}(t) = C_{Pfl,W,2}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot t} + C_{Pfl,W,(1,2)}^0 \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_{e,Bo,2} - \lambda_{e,Bo,1}} \cdot [e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot t} - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot t}]$$

$C_{Pfl,W,2}^0$ se calcule avec la formule $C_{Pfl,W,2}^0 = C_{Bo,2}(0) \cdot TF_{Bo-Pfl,2}$

Le 2^{ème} terme de la formule ci-dessus représente la formation des filles à partir de l'activité du sol $C_{Bo,1}(0)$; dans ce cas on ne sait pas si c'est le facteur de transfert de la mère ou celui de la fille qui doit être utilisé pour la description du transfert racinaire. On prendra ici de manière conservative le maximum des deux facteurs de transfert selon la formule suivante:

$$C_{Pfl,W,(1,2)}^0 = C_{Bo,1}(0) \cdot \text{Max}(TF_{Bo-Pfl,1}; TF_{Bo-Pfl,2})$$

On obtient la concentration des filles dans le sol au début de l'année en cours soit par intégration sur 50 années:

$$C_{Bo,2}(0) = \dot{Q} \cdot \xi_L / P_{Pfl} \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_{e,Bo,2} - \lambda_{e,Bo,1}} \cdot \left[\frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot 50}}{\lambda_{e,Bo,1}} - \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 50}}{\lambda_{e,Bo,2}} \right] + \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 50}}{\lambda_{e,Bo,2}} \right]$$

soit de manière itérative:

$$C_{Bo,2}(0) = C_{Bo,2}(-1) \cdot e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1} + C_{Bo,1}(-1) \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_{e,Bo,2} - \lambda_{e,Bo,1}} \cdot [e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot 1} - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1}] + \dot{Q} \cdot \xi_L / P_{Pfl} \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_{e,Bo,2} - \lambda_{e,Bo,1}} \cdot \left[\frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,1}} - \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,2}} \right] + \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,2}} \right]$$

A partir de ces concentrations on obtient par intégration sur l'année en cours les contributions à la dose par les produits de filiation :

Produits végétaux

$$E_{ing,PP,2} = U_{PP} \cdot e_{ing} \cdot C_{PP,Bl}^0 \cdot f_i \cdot \left(\left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (1/\lambda_{e,Bl,1} - 1/\lambda_{e,Bl,2}) + 1/\lambda_{e,Bl,2} \right] \cdot \frac{1}{2} + \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \left[\frac{1}{\lambda_{e,Bl,1}} \cdot 2 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1/2}}{\lambda_1} \right)^2 - \frac{1}{\lambda_{e,Bl,2}} \cdot 2 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda_2/2}}{\lambda_2} \right)^2 \right] + \frac{1}{\lambda_{e,Bl,2}} \cdot 2 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\lambda_2/2}}{\lambda_2} \right)^2 \right] \right) + (C_{PP,W,2}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot T_E} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,2}} + C_{PP,W,(1,2)}^0 \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_{e,Bo,2} - \lambda_{e,Bo,1}} \cdot [e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot T_E} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,1} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,1}} - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot T_E} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_{e,Bo,2} \cdot 1}}{\lambda_{e,Bo,2}}])$$

Lait et produits laitiers

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ing},\text{Mi},2} = & V_{\text{FP}} \cdot U_{\text{Mi}} \cdot e_{\text{ing}} \cdot \{ C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_i \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (1/\lambda_{e,\text{BI},1} - 1/\lambda_{e,\text{BI},2}) + 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \right] \cdot \frac{1}{2} \\
 & + C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_B \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_1/2})/\lambda_1\}^2 - 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_2/2})/\lambda_2\}^2] \right. \\
 & \quad \left. + 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_2/2})/\lambda_2\}^2 \right] \cdot \text{TF}_{\text{FP-Mi},2} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{Mi}}} \\
 & + C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_i \cdot [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot \frac{1}{2} + [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_1/2})/\lambda_1\}^2] \cdot \\
 & \quad \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \text{TF}_{\text{FP-Mi},1} \cdot [e^{-\lambda_1 \cdot T_{\text{Mi}}} - e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{Mi}}}] \\
 & + (C_{\text{Pfl,W},2}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},2} \\
 & + C_{\text{Pfl,W},(1,2)}^0 \cdot f_i \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_{e,\text{Bo},2} - \lambda_{e,\text{Bo},1}} \cdot [e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},1} \\
 & - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},2}] \cdot \text{TF}_{\text{FP-Mi},2} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{Mi}}} \\
 & + C_{\text{Pfl,W},1}^0 \cdot f_i \cdot [e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},1}] \\
 & \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \text{TF}_{\text{FP-Mi},1} \cdot [e^{-\lambda_1 \cdot T_{\text{Mi}}} - e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{Mi}}}] \}
 \end{aligned}$$

Viande et produits carnés:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ing},\text{FI},2} = & V_{\text{FP}} \cdot U_{\text{FI}} \cdot e_{\text{ing}} \cdot \{ C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_B \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (1/\lambda_{e,\text{BI},1} - 1/\lambda_{e,\text{BI},2}) + 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \right] \cdot \frac{1}{2} \\
 & + C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_B \cdot \left[\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_1/2})/\lambda_1\}^2 - 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_2/2})/\lambda_2\}^2] \right. \\
 & \quad \left. + 1/\lambda_{e,\text{BI},2} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_2/2})/\lambda_2\}^2 \right] \cdot \text{TF}_{\text{FP-FI},2} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{FI}}} \\
 & + C_{\text{FP,BI}}^0 \cdot f_B \cdot [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot \frac{1}{2} + [1/\lambda_{e,\text{BI},1} \cdot 2 \cdot \{(1 - e^{-\lambda_1/2})/\lambda_1\}^2] \cdot \\
 & \quad \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \text{TF}_{\text{FP-FI},1} \cdot [e^{-\lambda_1 \cdot T_{\text{FI}}} - e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{FI}}}] \\
 & + (C_{\text{Pfl,W},2}^0 \cdot e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},2} \\
 & + C_{\text{Pfl,W},(1,2)}^0 \cdot f_B \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_{e,\text{Bo},2} - \lambda_{e,\text{Bo},1}} \cdot [e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},1} \\
 & - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},2} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},2}] \cdot \text{TF}_{\text{FP-FI},2} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{FI}}} \\
 & + C_{\text{Pfl,W},1}^0 \cdot f_B \cdot [e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot T_E} \cdot \{1 - e^{-\lambda_{e,\text{Bo},1} \cdot 1}\} / \lambda_{e,\text{Bo},1}] \\
 & \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \text{TF}_{\text{FP-FI},1} \cdot [e^{-\lambda_1 \cdot T_{\text{FI}}} - e^{-\lambda_2 \cdot T_{\text{FI}}}] \}
 \end{aligned}$$

Appendice 6: Liste des paramètres généraux selon [A3]

Unités

Symbole	Signification	Unités
\dot{A}	Débit de déposition	Bq/(m ² .an)
A(t)	Activité déposée sur le sol	Bq/m ²
A(0)	Activité déposée sur le sol au début de l'année	Bq/m ²
C _{Bo} (t)	Concentration dans la zone racinaire des plantes	Bq/kg
C _{Bo} (0)	Concentration dans la zone racinaire des plantes au début de l'année	Bq/kg
C _{Pfl} (t): C _{PP} (t), C _{FP} (t)	Concentration en fonction du temps dans les plantes prêtes à la consommation	Bq/kg
C ⁰ _{Pfl,Bl} : C ⁰ _{PP,Bl} C ⁰ _{FP,Bl}	Concentration par déposition sur la surface des plantes juste après un rejet de courte durée, respectivement durant un rejet de longue durée	Bq/kg
C ⁰ _{Pfl,W} : C ⁰ _{PP,W} C ⁰ _{FP,W}	Concentration due à l'absorption par les racines juste après un rejet de courte durée respectivement au début de l'année pour les rejets de longue durée	Bq/kg
E _{BS}	Dose par rayonnement émis par le sol	Sv
E _{ing}	Dose totale par ingestion (voie atmosphérique)	Sv
E _{tot,HTO}	Dose par ingestion de tritium	Sv
E _{ing,WP}	Dose totale par ingestion (voie aquatique)	Sv
E _{inh}	Dose par inhalation	Sv
E _{imm}	Dose par immersion	Sv
e _{BS}	Facteur de (débit de) dose par rayonnement émis par le sol	Sv m ² /Bq/an
e _{ing}	Facteur de dose par ingestion	Sv/Bq
e _{inh}	Facteur de dose par inhalation	Sv/Bq
e _{imm}	Facteur de (débit de) dose par immersion	Sv m ³ /Bq/an
F, F _L , F _K	Facteurs de retombée	m ⁻²
f _d	Fraction de la déposition directe humide sur la surface des plantes	-
f _{ei}	Fraction de l'iode élémentaire par rapport au total du rejet (voie atmosphérique)	-
f _F	Teneur en eau dans le lait et la viande provenant de la nourriture des animaux	-
f _i	Rapport de branchement conduisant au nuclide i (branching fraction)	-
f _K	Fraction en masse du carbone dans la nourriture	-

Symbole	Signification	Unités
f_{Lu} f_N	Fraction de l'eau des plantes provenant de - l'humidité de l'air - les précipitations	-
f_{Wa}	Contenu moyen en eau dans les produits alimentaires	-
G_t	Fraction des rejets atmosphériques qui, du fait de l'influence des bâtiments, est postulée comme émise au sol	-
I_N	Intensité des précipitations (pour limite) Intensité des précipitations pour l'année en question	mm/h mm/an
I_0	Intensité de référence des précipitations	mm/h
J	Débit annuel moyen du fleuve en question (effluent)	m ³ /an
K_0 K_e	Coefficient de remise en suspension	m ⁻¹
k_c	Facteur de transformation des années en secondes	s/an
k_{mk}	Facteur de transformation du kg en m ³ pour l'eau	kg/m ³
k_N	Facteur de transformation pour les précipitations	(kg/m ²)/mm
k_S	Atténuation associée au séjour partiel à l'intérieur des habitations	-
L	Constante d'immobilisation dans le sol	an ⁻¹
P_{Pfl} P_{PP} P_{FP}	Masse surfacique de la zone racinaire - fruits et légumes - plantes fourragères	kg/m ²
$p_y, p_z; q_y, q_z$	Paramètres de Vogt	p_y, p_z : [m]; q_y, q_z : [-]
\dot{Q}	Taux de rejet	Bq/an
Q	Rejet total (durant une période)	Bq
T	Durée d'exposition	années
T_1 resp. T_{50}	Durée d'intégration	années
T_E	Temps entre le début de l'année et le début de la récolte (16 avril)	années
T_P	Durée entre l'événement et la fin de la prochaine période de récolte, respectivement période de récolte (rejet de longue durée)	années
T_{fz}	Durée de déplacement dans l'air jusqu'au point d'impact	années
T_{Fi}	Durée de transformation pour le poisson	années
T_{Fl}	Durée de transformation pour la viande	années
T_{Mi}	Durée de transformation pour le lait	années

Symbole	Signification	Unités
T_{Pfl} , T_{PP} , T_{FP}	Durée de croissance des plantes: - légumes/fruits - plantes fourragères et provisions de fourrage	années
t	Temps depuis le début de l'année, respectivement depuis le rejet	années
TF_{Bo-Pfl} , TF_{Bo-PP} , TF_{Bo-FP}	Facteur de transfert dans les plantes: Sol-légumes/fruits Sol-plantes fourragères	(Bq/kg)/(Bq/kg)
TF_{FP-Mi}	Facteur de transfert fourrage-lait	jours/kg
TF_{FP-Fi}	Facteur de transfert fourrage-viande	jours/kg
TF_{Wa-Fi}	Facteur de transfert eau-poisson	m ³ /kg
V_{FP}	Quantité de fourrage pour les vaches et le gros bétail	kg/jour
V_{TW}	Quantité d'abreuvement pour les vaches et le gros bétail	m ³ /jour
v_g	Vitesse de déposition - aérosols - iode élémentaire	m/s
W_L, W_K	Facteur de lessivage	m ⁻²
Y_{Pfl} , Y_{PP} , Y_{FP}	Densité de végétation: - légumes et fruits (produits végétaux) - plantes fourragères	kg/m ²
κ	Coefficient de correction pour le calcul des facteurs de lessivage - iode, aérosols - tritium	-
Λ	Coefficient de lessivage	s ⁻¹
Λ_0	Coefficient de lessivage de référence pour une intensité des précipitations I_0 - iode élémentaire, aérosols - eau tritiée	s ⁻¹
λ	Constante de désintégration radioactive	an ⁻¹
λ_{slow}	Fraction lente de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an ⁻¹
λ_{fast}	Fraction rapide de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an ⁻¹
$\lambda_{e,BI}$	Constante totale d'appauvrissement des radionucléides dans les plantes	an ⁻¹
$\lambda_{e,Bo}$	Constante totale d'appauvrissement des radionucléides dans la zone racinaire	an ⁻¹
λ_W	Fraction non radioactive de l'appauvrissement de la zone racinaire	an ⁻¹
λ_V	Constante d'appauvrissement non radioactif des plantes pour - les aérosols - le iode	an ⁻¹
ξ_L, ξ_K	Facteur total de déposition (sol)	m ⁻²

Symbole	Signification	Unités
ξ'_L, ξ'_K	Facteur total de déposition (feuilles)	m^{-2}
σ_y, σ_z	Paramètres de la dispersion gaussienne	m
Φ	Humidité absolue moyenne	kg/m^3
χ_L, χ_K	Coefficients de dispersion	s/m^3
$\chi_{L,S}, \chi_{K,S}, \chi_S$	Coefficients de dispersion corrigés pour la submersion	s/m^3
$\chi_{K,alt}$	« Ancien » coefficient de dispersion, utilisé précédemment	s/m^3
Ψ	Concentration du carbone dans l'air	kg/m^3

Appendice 6: Paramètres généraux selon [A3]:

Valeurs numériques

Symbole	Signification	Unités	Fonctionnement normal, fréquence de défaillance $t > 10^{-1}$ par an		Défaillances de dimensionnement
			Rejet de longue durée	Rejet de courte durée	
f_d	Fraction de la déposition directe humide sur la surface des plantes	-	0.3 (Iode: 1.0) ¹⁾	0.3	0.3
f_{ei}	Fraction de l'iode élémentaire par rapport au total du rejet (voie atmosphérique)	-	0.5	0.5	Selon le terme-source
f_F	Teneur en eau dans le lait et la viande provenant de la nourriture des animaux	-	0.4	0.4	0.4
f_k	Fraction en masse du carbone dans la nourriture	-	0.125	0.125	0.125
f_{Lu} f_N	Fraction de l'eau des plantes provenant de - l'humidité de l'air: - les précipitations:	-	0.3 (1.0) ²⁾ 0.7 (0.0) ²⁾	1.0 0.0	1.0 0.0
f_{Wa}	Contenu moyen en eau dans les produits alimentaires	-	0.75	0.75	0.75
I_N	Intensité des précipitations (pour limite) Intensité des précipitations pour l'année en question	mm/h mm/an	- dépend du site	2 -	2 -
I_0	Intensité de référence des précipitations	mm/h	1	1	1
J	Débit annuel moyen du fleuve en question (effluent) - KKB/PSI - KKG - KKL - KKM	m ³ /an	1.8 · 10 ¹⁰ 9.0 · 10 ⁹ 3.3 · 10 ¹⁰ 3.8 · 10 ⁹	- - - -	- - - -

Symbole	Signification	Unités	Fonctionnement normal, fréquence de défaillance $t > 10^{-1}$ par an		Défaillances de dimensionnement
			Rejet de longue durée	Rejet de courte durée	
K_0 K_e	Coefficient de remise en suspension	m^{-1}	- -	- -	10^{-6} 10^{-9}
k_c	Facteur de transformation des années en secondes	s/an	$3.16 \cdot 10^7$	$3.16 \cdot 10^7$	$3.16 \cdot 10^7$
k_{mk}	Facteur de transformation du kg en m^3 pour l'eau	kg/m^3	1000	1000	1000
k_N	Facteur de transformation pour les précipitations	$(kg/m^2)/mm$	1	1	1
k_s	Atténuation associée au séjour partiel à l'intérieur des habitations	-	0.4	0.4 (sol) 1 (immersion)	0.4 (sol) 1 (immersion)
L	Constante d'immobilisation dans le sol	an^{-1}	-	-	3.7
P_{Pfl} , P_{PP} , P_{FP}	Masse surfacique de la zone racinaire - fruits et légumes - plantes fourragères	kg/m^2	280 (champ) 120 (pâturage)	280 (champ) 120 (pâturage)	280 (champ) 120 (pâturage)
\dot{Q}	Taux de rejet	Bq/an	-	-	-
Q	Rejet total (durant une période)	Bq	-	-	-
T	Durée d'exposition (*voir chap. 4.2a)	années	1	1	1 (* $2.7 \cdot 10^{-3}; 50$)
T_1 resp. T_{50}	Durée d'intégration	années	1 resp. 50	-	-
T_E	Temps entre le début de l'année et le début de la récolte (16 avril)	années	0.29	0.29	0.29
T_P	Durée entre l'événement et la fin de la prochaine période de récolte, respectivement période de récolte (rejet de longue durée)	années	0.5	$8.3 \cdot 10^{-2}$	$8.3 \cdot 10^{-2}$ resp. $2.7 \cdot 10^{-3}$

Symbole	Signification	Unités	Fonctionnement normal, fréquence de défaillance $t > 10^{-1}$ par an		Défaillances de dimensionnement
			Rejet de longue durée	Rejet de courte durée	
T_{fz}	Durée de déplacement dans l'air jusqu'au point d'impact - centrales nucléaires - PSI	années	$1.9 \cdot 10^{-5}$ $2.4 \cdot 10^{-6}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$ $2.4 \cdot 10^{-6}$	Selon la source
T_{Fi}	Durée de transformation pour le poisson	années	$2.7 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$
T_{Fi}	Durée de transformation pour la viande	années	$5.5 \cdot 10^{-2}$	$5.5 \cdot 10^{-2}$	$5.5 \cdot 10^{-2}$
T_{Mi}	Durée de transformation pour le lait	années	$2.7 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$
T_{Pfi} , T_{PP} , T_{FP}	Durée de croissance des plantes: - légumes/fruits - plantes fourragères et provisions de fourrage	années	0.16 $8.3 \cdot 10^{-2}$	0.16 $8.3 \cdot 10^{-2}$	0.16 $8.3 \cdot 10^{-2}$
V_{FP}	Quantité de fourrage pour les vaches et le gros bétail	kg/jour	65	65	65
V_{TW}	Quantité d'abreuvement pour les vaches et le gros bétail	m^3 /jour	0.075	0.075	0.075
v_g	Vitesse de déposition - aérosols - iode élémentaire	m/s	0.0015 m/s 0.01 m/s (0.017 m/s) ³⁾	0.0015 m/s 0.01 m/s -	0.0015 m/s 0.01 m/s -
Y_{Pfi} , Y_{PP} , Y_{FP}	Densité de végétation: - légumes et fruits (produits végétaux) - plantes fourragères	kg/m^2	2.4 0.85	2.4 0.85	2.4 0.85
κ	Coefficient de correction pour le calcul des facteurs de lessivage - iode, aérosols - tritium	-	0.8 1	0.8 1	0.8 1

Symbole	Signification	Unités	Fonctionnement normal, fréquence de défaillance $t > 10^{-1}$ par an		Défaillances de dimensionnement
			Rejet de longue durée	Rejet de courte durée	
Λ_0	Coefficient de lessivage de référence pour une intensité des précipitations I_0 - iode élémentaire, aérosols - eau tritiée	s^{-1}	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$
			$3.5 \cdot 10^{-5}$	$3.5 \cdot 10^{-5}$	$3.5 \cdot 10^{-5}$
λ_{slow}	Fraction lente de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an^{-1}	$7.5 \cdot 10^{-3}$	$7.5 \cdot 10^{-3}$	$7.5 \cdot 10^{-3}$
λ_{fast}	Fraction rapide de l'appauvrissement non radioactif pour le rayonnement du sol	an^{-1}	1.1	1.1	1.1
λ_W	Fraction non radioactive de l'appauvrissement de la zone racinaire (valeurs selon CHECO-SYS) - Tc, Sr, Cs - Ca, Br, Ba, Mn, Zn - I, Te - autres, par exemple Co, Pu	an^{-1}	$7 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$
			$3.5 \cdot 10^{-2}$	$3.5 \cdot 10^{-2}$	$3.5 \cdot 10^{-2}$
			$1.7 \cdot 10^{-2}$	$1.7 \cdot 10^{-2}$	$1.7 \cdot 10^{-2}$
			0	0	0
λ_V	Constante d'appauvrissement non radioactif des plantes pour - les aérosols - le iode	an^{-1}	18	18	18
			32	32	32
Φ	Humidité absolue moyenne	kg/m^3	$9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
Ψ	Concentration du carbone dans l'air	kg/m^3	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$

- 1) Dans la mesure où l'on ne dispose pas d'une statistique météorologique à quatre paramètres et que le lessivage est pris en compte par une augmentation de la vitesse de déposition, on admettra pour l'iode que la fraction déposée sur la surface des plantes est de 1.
- 2) Jusqu'à ce que l'on dispose d'une statistique météorologique à quatre paramètres, on posera, pour les rejets de longue durée, $f_{Lu} = 1$ et $f_N = 0$.
- 3) Dans la mesure où l'on ne dispose pas, pour un site, d'une statistique météorologique à quatre paramètres et que l'on ne peut ainsi déterminer le facteur de lessivage de longue durée, on tiendra compte du lessivage en augmentant la vitesse de déposition v_g selon l'appendice A 2.3.2.

Appendice 7: Débit respiratoire et habitudes de consommation de la population avoisinante

Symbole	Signification	Unités	Fonctionnement normal, fréquence de défaillance $t > 10^{-1}$ par an		Défaillance de dimensionnement Rejet de longue durée
			Rejet de longue durée	Rejet de courte durée	
Habitudes alimentaires					
U _{inh}	Débit respiratoire - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes - normal - augmenté	m ³ /s	6.4·10 ⁻⁵ 1.8·10 ⁻⁴ 2.5·10 ⁻⁴ -	6.4·10 ⁻⁵ 1.8·10 ⁻⁴ 2.5·10 ⁻⁴ -	6.4·10 ⁻⁵ 1.8·10 ⁻⁴ 2.5·10 ⁻⁴ 3.5·10 ⁻⁴
U _{Fi}	Taux de consommation de poisson - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes	kg/an	0 4* 4	0 4* 4	0 4* 4
U _{FI}	Taux de consommation de la viande et des oeufs - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes	kg/ an	5 69 71	5 69 71	5 69 71
U _{Mi}	Taux de consommation du lait et des produits laitiers - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes	kg/ an	204 123 129	204 123 129	204 123 129
U _{pp}	Taux de consommation des légumes - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes	kg/ an	50 116 121	50 116 121	50 116 121
U _{TW}	Consommation d'eau de boisson - enfants en bas âge (1 an) - enfants de 10 ans - adultes	m ³ / an	0.25 0,65* 0.65	- - -	- - -

* : La valeur applicable aux adultes est utilisée à titre conservatif.

Pour les calculs dans le cas des défaillances, on admet, dans le cadre de l'inhalation, un débit respiratoire augmenté durant les 8 premières heures du passage du panache.

Les valeurs de consommation pour les adultes sont les mêmes que celles utilisées dans le programme CHECOSYS (ECOSYS avec des paramètres adaptés à la situation en Suisse) et sont tirées de [A6]. Dans le cas du lait on tient compte du lait sous forme de boisson, du fromage, du beurre, de la crème et du yoghourt. Les légumes comprennent les céréales, les légumes à feuilles, les légumes à racines, les légumes à fruits, les pommes de terre, les fruits et les baies.

Séjour en plein air et à l'intérieur des habitations: pour l'exposition externe de longue durée on admet qu'une personne séjourne 8 heures par jour en plein air et le reste du temps à l'intérieur. Si l'on admet une atténuation moyenne du rayonnement à l'intérieur des habitations d'un facteur 0.1, on obtient un facteur d'atténuation global k_s de 0.4 (voir Appendice 6). On peut utiliser ce facteur pour l'immersion lors de rejets de longue durée et pour le rayonnement du sol; pour les rejets de courte durée et les calculs en cas de défaillance, on admet pour l'immersion, respectivement la submersion, qu'une personne séjourne en plein air durant tout le passage du panache.

Appendice 8: Facteurs de dose

On tiendra compte de l'indication suivante lors de l'utilisation de la liste: les facteurs de dose pour l'ingestion et l'inhalation sont à prendre en principe dans les annexes 3 et 4 de l'ordonnance de radioprotection (ORaP). Ainsi c'est les valeurs de l'ordonnance de radioprotection qui sont en premier lieu applicables. Dans le cas où un radionucléide n'y figure pas, on se rapportera à la liste qui suit, ou à la liste correspondante sur le site web de l'IFSN.

Indication: les radionucléides qui ne figurent pas dans l'annexe 4 de l'ordonnance actuelle de radioprotection, sont présentés en italiques.

Appendice: Facteurs de dose pour différents classes d'âge (AMAD pour les aérosols = 1µm)

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	Enfants en bas âge (1 an)	Adultes
			(10 ans)	(10 ans)	(10 ans)	(10 ans)
<i>H-3 organique</i>	0.000E+00	0.000E+00	1.100E-10	4.100E-11	1.200E-10	4.200E-11
H-3 gazeux	0.000E+00	0.000E+00	4.800E-15	1.800E-15	0.000E+00	0.000E+00
H-3_HTO	0.000E+00	0.000E+00	4.800E-11	1.800E-11	4.800E-11	1.800E-11
H-3	0.000E+00	0.000E+00	2.700E-10	8.200E-11	1.200E-10	4.200E-11
Be-7	1.901E-15	3.945E-17	2.400E-10	9.600E-11	1.300E-10	2.800E-11
Be-10	9.063E-17	1.195E-18	9.100E-08	4.200E-08	8.000E-09	1.100E-09
<i>C-11 organique</i>	3.936E-14	8.353E-16	1.800E-11	6.100E-12	1.500E-10	2.400E-11
<i>C-11 gazeux</i>	3.936E-14	8.353E-16	1.200E-11	4.100E-12	0.000E+00	0.000E+00
C-11	3.936E-14	8.353E-16	1.100E-10	3.200E-11	1.500E-10	2.400E-11
<i>C-14 organique</i>	1.863E-18	0.000E+00	1.600E-09	7.900E-10	1.600E-09	5.800E-10
<i>C-14 gazeux</i>	1.863E-18	0.000E+00	1.900E-11	8.900E-12	0.000E+00	0.000E+00
C-14	1.863E-18	0.000E+00	6.600E-09	2.800E-09	1.600E-09	5.800E-10
N-13	3.942E-14	8.565E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
N-16	2.303E-13	2.719E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
O-15	3.967E-14	8.952E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
F-18	3.806E-14	7.855E-16	3.100E-10	1.000E-10	3.000E-10	4.900E-11
Na-22	8.667E-14	1.623E-15	7.300E-09	2.400E-09	1.500E-08	3.200E-09
Na-24	1.867E-13	2.834E-15	1.800E-09	5.700E-10	2.300E-09	4.300E-10
<i>Mg-27</i>	3.682E-14	7.729E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Mg-28	5.466E-14	9.903E-16	7.200E-09	2.300E-09	1.400E-08	2.200E-09
Al-26	1.129E-13	1.982E-15	7.400E-08	2.900E-08	2.100E-08	3.500E-09
<i>Al-28</i>	7.827E-14	1.366E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Si-31	4.066E-16	6.845E-17	4.700E-10	1.400E-10	1.000E-09	1.600E-10
Si-32	7.003E-18	0.000E+00	2.700E-07	1.300E-07	4.100E-09	5.600E-10
P-32	4.436E-16	8.176E-17	1.500E-08	5.300E-09	1.900E-08	2.400E-09
P-33	1.223E-17	0.000E+00	4.600E-09	2.100E-09	1.800E-09	2.400E-10

Directive IFSN-G14/f

Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations Nucléaires

Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]			
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)		
			Adultes	Adultes	Adultes	Adultes		
S-35	2.389E-18	0.000E+00	4.500E-09	2.000E-09	1.400E-09	5.400E-09	1.600E-09	7.700E-10
Cl-36	1.249E-16	7.066E-18	2.600E-08	1.000E-08	7.300E-09	6.300E-09	1.900E-09	9.300E-10
Cl-38	6.807E-14	1.159E-15	3.000E-10	8.500E-11	4.500E-11	7.700E-10	2.200E-10	1.200E-10
Af-37	2.745E-20	3.200E-21	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Af-39	1.043E-16	2.183E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Af-41	5.197E-14	9.449E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
K-40	6.597E-15	1.548E-16	1.700E-08	4.500E-09	2.100E-09	4.200E-08	1.300E-08	6.200E-09
K-42	1.228E-14	3.267E-16	1.000E-09	2.600E-10	1.200E-10	3.000E-09	8.600E-10	4.300E-10
K-43	3.777E-14	7.884E-16	9.700E-10	2.900E-10	1.400E-10	1.400E-09	4.700E-10	2.500E-10
Ca-41	6.376E-20	8.385E-21	2.600E-10	1.700E-10	9.500E-11	5.200E-10	4.800E-10	1.900E-10
Ca-45	1.280E-17	0.000E+00	8.800E-09	3.900E-09	2.700E-09	4.900E-09	1.800E-09	7.100E-10
Ca-47	4.294E-14	7.741E-16	7.700E-09	2.900E-09	1.900E-09	9.300E-09	3.000E-09	1.600E-09
Ca-49	1.512E-13	2.117E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Sc-44	8.489E-14	1.680E-15	1.200E-09	3.600E-10	1.800E-10	2.200E-09	7.100E-10	3.500E-10
Sc-46	8.188E-14	1.511E-15	2.300E-08	9.800E-09	6.800E-09	7.900E-09	2.900E-09	1.500E-09
Sc-46m	3.394E-15	7.494E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Sc-47	4.167E-15	9.126E-17	2.800E-09	1.100E-09	7.300E-10	3.900E-09	1.200E-09	5.400E-10
Sc-48	1.365E-13	2.462E-15	5.900E-09	2.000E-09	1.100E-09	9.300E-09	3.300E-09	1.700E-09
Sc-49	5.805E-16	9.738E-17	2.400E-10	7.100E-11	4.000E-11	5.700E-10	1.600E-10	8.200E-11
Ti-44	4.512E-15	1.130E-16	3.100E-07	1.500E-07	1.200E-07	3.100E-08	1.100E-08	5.800E-09
Ti-45	3.365E-14	7.212E-16	5.500E-10	1.700E-10	9.300E-11	9.800E-10	3.100E-10	1.500E-10
Ti-51	1.469E-14	3.971E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
V-48	1.177E-13	2.156E-15	1.100E-08	4.300E-09	2.400E-09	1.100E-08	3.900E-09	2.000E-09
V-49	1.914E-19	3.064E-20	2.100E-10	6.300E-11	3.400E-11	1.400E-10	4.000E-11	1.800E-11
V-52	5.923E-14	1.110E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cr-49	4.024E-14	9.009E-16	2.000E-10	6.100E-11	3.300E-11	3.900E-10	1.100E-10	6.100E-11
Cr-51	1.188E-15	2.557E-17	1.900E-10	6.400E-11	3.200E-11	2.300E-10	7.800E-11	3.800E-11
Mn-52	1.395E-13	2.552E-15	6.800E-09	2.400E-09	1.400E-09	8.800E-09	3.400E-09	1.800E-09
Mn-52m	9.621E-14	1.881E-15	1.900E-10	5.500E-11	2.900E-11	4.400E-10	1.300E-10	6.900E-11
Mn-53	3.546E-19	6.436E-20	3.400E-10	1.000E-10	5.400E-11	2.200E-10	6.500E-11	3.000E-11

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv.m ³ /Bq.s]	Rayonnement externe du sol [Sv.m ² /Bq.s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	
			Adultes		Adultes		
Mn-54	3.394E-14	6.537E-16	6.200E-09	2.400E-09	3.100E-09	1.300E-09	7.100E-10
Mn-56	7.310E-14	1.332E-15	7.800E-10	2.400E-10	1.700E-09	5.100E-10	2.500E-10
Mn-57	3.559E-15	1.769E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Fe-52	2.823E-14	5.980E-16	4.100E-09	1.200E-09	9.100E-09	2.800E-09	1.400E-09
Fe-55	4.664E-19	8.996E-20	1.400E-09	6.200E-10	2.400E-09	1.100E-09	3.300E-10
Fe-59	4.813E-14	8.562E-16	1.300E-08	5.500E-09	1.300E-08	4.700E-09	1.800E-09
Co-56	1.546E-13	2.597E-15	2.100E-08	7.400E-09	1.500E-08	5.800E-09	2.500E-09
Co-57	4.503E-15	1.011E-16	2.200E-09	8.500E-10	1.600E-09	5.800E-10	2.100E-10
Co-58	3.920E-14	7.646E-16	6.500E-09	2.400E-09	4.400E-09	1.700E-09	7.400E-10
Co-58m	7.101E-19	1.460E-19	7.600E-11	2.400E-11	1.500E-10	4.700E-11	2.400E-11
Co-60	1.012E-13	1.772E-15	3.400E-08	1.500E-08	2.700E-08	1.100E-08	3.400E-09
Co-60m	1.662E-16	3.524E-18	4.700E-12	1.800E-12	1.200E-11	3.200E-12	1.700E-12
Co-61	3.397E-15	1.180E-16	2.700E-10	8.200E-11	5.100E-10	1.400E-10	7.400E-11
Ni-56	6.860E-14	1.340E-15	4.100E-09	1.500E-09	4.000E-09	1.600E-09	8.600E-10
Ni-57	7.830E-14	1.379E-15	2.800E-09	9.500E-10	4.900E-09	1.700E-09	8.700E-10
Ni-59	7.833E-19	1.692E-19	6.200E-10	2.100E-10	3.400E-10	1.100E-10	6.300E-11
Ni-63	0.000E+00	0.000E+00	1.900E-09	7.000E-10	8.400E-10	2.800E-10	1.500E-10
Ni-65	2.267E-14	4.512E-16	5.200E-10	1.600E-10	1.300E-09	3.800E-10	1.800E-10
Cu-61	3.197E-14	6.788E-16	4.500E-10	1.400E-10	7.500E-10	2.300E-10	1.200E-10
Cu-62	3.955E-14	9.310E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cu-64	7.333E-15	1.507E-16	5.700E-10	2.000E-10	8.300E-10	2.500E-10	1.200E-10
Cu-67	4.322E-15	9.510E-17	2.100E-09	8.900E-10	2.400E-09	7.200E-10	3.400E-10
Zn-62	1.726E-14	3.571E-16	3.500E-09	1.000E-09	6.500E-09	2.000E-09	9.400E-10
Zn-65	2.356E-14	4.265E-16	6.500E-09	2.400E-09	1.600E-08	6.400E-09	3.900E-09
Zn-69	1.764E-16	1.981E-17	1.400E-10	4.400E-11	2.200E-10	6.000E-11	3.100E-11
Zn-69m	1.585E-14	3.327E-16	1.500E-09	5.000E-10	2.300E-09	7.000E-10	3.300E-10
Ga-66	1.099E-13	1.820E-15	3.100E-09	9.200E-10	7.900E-09	2.500E-09	1.200E-09
Ga-67	5.381E-15	1.189E-16	1.000E-09	3.600E-10	1.200E-09	4.000E-10	1.900E-10
Ga-68	3.701E-14	8.372E-16	3.100E-10	9.200E-11	6.700E-10	2.000E-10	1.000E-10
Ga-72	1.179E-13	2.023E-15	3.300E-09	1.000E-09	6.800E-09	2.200E-09	1.100E-09

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission
de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)		Enfants en bas âge (10 ans)		
			Enfants	Adultes	Enfants	Adultes	
Ge-68	1.836E-18	4.693E-19	5.000E-08	2.000E-08	8.000E-09	2.600E-09	1.300E-09
Ge-71	1.858E-18	4.747E-19	8.600E-11	2.400E-11	7.800E-11	2.400E-11	1.200E-11
Ge-77	4.234E-14	8.961E-16	1.700E-09	6.000E-10	1.800E-09	6.200E-10	3.300E-10
As-72	7.174E-14	1.503E-15	5.700E-09	1.700E-09	1.200E-08	3.800E-09	1.800E-09
As-73	1.417E-16	5.438E-18	4.000E-09	1.500E-09	1.900E-09	5.600E-10	2.600E-10
As-74	2.993E-14	6.287E-16	8.400E-09	3.300E-09	8.200E-09	2.600E-09	1.300E-09
As-76	1.780E-14	4.430E-16	4.600E-09	1.400E-09	1.100E-08	3.400E-09	1.600E-09
As-77	4.370E-16	1.231E-17	1.700E-09	6.200E-10	2.900E-09	8.700E-10	4.000E-10
Se-73	4.161E-14	9.113E-16	6.500E-10	2.100E-10	1.400E-09	4.800E-10	2.100E-10
Se-75	1.455E-14	3.172E-16	6.000E-09	2.500E-09	1.300E-08	6.000E-09	2.600E-09
Se-79	2.526E-18	0.000E+00	1.300E-08	5.600E-09	2.800E-08	1.400E-08	2.900E-09
Br-77	1.213E-14	2.519E-16	5.100E-10	1.600E-10	4.400E-10	1.700E-10	9.600E-11
Br-80	3.394E-15	1.433E-16	6.500E-11	1.800E-11	2.100E-10	5.800E-11	3.100E-11
Br-80m	2.034E-16	8.676E-18	4.500E-10	1.400E-10	8.000E-10	2.300E-10	1.100E-10
Br-82	1.061E-13	2.015E-15	3.000E-09	1.100E-09	2.600E-09	9.500E-10	5.400E-10
Br-83	4.630E-16	2.604E-17	2.300E-10	7.700E-11	3.000E-10	8.300E-11	4.300E-11
Br-84	8.055E-14	1.350E-15	2.400E-10	6.900E-11	5.800E-10	1.600E-10	8.800E-11
Br-85	3.384E-15	1.629E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-79	9.712E-15	2.013E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-81	3.780E-16	9.174E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-83m	1.921E-18	4.582E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-85	2.162E-16	9.874E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-85m	6.071E-15	1.423E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-87	3.555E-14	6.994E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-88	8.844E-14	1.399E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-88/Rb-88	1.178E-13	2.010E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-89	7.995E-14	1.423E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Kr-90	5.301E-14	1.058E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rb-81	2.327E-14	4.975E-16	2.500E-10	7.100E-11	3.200E-10	1.000E-10	5.400E-11
Rb-82	4.319E-14	1.004E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv.m ³ /Bq.s]	Rayonnement externe du sol [Sv.m ² /Bq.s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)		Enfants en bas âge (10 ans)		
			Enfants	Adultes	Enfants	Adultes	
Rb-83	1.922E-14	3.952E-16	3.800E-09	1.300E-09	8.400E-09	3.200E-09	1.900E-09
Rb-84	3.606E-14	7.155E-16	6.400E-09	2.000E-09	1.400E-08	5.000E-09	2.800E-09
Rb-86	4.287E-15	1.471E-16	7.700E-09	2.000E-09	2.000E-08	5.900E-09	2.800E-09
Rb-87	1.416E-17	0.000E+00	4.100E-09	1.100E-09	1.000E-08	3.100E-09	1.500E-09
Rb-88	2.942E-14	6.113E-16	1.200E-10	3.200E-11	6.200E-10	1.700E-10	9.000E-11
Rb-89	8.939E-14	1.583E-15	9.300E-11	2.700E-11	3.000E-10	8.600E-11	4.700E-11
Rb-90	1.016E-13	1.521E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rb-90m	1.460E-13	2.390E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Sr-82	6.803E-18	1.641E-18	4.000E-08	1.400E-08	4.100E-08	1.300E-08	6.100E-09
Sr-85	1.961E-14	4.053E-16	3.100E-09	1.200E-09	3.100E-09	1.500E-09	5.600E-10
Sr-85m	8.093E-15	1.766E-16	2.500E-11	8.000E-12	3.000E-11	1.100E-11	6.100E-12
Sr-87m	1.215E-14	2.571E-16	1.200E-10	3.800E-11	1.700E-10	5.600E-11	3.000E-11
Sr-89	3.765E-16	6.759E-17	2.400E-08	9.100E-09	1.800E-08	5.800E-09	2.600E-09
Sr-90	9.158E-17	1.382E-18	1.100E-07	5.100E-08	7.300E-08	6.000E-08	2.800E-08
Sr-90/Y-90	7.190E-16	1.079E-16	1.100E-07	5.100E-08	7.300E-08	6.000E-08	2.800E-08
Sr-91	2.830E-14	5.935E-16	2.200E-09	6.900E-10	4.000E-09	1.200E-09	6.500E-10
Sr-92	5.409E-14	9.354E-16	1.400E-09	4.100E-10	2.700E-09	8.200E-10	4.300E-10
Sr-93	9.297E-14	1.765E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Y-86	1.483E-13	2.692E-15	2.900E-09	9.300E-10	5.200E-09	1.900E-09	9.600E-10
Y-87	1.747E-14	3.638E-16	2.100E-09	7.000E-10	3.200E-09	1.100E-09	5.500E-10
Y-88	1.158E-13	1.938E-15	1.600E-08	6.700E-09	6.000E-09	2.400E-09	1.300E-09
Y-90	6.274E-16	1.065E-16	8.400E-09	2.600E-09	2.000E-08	5.900E-09	2.700E-09
Y-90m	2.410E-14	5.108E-16	5.700E-10	1.800E-10	1.200E-09	3.700E-10	1.700E-10
Y-91	5.324E-16	7.291E-17	3.000E-08	1.100E-08	1.800E-08	5.200E-09	2.400E-09
Y-91m	2.059E-14	4.227E-16	5.500E-11	1.800E-11	6.000E-11	2.100E-11	1.100E-11
Y-92	1.124E-14	3.258E-16	1.200E-09	3.300E-10	3.600E-09	1.000E-09	4.900E-10
Y-93	4.528E-15	1.892E-16	2.900E-09	8.100E-10	8.500E-09	2.500E-09	1.200E-09
Zr-86	1.029E-14	2.260E-16	2.600E-09	8.400E-10	4.800E-09	1.700E-09	8.600E-10
Zr-88	1.452E-14	3.093E-16	7.800E-09	3.600E-09	2.000E-09	8.000E-10	4.500E-10
Zr-89	4.671E-14	9.047E-16	2.800E-09	9.600E-10	4.500E-09	1.600E-09	7.900E-10

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission
de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	
			(10 ans)		(10 ans)		
Zr-93	0.000E+00	0.000E+00	3.100E-09	4.100E-09	7.600E-10	5.800E-10	1.100E-09
Zr-95	2.957E-14	5.799E-16	1.600E-08	6.800E-09	5.600E-09	1.900E-09	9.500E-10
Zr-97	7.732E-15	2.145E-16	5.300E-09	1.800E-09	1.400E-08	4.400E-09	2.100E-09
Nb-90	1.824E-13	3.029E-15	3.900E-09	1.300E-09	7.200E-09	2.500E-09	1.200E-09
Nb-91	7.738E-17	3.606E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nb-91m	1.741E-15	3.254E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nb-92	6.005E-14	1.165E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nb-92m	3.936E-14	7.399E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nb-93m	2.767E-18	4.218E-19	2.400E-09	8.200E-10	9.100E-10	2.700E-10	1.200E-10
Nb-94	6.369E-14	1.234E-15	3.700E-08	1.600E-08	9.700E-09	3.400E-09	1.700E-09
Nb-94m	1.805E-16	5.042E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nb-95	3.083E-14	6.021E-16	5.200E-09	2.200E-09	3.200E-09	1.100E-09	5.800E-10
Nb-95m	2.320E-15	5.238E-17	3.100E-09	1.200E-09	4.100E-09	1.200E-09	5.600E-10
Nb-96	9.931E-14	1.908E-15	3.600E-09	1.200E-09	6.300E-09	2.200E-09	1.100E-09
Nb-97	2.665E-14	5.720E-16	2.500E-10	7.700E-11	4.500E-10	1.300E-10	6.800E-11
Nb-97m	2.928E-14	5.764E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Mo-91	3.860E-14	9.126E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Mo-93	1.549E-17	2.361E-18	1.800E-09	7.900E-10	6.900E-09	4.000E-09	3.100E-09
Mo-99	6.372E-15	1.583E-16	4.400E-09	1.500E-09	3.500E-09	1.100E-09	6.000E-10
Mo-99/Tc-99m	1.057E-14	2.516E-16	4.400E-09	1.500E-09	3.500E-09	1.100E-09	6.000E-10
Mo-101	6.192E-14	1.152E-15	1.500E-10	4.500E-11	2.700E-10	7.600E-11	4.100E-11
Tc-95	3.169E-14	6.186E-16	6.900E-10	2.200E-10	8.700E-10	3.300E-10	1.800E-10
Tc-95m	2.627E-14	5.276E-16	4.000E-09	1.500E-09	2.800E-09	1.000E-09	5.600E-10
Tc-96	1.011E-13	1.950E-15	3.900E-09	1.300E-09	5.100E-09	2.000E-09	1.100E-09
Tc-96m	1.677E-15	3.286E-17	4.400E-11	1.400E-11	6.500E-11	2.300E-11	1.200E-11
Tc-97	1.951E-17	2.646E-18	1.000E-09	3.600E-10	4.900E-10	1.400E-10	6.800E-11
Tc-97m	3.059E-17	2.444E-18	1.000E-08	4.400E-09	4.100E-09	1.100E-09	5.500E-10
Tc-98	5.571E-14	1.101E-15	2.900E-08	1.200E-08	1.200E-08	3.700E-09	2.000E-09
Tc-99	1.719E-17	4.452E-22	1.300E-08	5.700E-09	4.800E-09	1.300E-09	6.400E-10
Tc-99m	4.741E-15	1.053E-16	9.900E-11	3.400E-11	1.300E-10	4.300E-11	2.200E-11

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv.m ³ /Bq.s]	Rayonnement externe du sol [Sv.m ² /Bq.s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)		Enfants en bas âge (1 an)		
			Enfants (10 ans)	Adultes	Enfants (10 ans)	Adultes	
Tc-101	1.329E-14	3.245E-16	7.100E-11	2.100E-11	1.300E-10	3.500E-11	1.900E-11
Ru-97	8.572E-15	1.888E-16	6.100E-10	2.000E-10	8.500E-10	3.000E-10	1.500E-10
Ru-103	1.855E-14	3.828E-16	8.400E-09	3.500E-09	4.600E-09	1.500E-09	7.300E-10
Ru-105	3.124E-14	6.559E-16	9.200E-10	3.000E-10	1.800E-09	5.500E-10	2.600E-10
Ru-106	0.000E+00	0.000E+00	1.100E-07	4.100E-08	4.900E-08	1.500E-08	7.000E-09
Ru-106/Rh-106	9.079E-15	3.009E-16	1.100E-07	3.700E-08	4.900E-08	1.500E-08	7.000E-09
Rh-103m	4.481E-18	5.032E-19	1.300E-11	4.300E-12	2.700E-11	7.400E-12	3.800E-12
Rh-105	2.988E-15	6.382E-17	1.700E-09	5.600E-10	2.700E-09	8.000E-10	3.700E-10
Rh-105m	1.031E-15	2.474E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rh-106	9.079E-15	3.009E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Pd-103	4.059E-17	4.455E-18	1.800E-09	6.800E-10	1.400E-09	4.300E-10	1.900E-10
Pd-107	0.000E+00	0.000E+00	2.000E-09	7.800E-10	2.800E-10	8.100E-11	3.700E-11
Pd-109	2.314E-16	2.849E-17	1.900E-09	6.300E-10	4.100E-09	1.200E-09	5.500E-10
Ag-106m	1.118E-13	2.127E-15	5.800E-09	2.100E-09	6.900E-09	2.800E-09	1.500E-09
Ag-108	1.066E-15	8.391E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ag-108m	6.312E-14	1.276E-15	2.700E-08	1.100E-08	1.100E-08	4.300E-09	2.300E-09
Ag-109m	1.419E-16	4.985E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ag-110	2.013E-15	1.499E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ag-110m	1.104E-13	2.083E-15	2.800E-08	1.200E-08	1.400E-08	5.200E-09	2.800E-09
Ag-111	1.193E-15	4.747E-17	6.600E-09	2.400E-09	9.300E-09	2.700E-09	1.300E-09
Cd-109	4.991E-17	4.265E-18	3.700E-08	1.400E-08	9.500E-09	3.500E-09	2.000E-09
Cd-111m	1.050E-14	2.298E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cd-113	2.193E-17	0.000E+00	2.400E-07	1.400E-07	4.800E-08	3.000E-08	2.500E-08
Cd-113m	8.112E-17	1.480E-18	2.700E-07	1.300E-07	5.600E-08	2.900E-08	2.300E-08
Cd-115	7.992E-15	1.826E-16	5.100E-09	1.800E-09	9.700E-09	2.900E-09	1.400E-09
Cd-115m	1.270E-15	8.546E-17	3.200E-08	1.100E-08	1.900E-08	6.900E-09	3.300E-09
Cd-117	4.430E-14	8.334E-16	9.800E-10	3.100E-10	1.900E-09	5.700E-10	2.800E-10
Cd-117m	8.784E-14	1.476E-15	1.100E-09	3.800E-10	1.700E-09	5.600E-10	2.800E-10
In-111	1.459E-14	3.216E-16	1.200E-09	4.100E-10	1.700E-09	5.900E-10	2.900E-10
In-113m	9.738E-15	2.058E-16	1.100E-10	3.600E-11	1.800E-10	6.200E-11	2.800E-11

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission
de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)		Enfants en bas âge (10 ans)	
			Enfants	Adultes	Enfants	Adultes
In-114	1.743E-15	1.149E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
In-114m	3.505E-15	7.279E-17	7.700E-08	1.900E-08	3.100E-08	9.000E-09
In-115	5.862E-17	1.904E-19	7.800E-07	5.000E-07	6.400E-08	4.300E-08
In-115m	6.068E-15	1.300E-16	3.300E-10	1.000E-10	6.000E-10	1.800E-10
In-116m	1.014E-13	1.783E-15	2.700E-10	8.500E-11	3.600E-10	1.200E-10
In-117	2.664E-14	5.583E-16	1.600E-10	5.000E-11	1.900E-10	5.800E-11
In-117m	3.565E-15	1.123E-16	4.000E-10	1.300E-10	8.600E-10	2.500E-10
Sn-113	2.660E-16	8.632E-18	1.000E-08	4.000E-09	5.000E-09	1.600E-09
Sn-117m	5.431E-15	1.216E-16	7.700E-09	3.400E-09	5.000E-09	1.500E-09
Sn-119m	5.213E-17	2.844E-18	7.900E-09	3.100E-09	2.500E-09	7.500E-10
Sn-123	6.106E-16	6.436E-17	3.100E-08	1.200E-08	1.600E-08	4.600E-09
Sn-125	1.312E-14	3.164E-16	1.500E-08	5.000E-09	2.200E-08	6.700E-09
Sn-126	1.653E-15	4.110E-17	1.000E-07	4.100E-08	3.000E-08	9.800E-09
Sb-117	6.347E-15	1.406E-16	9.100E-11	3.000E-11	1.000E-10	3.500E-11
Sb-122	1.764E-14	4.110E-16	5.700E-09	1.800E-09	1.200E-08	3.700E-09
Sb-124	7.748E-14	1.400E-15	2.400E-08	9.600E-09	1.600E-08	5.200E-09
Sb-125	1.632E-14	3.378E-16	1.600E-08	6.800E-09	6.100E-09	2.100E-09
Sb-126	1.094E-13	2.195E-15	1.300E-08	5.100E-09	1.400E-08	4.900E-09
Sb-126m	6.236E-14	1.251E-15	1.200E-10	3.500E-11	2.200E-10	6.600E-11
Sb-127	2.620E-14	5.428E-16	7.300E-09	2.700E-09	1.200E-08	3.600E-09
Sb-129	5.846E-14	1.118E-15	1.400E-09	4.400E-10	2.800E-09	8.800E-10
Te-121	2.174E-14	4.462E-16	1.900E-09	6.800E-10	2.000E-09	8.000E-10
Te-121m	7.779E-15	1.677E-16	1.500E-08	6.100E-09	1.200E-08	4.200E-09
Te-123	7.450E-17	3.514E-18	4.400E-09	2.300E-09	9.300E-09	5.400E-09
Te-123m	5.162E-15	1.159E-16	1.300E-08	5.700E-09	8.800E-09	2.800E-09
Te-125m	2.540E-16	1.078E-17	1.100E-08	4.800E-09	6.300E-09	1.900E-09
Te-127	2.911E-16	9.047E-18	7.300E-10	2.400E-10	1.200E-09	3.600E-10
Te-127m	8.445E-17	3.635E-18	2.600E-08	1.100E-08	1.800E-08	5.200E-09
Te-129	2.393E-15	9.928E-17	2.200E-10	6.500E-11	4.400E-10	1.200E-10
Te-129m	1.448E-15	5.146E-17	2.600E-08	9.800E-09	2.400E-08	6.600E-09

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv.m ³ /Bq.s]	Rayonnement externe du sol [Sv.m ² /Bq.s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)		Enfants en bas âge (1 an)		
			Enfants (10 ans)	Adultes	Enfants (10 ans)	Adultes	
Te-131	1.680E-14	4.078E-16	1.700E-10	2.800E-11	6.600E-10	1.900E-10	8.700E-11
Te-131m	5.764E-14	1.097E-15	5.800E-09	1.900E-09	1.400E-08	4.300E-09	1.900E-09
Te-132	7.992E-15	1.790E-16	1.300E-08	4.000E-09	3.000E-08	8.300E-09	3.800E-09
Te-132/I-132	1.004E-13	2.000E-15	4.500E-08	1.200E-08	3.000E-08	8.300E-09	3.800E-09
Te-133	3.758E-14	7.970E-16	1.300E-10	3.800E-11	6.300E-10	1.600E-10	7.200E-11
Te-133m	9.094E-14	1.775E-15	5.800E-10	1.700E-10	2.400E-09	6.300E-10	2.800E-10
Te-134	3.391E-14	6.914E-16	3.900E-10	1.200E-10	7.500E-10	2.200E-10	1.100E-10
I-122_organique	3.825E-14	8.708E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
I-122_élémentaire	3.825E-14	8.708E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
I-122_sous forme d'aérosols	3.825E-14	8.708E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
I-123_organique	5.786E-15	1.305E-16	1.400E-09	3.600E-10	1.900E-09	4.900E-10	2.100E-10
I-123_élémentaire	5.786E-15	1.305E-16	1.800E-09	4.700E-10	1.900E-09	4.900E-10	2.100E-10
I-123_sous forme d'aérosols	5.786E-15	1.305E-16	7.900E-10	1.800E-10	1.900E-09	4.900E-10	2.100E-10
I-124_organique	4.253E-14	8.198E-16	8.000E-08	2.200E-08	1.100E-07	3.100E-08	1.300E-08
I-124_élémentaire	4.253E-14	8.198E-16	1.000E-07	2.800E-08	1.100E-07	3.100E-08	1.300E-08
I-124_sous forme d'aérosols	4.253E-14	8.198E-16	4.500E-08	1.100E-08	1.100E-07	3.100E-08	1.300E-08
I-125_organique	2.821E-16	1.254E-17	4.000E-08	2.200E-08	5.700E-08	3.100E-08	1.500E-08
I-125_élémentaire	2.821E-16	1.254E-17	5.200E-08	2.800E-08	5.700E-08	3.100E-08	1.500E-08
I-125_sous forme d'aérosols	2.821E-16	1.254E-17	2.300E-08	1.100E-08	5.700E-08	3.100E-08	1.500E-08
I-126_organique	1.793E-14	3.717E-16	1.500E-07	4.800E-08	2.100E-07	6.800E-08	2.900E-08
I-126_élémentaire	1.793E-14	3.717E-16	1.900E-07	6.200E-08	2.100E-07	6.800E-08	2.900E-08
I-126_sous forme d'aérosols	1.793E-14	3.717E-16	8.300E-08	2.400E-08	2.100E-07	6.800E-08	2.900E-08
I-128_organique	3.362E-15	1.475E-16	1.200E-10	3.000E-11	3.300E-10	8.900E-11	4.600E-11
I-128_élémentaire	3.362E-15	1.475E-16	2.800E-10	1.000E-10	3.300E-10	8.900E-11	4.600E-11
I-128_sous forme d'aérosols	3.362E-15	1.475E-16	1.100E-10	2.700E-11	3.300E-10	8.900E-11	4.600E-11
I-129_organique	2.233E-16	1.163E-17	1.500E-07	1.300E-07	2.200E-07	1.900E-07	1.100E-07
I-129_élémentaire	2.233E-16	1.163E-17	2.000E-07	1.700E-07	2.200E-07	1.900E-07	1.100E-07
I-129_sous forme d'aérosols	2.233E-16	1.163E-17	8.600E-08	6.700E-08	2.200E-07	1.900E-07	1.100E-07
I-130_organique	8.464E-14	1.696E-15	1.300E-08	3.300E-09	1.800E-08	4.600E-09	2.000E-09
I-130_élémentaire	8.464E-14	1.696E-15	1.700E-08	4.300E-09	1.800E-08	4.600E-09	2.000E-09

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv.m ³ /Bq.s]	Rayonnement externe du sol [Sv.m ² /Bq.s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]			
			Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	Enfants en bas âge (1 an)	Adultes		
			(10 ans)		(10 ans)			
I-130 sous forme d'aérosols	8.464E-14	1.696E-15	7.400E-09	1.600E-09	6.700E-10	1.800E-08	4.600E-09	2.000E-09
I-131 organique	1.456E-14	3.078E-16	1.300E-07	3.700E-08	1.500E-08	1.800E-07	5.200E-08	2.200E-08
I-131 élémentaire	1.456E-14	3.078E-16	1.600E-07	4.800E-08	2.000E-08	1.800E-07	5.200E-08	2.200E-08
I-131 sous forme d'aérosols	1.456E-14	3.078E-16	7.200E-08	1.900E-08	7.400E-09	1.800E-07	5.200E-08	2.200E-08
I-132 organique	9.243E-14	1.820E-15	1.800E-09	4.400E-10	1.900E-10	2.400E-09	6.200E-10	2.900E-10
I-132 élémentaire	9.243E-14	1.820E-15	2.300E-09	6.400E-10	3.100E-10	2.400E-09	6.200E-10	2.900E-10
I-132 sous forme d'aérosols	9.243E-14	1.820E-15	9.600E-10	2.200E-10	9.400E-11	2.400E-09	6.200E-10	2.900E-10
I-133 organique	2.388E-14	5.124E-16	3.200E-08	7.600E-09	3.100E-09	4.400E-08	1.000E-08	4.300E-09
I-133 élémentaire	2.388E-14	5.124E-16	4.100E-08	9.700E-09	4.000E-09	4.400E-08	1.000E-08	4.300E-09
I-133 sous forme d'aérosols	2.388E-14	5.124E-16	1.800E-08	3.800E-09	1.500E-09	4.400E-08	1.000E-08	4.300E-09
I-134 organique	1.074E-13	2.073E-15	4.300E-10	1.100E-10	5.000E-11	7.500E-10	2.100E-10	1.100E-10
I-134 élémentaire	1.074E-13	2.073E-15	6.900E-10	2.200E-10	1.500E-10	7.500E-10	2.100E-10	1.100E-10
I-134 sous forme d'aérosols	1.074E-13	2.073E-15	3.700E-10	9.700E-11	4.500E-11	7.500E-10	2.100E-10	1.100E-10
I-135 organique	6.518E-14	1.159E-15	6.700E-09	1.600E-09	6.800E-10	8.900E-09	2.200E-09	9.300E-10
I-135 élémentaire	6.518E-14	1.159E-15	8.500E-09	2.100E-09	9.200E-10	8.900E-09	2.200E-09	9.300E-10
I-135 sous forme d'aérosols	6.518E-14	1.159E-15	3.700E-09	7.900E-10	3.200E-10	8.900E-09	2.200E-09	9.300E-10
I-136 organique	1.112E-13	1.900E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
I-136 élémentaire	1.112E-13	1.900E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
I-136 sous forme d'aérosols	1.112E-13	1.900E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-122	2.185E-15	5.130E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-123	2.440E-14	4.927E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-125	9.269E-15	2.031E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-127	9.697E-15	2.158E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-129m	7.722E-16	2.722E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-131m	2.942E-16	1.028E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-133	1.183E-15	3.245E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-133m	1.123E-15	2.747E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-135	9.475E-15	2.188E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-135m	1.652E-14	3.476E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Xe-137	8.572E-15	3.014E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	Enfants en bas âge (1 an)	Adultes
			(10 ans)		(10 ans)	
Xe-138	4.899E-14	8.759E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cs-126	4.436E-14	1.013E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cs-129	9.792E-15	2.161E-16	2.800E-10	8.700E-11	3.000E-10	1.100E-10
Cs-131	1.865E-16	1.035E-17	1.700E-10	5.300E-11	2.900E-10	1.000E-10
Cs-132	2.769E-14	5.574E-16	1.200E-09	4.100E-10	1.800E-09	7.700E-10
Cs-134	6.205E-14	1.223E-15	7.300E-09	5.300E-09	1.600E-08	1.400E-08
Cs-134m	7.228E-16	1.875E-17	8.600E-11	2.500E-11	1.200E-10	3.500E-11
Cs-135	4.943E-18	0.000E+00	9.900E-10	6.100E-10	2.300E-09	1.700E-09
Cs-136	8.724E-14	1.659E-15	5.200E-09	2.000E-09	9.500E-09	4.400E-09
Cs-137	7.162E-17	2.351E-18	5.400E-09	3.700E-09	1.200E-08	1.000E-08
Cs-137/Ba-137m	2.247E-14	4.573E-16	5.400E-09	3.700E-09	1.200E-08	1.000E-08
Cs-138	9.994E-14	1.800E-15	1.800E-10	5.000E-11	5.900E-10	1.700E-10
Cs-139	1.417E-14	3.622E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ba-131	1.718E-14	3.685E-16	3.100E-09	1.100E-09	2.600E-09	9.400E-10
Ba-133	1.359E-14	3.053E-16	1.000E-08	5.100E-09	6.200E-09	4.600E-09
Ba-133m	2.147E-15	4.896E-17	2.200E-09	6.900E-10	3.600E-09	1.100E-09
Ba-135m	1.891E-15	4.354E-17	1.800E-09	5.400E-10	2.900E-09	8.500E-10
Ba-137m	2.368E-14	4.810E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ba-139	1.909E-15	1.308E-16	3.500E-10	1.000E-10	8.400E-10	2.400E-10
Ba-140	7.307E-15	1.670E-16	2.000E-08	7.600E-09	1.800E-08	5.800E-09
Ba-140/La-140	1.032E-13	1.879E-15	2.000E-08	7.600E-09	1.800E-08	5.800E-09
Ba-141	3.574E-14	7.760E-16	2.000E-10	5.900E-11	4.700E-10	1.300E-10
Ba-142	3.641E-14	7.222E-16	1.300E-10	3.900E-11	2.200E-10	6.600E-11
La-140	9.592E-14	1.712E-15	6.300E-09	2.000E-09	1.300E-08	4.200E-09
La-141	2.367E-15	1.364E-16	9.300E-10	2.800E-10	2.600E-09	7.600E-10
La-142	1.227E-13	1.991E-15	5.700E-10	1.700E-10	1.100E-09	3.500E-10
Ce-139	5.346E-15	1.239E-16	6.100E-09	2.500E-09	1.600E-09	5.400E-10
Ce-141	2.805E-15	6.262E-17	1.100E-08	4.600E-09	5.100E-09	1.500E-09
Ce-143	1.011E-14	2.489E-16	3.900E-09	1.300E-09	8.000E-09	2.400E-09
Ce-144	6.528E-16	1.495E-17	1.600E-07	5.500E-08	3.900E-08	1.100E-08

Directive IFSN-G14/f

Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires

Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	
Ce-144/Pr-144	2.834E-15	1.627E-16	1.600E-07	5.500E-08	3.900E-08	1.100E-08	5.200E-09
Pr-142	2.964E-15	1.335E-16	3.500E-09	1.000E-09	5.200E-10	2.900E-09	1.300E-09
Pr-143	1.730E-16	1.993E-17	8.400E-09	3.200E-09	2.200E-09	2.600E-09	1.200E-09
Pr-144	2.213E-15	1.499E-16	1.200E-10	3.200E-11	1.800E-11	9.500E-11	5.000E-11
Pr-144m	1.505E-16	5.701E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Nd-147	5.023E-15	1.172E-16	8.600E-09	3.500E-09	2.400E-09	7.800E-09	1.100E-09
Nd-149	1.453E-14	3.489E-16	4.800E-10	1.500E-10	8.900E-11	2.600E-10	1.200E-10
Pm-143	1.184E-14	2.394E-16	5.400E-09	2.200E-09	1.500E-09	4.400E-10	2.300E-10
Pm-144	6.059E-14	1.222E-15	2.800E-08	1.200E-08	8.200E-09	1.800E-09	9.700E-10
Pm-145	4.880E-16	1.689E-17	9.800E-09	4.300E-09	3.600E-09	2.300E-10	1.100E-10
Pm-146	2.921E-14	5.945E-16	5.900E-08	2.600E-08	2.100E-08	1.800E-09	9.000E-10
Pm-147	7.101E-18	2.945E-21	1.800E-08	7.000E-09	5.000E-09	5.700E-10	2.600E-10
Pm-148	2.358E-14	4.940E-16	1.100E-08	3.700E-09	2.200E-09	5.800E-09	2.700E-09
Pm-148m	7.855E-14	1.569E-15	2.000E-08	8.300E-09	5.700E-09	3.500E-09	1.700E-09
Pm-149	6.490E-16	3.844E-17	3.600E-09	1.200E-09	7.300E-10	2.200E-09	9.900E-10
Pm-151	1.278E-14	2.846E-16	2.600E-09	8.300E-10	4.600E-10	1.600E-09	7.300E-10
Sm-147	0.000E+00	0.000E+00	2.300E-05	1.100E-05	9.600E-06	6.400E-08	4.900E-08
Sm-151	2.006E-20	2.277E-21	1.000E-08	4.500E-09	4.000E-09	2.000E-10	9.800E-11
Sm-153	1.821E-15	5.191E-17	2.900E-09	1.000E-09	6.300E-10	1.600E-09	7.400E-10
Eu-152	4.557E-14	8.616E-16	1.000E-07	4.900E-08	4.200E-08	2.600E-09	1.400E-09
Eu-152m	1.285E-14	2.979E-16	1.300E-09	4.200E-10	2.200E-10	1.100E-09	5.000E-10
Eu-154	5.045E-14	9.475E-16	1.500E-07	6.500E-08	5.300E-08	4.100E-09	2.000E-09
Eu-155	1.955E-15	4.829E-17	2.300E-08	9.200E-09	6.900E-09	6.800E-10	3.200E-10
Eu-156	5.739E-14	1.011E-15	1.400E-08	5.300E-09	3.400E-09	4.600E-09	2.200E-09
Gd-152	0.000E+00	0.000E+00	5.400E-05	2.400E-05	1.900E-05	5.300E-08	4.100E-08
Gd-153	2.937E-15	8.176E-17	1.200E-08	3.900E-09	2.100E-09	5.800E-10	2.700E-10
Gd-159	1.555E-15	5.121E-17	1.500E-09	4.900E-10	2.700E-10	1.100E-09	4.900E-10
Gd-162	1.621E-14	3.590E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Tb-157	7.722E-17	2.785E-18	3.000E-09	1.400E-09	1.200E-09	6.800E-11	3.400E-11
Tb-160	4.357E-14	8.274E-16	2.500E-08	1.000E-08	7.000E-09	3.300E-09	1.600E-09

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Adultes	Enfants en bas âge (1 an)	Adultes
			(10 ans)		(10 ans)	
Tb-162	4.395E-14	9.126E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Dy-157	1.256E-14	2.791E-16	1.900E-10	6.200E-11	3.100E-10	1.200E-10
Dy-165	1.175E-15	6.312E-17	3.400E-10	1.100E-10	7.900E-10	2.300E-10
Dy-166	1.087E-15	2.889E-17	8.300E-09	3.000E-09	1.200E-08	3.600E-09
Ho-166	1.480E-15	9.899E-17	4.000E-09	1.200E-09	1.000E-08	3.100E-09
Ho-166m	6.300E-14	1.263E-15	2.500E-07	1.300E-07	9.300E-09	3.500E-09
Ef-169	2.560E-17	2.552E-21	3.500E-09	1.500E-09	2.800E-09	8.200E-10
Ef-171	1.391E-14	3.292E-16	1.200E-09	3.900E-10	2.500E-09	7.600E-10
Tm-170	3.273E-16	2.428E-17	2.800E-08	1.100E-08	9.800E-09	2.900E-09
Tm-171	1.689E-17	5.032E-19	5.700E-09	2.000E-09	7.800E-10	2.300E-10
Yb-169	1.001E-14	2.461E-16	9.800E-09	4.200E-09	4.600E-09	1.500E-09
Yb-175	1.509E-15	3.181E-17	2.700E-09	1.100E-09	3.200E-09	9.500E-10
Lu-177	1.313E-15	2.863E-17	4.100E-09	1.700E-09	3.900E-09	1.200E-09
Lu-177m	3.641E-14	8.014E-16	5.300E-08	2.300E-08	1.100E-08	3.600E-09
Hf-181	2.055E-14	4.341E-16	1.700E-08	7.100E-09	7.400E-09	2.300E-09
Ta-182	5.162E-14	9.456E-16	3.400E-08	1.500E-08	9.400E-09	3.100E-09
W-181	1.063E-15	3.005E-17	1.900E-10	5.700E-11	4.700E-10	1.600E-10
W-185	4.344E-17	3.226E-20	1.000E-09	2.700E-10	3.300E-09	9.700E-10
W-187	1.859E-14	3.913E-16	1.500E-09	4.300E-10	4.300E-09	1.300E-09
W-188	9.113E-17	1.431E-18	5.000E-09	1.300E-09	1.500E-08	4.600E-09
Re-182	6.810E-14	1.307E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Re-182m	4.750E-14	8.771E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Re-183	4.940E-15	1.221E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Re-184	3.543E-14	6.952E-16	6.800E-09	2.800E-09	5.600E-09	1.800E-09
Re-184m	1.468E-14	3.050E-16	2.200E-08	9.300E-09	9.800E-09	2.800E-09
Re-186	8.996E-16	4.145E-17	5.700E-09	1.800E-09	1.100E-08	3.000E-09
Re-187	0.000E+00	0.000E+00	4.100E-11	1.200E-11	3.800E-11	1.000E-11
Re-188	2.726E-15	1.343E-16	4.400E-09	1.000E-09	1.100E-08	2.900E-09
Os-185	2.753E-14	5.574E-16	5.800E-09	2.400E-09	2.600E-09	9.800E-10
Os-190m	6.100E-14	1.265E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)
Os-191	2.389E-15	5.799E-17	6.500E-09	2.700E-09	4.100E-09	1.200E-09
Os-191m	1.352E-16	3.822E-18	6.000E-10	2.400E-10	7.100E-10	2.100E-10
Os-193	2.665E-15	8.020E-17	2.700E-09	9.000E-10	6.000E-09	1.800E-09
Ir-190	5.365E-14	1.112E-15	9.400E-09	3.500E-09	7.100E-09	2.500E-09
Ir-190m1	9.193E-19	2.329E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ir-190m2	1.389E-15	3.749E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ir-192	3.116E-14	6.597E-16	2.200E-08	9.500E-09	8.700E-09	2.800E-09
Ir-193m	1.096E-17	4.896E-19	4.000E-09	1.800E-09	2.000E-09	6.000E-10
Ir-194	4.066E-15	1.636E-16	3.700E-09	1.100E-09	9.800E-09	2.900E-09
Ir-194m	9.031E-14	1.861E-15	4.200E-08	1.800E-08	1.100E-08	4.100E-09
Pt-191	1.028E-14	2.304E-16	7.900E-10	2.300E-10	2.100E-09	6.900E-10
Pt-193	8.955E-19	2.269E-19	1.600E-10	4.300E-11	2.400E-10	6.900E-11
Pt-193m	3.444E-16	8.587E-18	1.000E-09	2.700E-10	3.400E-09	9.900E-10
Pt-195m	2.224E-15	5.618E-17	1.500E-09	3.900E-10	4.600E-09	1.400E-09
Pt-197	8.800E-16	2.182E-17	7.300E-10	1.900E-10	3.000E-09	8.800E-10
Pt-197m	2.917E-15	6.471E-17	1.800E-10	4.900E-11	6.100E-10	1.800E-10
Au-194	4.367E-14	7.998E-16	1.400E-09	4.700E-10	2.200E-09	8.100E-10
Au-195	2.560E-15	6.544E-17	6.600E-09	2.600E-09	1.700E-09	5.400E-10
Au-195m	7.377E-15	1.615E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Au-196	1.752E-14	3.809E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Au-198	1.557E-14	3.441E-16	4.400E-09	1.400E-09	7.200E-09	2.200E-09
Au-199	3.283E-15	7.301E-17	2.800E-09	1.200E-09	3.100E-09	9.500E-10
Hg-197	2.113E-15	5.355E-17	1.200E-09	4.600E-10	1.600E-09	5.000E-10
Hg-197m	3.258E-15	7.421E-17	2.500E-09	8.200E-10	3.400E-09	1.000E-09
Hg-203	8.549E-15	1.854E-16	7.900E-09	3.400E-09	1.100E-08	3.600E-09
Tl-200	5.175E-14	9.903E-16	8.700E-10	2.800E-10	9.100E-10	3.500E-10
Tl-201	2.983E-15	7.285E-17	3.300E-10	9.400E-11	5.500E-10	1.800E-10
Tl-202	1.738E-14	3.717E-16	1.200E-09	3.800E-10	2.100E-09	7.900E-10
Tl-204	1.692E-16	1.215E-17	3.300E-09	8.800E-10	8.500E-09	2.500E-09
Tl-207	3.901E-16	5.365E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)
			Adultes	Adultes	Adultes	Adultes
Tl-208	1.542E-13	2.418E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Tl-209	8.603E-14	1.590E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Tl-210	1.160E-13	2.117E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Pb-203	1.101E-14	2.443E-16	1.000E-09	3.600E-10	1.300E-09	4.300E-10
Pb-204m	8.426E-14	1.639E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Pb-205	1.159E-18	3.057E-19	7.700E-10	3.200E-10	9.900E-10	6.100E-10
Pb-209	8.999E-17	2.846E-18	2.700E-10	9.200E-11	3.800E-10	1.100E-10
Pb-210	4.002E-17	1.635E-18	3.700E-06	1.500E-06	3.600E-06	1.900E-06
Pb-211	2.283E-15	8.584E-17	4.500E-08	1.900E-08	1.400E-09	4.100E-10
Pb-212	5.438E-15	1.198E-16	4.600E-07	2.200E-07	6.300E-08	2.000E-08
Pb-214	9.453E-15	2.065E-16	4.600E-08	1.900E-08	1.000E-09	3.100E-10
Bi-206	1.326E-13	2.501E-15	8.000E-09	2.900E-09	1.000E-08	3.700E-09
Bi-207	6.157E-14	1.180E-15	2.000E-08	8.200E-09	7.100E-09	2.500E-09
Bi-208	1.252E-13	1.782E-15	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bi-210	2.263E-16	3.391E-17	3.000E-07	1.300E-07	9.700E-09	2.900E-09
Bi-211	1.786E-15	3.828E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Bi-212	7.754E-15	1.894E-16	1.100E-07	4.400E-08	1.800E-09	5.000E-10
Bi-213	5.561E-15	1.510E-16	1.200E-07	4.400E-08	1.400E-09	3.900E-10
Bi-214	6.353E-14	1.161E-15	6.100E-08	2.200E-08	7.400E-10	2.100E-10
Po-209	1.364E-16	2.727E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Po-210	3.581E-19	6.940E-21	1.100E-05	4.600E-06	8.800E-06	2.600E-06
Po-211	3.114E-16	6.071E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Po-213	1.227E-18	2.391E-20	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Po-214	3.391E-18	6.582E-20	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Po-215	5.675E-18	1.190E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Po-216	5.872E-19	1.138E-20	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
At-211	1.267E-15	3.078E-17	3.700E-07	1.400E-07	7.800E-08	2.300E-08
At-217	9.307E-18	1.881E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rn-218	2.966E-17	5.976E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rn-219	2.159E-15	4.630E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]	
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)
			Adultes	Adultes	Adultes	Adultes
Rn-220	2.023E-17	4.132E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Rn-222	1.494E-17	3.076E-19	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Fr-221	1.145E-15	2.516E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Fr-223	1.812E-15	6.629E-17	7.300E-09	1.900E-09	1.700E-08	5.000E-09
Ra-222	3.464E-16	7.447E-18	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Ra-223	4.880E-15	1.093E-16	2.100E-05	9.900E-06	1.100E-06	4.500E-07
Ra-224	3.742E-16	8.144E-18	8.200E-06	3.900E-06	6.600E-07	2.600E-07
Ra-225	2.187E-16	8.559E-18	1.800E-05	8.400E-06	1.200E-06	5.000E-07
Ra-226	2.497E-16	5.501E-18	1.100E-05	4.900E-06	9.600E-07	8.000E-07
Ra-228	2.095E-24	4.367E-25	1.000E-05	4.600E-06	5.700E-06	3.900E-06
Ac-225	4.785E-16	1.134E-17	2.300E-05	1.100E-05	1.800E-07	5.400E-08
Ac-227	4.329E-18	1.260E-19	1.600E-03	7.200E-04	3.100E-06	1.500E-06
Ac-228	3.761E-14	7.358E-16	1.600E-07	5.700E-08	2.800E-09	8.700E-10
Th-226	2.822E-16	6.464E-18	2.200E-07	8.800E-08	2.400E-09	6.700E-10
Th-227	3.847E-15	8.584E-17	3.000E-05	1.400E-05	7.000E-08	2.300E-08
Th-228	6.911E-17	1.788E-18	1.300E-04	5.500E-05	3.700E-07	1.400E-07
Th-229	3.025E-15	7.177E-17	1.900E-04	8.700E-05	1.000E-06	6.200E-07
Th-230	1.291E-17	4.870E-19	3.500E-05	1.600E-05	4.100E-07	2.400E-07
Th-231	4.009E-16	1.140E-17	1.700E-09	5.200E-10	2.500E-09	7.400E-10
Th-232	5.799E-18	3.207E-19	5.000E-05	2.600E-05	4.500E-07	2.900E-07
Th-233	1.510E-15	6.322E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Th-234	2.657E-16	6.664E-18	3.100E-08	1.100E-08	2.500E-08	7.400E-09
Pa-230	2.617E-14	5.118E-16	2.200E-06	1.000E-06	5.700E-09	1.900E-09
Pa-231	1.111E-15	2.537E-17	2.300E-04	1.500E-04	1.300E-06	9.200E-07
Pa-233	7.944E-15	1.734E-16	1.300E-08	5.500E-09	6.200E-09	1.900E-09
Pa-234	7.878E-14	1.519E-15	2.100E-09	7.100E-10	3.200E-09	1.000E-09
Pa-234m	1.008E-15	1.032E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
U-230	3.837E-17	1.170E-18	3.700E-05	1.800E-05	3.000E-07	1.000E-07
U-231	2.380E-15	5.815E-17	2.000E-09	6.900E-10	2.000E-09	6.100E-10
U-232	8.302E-18	4.867E-19	2.400E-05	1.100E-05	8.200E-07	5.700E-07

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Adultes
U-233	8.109E-18	2.756E-19	1.100E-05	4.900E-06	1.400E-07	7.800E-08	5.100E-08
U-234	4.443E-18	3.590E-19	1.100E-05	4.800E-06	1.300E-07	7.400E-08	4.900E-08
U-235	5.574E-15	1.236E-16	1.000E-05	4.300E-06	1.300E-07	7.100E-08	4.700E-08
U-236	3.372E-18	3.178E-19	1.000E-05	4.500E-06	1.300E-07	7.000E-08	4.700E-08
U-237	4.766E-15	1.120E-16	5.700E-09	2.400E-09	5.400E-09	1.600E-09	7.600E-10
U-238	2.864E-18	2.793E-19	9.400E-06	4.000E-06	1.200E-07	6.800E-08	4.500E-08
U-239	1.851E-15	7.440E-17	1.200E-10	3.800E-11	1.900E-10	5.400E-11	2.700E-11
U-240	6.724E-17	1.773E-18	3.100E-09	1.100E-09	8.100E-09	2.400E-09	1.100E-09
Np-235	6.664E-17	2.515E-18	1.900E-09	6.800E-10	4.100E-10	1.200E-10	5.300E-11
Np-236	4.636E-15	1.085E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Np-236m	1.859E-15	4.196E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Np-237	7.824E-16	2.073E-17	4.000E-05	2.200E-05	2.100E-07	1.100E-07	1.100E-07
Np-238	2.265E-14	4.360E-16	5.800E-09	2.500E-09	6.200E-09	1.900E-09	9.100E-10
Np-239	6.113E-15	1.369E-16	4.200E-09	1.400E-09	5.700E-09	1.700E-09	8.000E-10
Np-240	4.592E-14	9.082E-16	4.400E-10	1.400E-10	5.200E-10	1.600E-10	8.200E-11
Np-240m	1.338E-14	3.210E-16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Pu-236	2.944E-18	4.123E-19	4.300E-05	2.100E-05	2.200E-07	1.000E-07	8.700E-08
Pu-237	1.666E-15	4.015E-17	1.400E-09	5.400E-10	6.900E-10	2.200E-10	1.000E-10
Pu-238	2.025E-18	3.502E-19	7.400E-05	4.400E-05	4.000E-07	2.400E-07	2.300E-07
Pu-239	2.501E-18	1.710E-19	7.700E-05	4.800E-05	4.200E-07	2.700E-07	2.500E-07
Pu-240	2.005E-18	3.359E-19	7.700E-05	4.800E-05	4.200E-07	2.700E-07	2.500E-07
Pu-241	0.000E+00	0.000E+00	9.700E-07	8.300E-07	5.700E-09	5.100E-09	4.800E-09
Pu-242	1.725E-18	2.797E-19	7.300E-05	4.500E-05	4.000E-07	2.600E-07	2.400E-07
Pu-243	8.698E-16	2.028E-17	3.900E-10	1.300E-10	6.200E-10	1.800E-10	8.500E-11
Pu-244	1.157E-18	2.345E-19	7.200E-05	4.500E-05	4.100E-07	2.600E-07	2.400E-07
Pu-245	1.645E-14	3.441E-16	2.500E-09	8.000E-10	5.100E-09	1.500E-09	7.200E-10
Pu-246	3.486E-15	7.938E-17	2.600E-08	1.100E-08	2.300E-08	7.100E-09	3.300E-09
Am-241	6.094E-16	1.852E-17	6.900E-05	4.000E-05	3.700E-07	2.200E-07	2.000E-07
Am-242	5.501E-16	1.409E-17	5.900E-08	2.400E-08	2.200E-09	6.400E-10	3.000E-10
Am-242m	1.315E-17	1.203E-18	5.300E-05	3.400E-05	3.000E-07	2.000E-07	1.900E-07

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes dans l'environnement due à l'émission
de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Nuclide	Rayonnement externe associé au nuage [Sv·m ³ /Bq·s]	Rayonnement externe du sol [Sv·m ² /Bq·s]	Inhalation [Sv/Bq]		Ingestion [Sv/Bq]		
			Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Enfants en bas âge (1 an)	Enfants (10 ans)	Adultes
Am-243	1.711E-15	4.348E-17	6.800E-05	4.000E-05	3.700E-07	2.200E-07	2.000E-07
Am-244	3.213E-14	6.357E-16	5.000E-09	2.200E-09	3.100E-09	9.600E-10	4.600E-10
Am-245	1.278E-15	3.755E-17	2.600E-10	8.700E-11	4.500E-10	1.300E-10	6.200E-11
Am-246	3.993E-14	7.767E-16	3.400E-10	1.100E-10	3.800E-10	1.100E-10	5.800E-11
Cm-242	2.216E-18	3.806E-19	1.800E-05	7.300E-06	7.600E-08	2.400E-08	1.200E-08
Cm-243	4.630E-15	1.040E-16	6.100E-05	3.100E-05	3.300E-07	1.600E-07	1.500E-07
Cm-244	1.842E-18	3.359E-19	5.700E-05	2.700E-05	2.900E-07	1.400E-07	1.200E-07
Cm-245	2.511E-15	5.865E-17	6.900E-05	4.100E-05	3.700E-07	2.300E-07	2.100E-07
Cm-246	1.493E-18	2.963E-19	6.900E-05	4.100E-05	3.700E-07	2.200E-07	2.100E-07
Cm-247	1.201E-14	2.544E-16	6.300E-05	3.700E-05	3.500E-07	2.100E-07	1.900E-07
Cm-248	1.384E-18	2.394E-19	2.400E-04	1.400E-04	1.400E-06	8.400E-07	7.700E-07
Cm-249	8.774E-16	2.892E-17	1.600E-10	5.800E-11	2.200E-10	6.100E-11	3.100E-11
Cm-250	0.000E+00	0.000E+00	1.300E-03	7.900E-04	8.200E-06	4.900E-06	4.400E-06
Bk-249	3.327E-19	0.000E+00	3.300E-07	1.800E-07	2.900E-09	1.400E-09	9.700E-10
Bk-250	3.638E-14	6.851E-16	3.100E-09	1.300E-09	8.500E-10	2.700E-10	1.400E-10
Bk-251	2.066E-16	2.931E-17	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Cf-248	1.392E-18	2.712E-19	3.200E-05	1.400E-05	1.600E-07	6.000E-08	2.800E-08
Cf-249	1.240E-14	2.649E-16	1.500E-04	8.000E-05	8.700E-07	4.700E-07	3.500E-07
Cf-250	2.065E-18	2.830E-19	9.800E-05	4.200E-05	5.500E-07	2.300E-07	1.600E-07
Cf-251	4.253E-15	9.582E-17	1.500E-04	8.100E-05	8.800E-07	4.700E-07	3.600E-07
Cf-252	1.738E-18	2.601E-19	8.700E-05	3.200E-05	5.100E-07	1.900E-07	9.000E-08
Cf-253	1.466E-17	4.563E-21	4.200E-06	1.900E-06	1.100E-08	3.700E-09	1.400E-09
Cf-254	0.000E+00	0.000E+00	1.900E-04	7.000E-05	2.600E-06	8.400E-07	4.000E-07
Es-253	1.169E-17	3.971E-19	8.000E-06	3.700E-06	4.500E-08	1.400E-08	6.100E-09
Es-254	1.095E-16	5.647E-18	3.100E-05	1.300E-05	1.600E-07	6.000E-08	2.800E-08
Es-254m	2.223E-14	4.487E-16	1.300E-06	6.300E-07	3.000E-08	9.100E-09	4.200E-09
Es-255	1.263E-17	2.006E-20	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Fm-254	2.823E-18	3.090E-19	2.300E-07	9.800E-08	3.200E-09	9.300E-10	4.400E-10
Fm-255	6.426E-17	3.483E-18	7.300E-07	3.500E-07	1.900E-08	5.600E-09	2.500E-09

Directive IFSN-G14/f
Calcul de l'exposition aux radiations ionisantes due à l'émission
de substances radioactives par les installations nucléaires
Février 2008, révision 1 du 21 décembre 2009

Appendice 9 Facteurs de transfert

Les facteurs de transfert donnés ci-dessous sont tirés de [A3]. Dans le cas où il n'y a pas de valeur pour le transfert eau-poisson, on prendra la valeur d'un élément semblable chimiquement.

Élément	Voie atmosphérique				Voie aquatique
	Transfert sol-plante		Transfert plante-animal		TF _{Wa-Fi} m ³ /kg
	TF _{B0-FP} (Bq/kg)/(Bq/kg)	TF _{B0-PP} (Bq/kg)/(Bq/kg)	TF _{FP-Mi} jour/kg	TF _{FP-Fi} jour/kg	
Be	5.0E-04	5.0E-04	1.0E-04	1.0E-03	0.1
F	3.0E-02	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-01	
Na	4.0E-01	4.0E-01	4.0E-02	8.0E-02	0.1
Al	1.0E-03	1.0E-03	2.0E-04	2.0E-03	
Si	2.0E-04	2.0E-04	1.0E-04	4.0E-05	
P	5.0E-01	3.0E+00	3.0E-02	6.0E-02	2
S	9.0E-01	9.0E-01	2.0E-02	1.0E-01	1
Cl	5.0E+00	5.0E+00	2.0E-02	8.0E-02	
K	1.0E+00	1.0E+00	6.0E-03	2.0E-02	0.5
Ca	2.0E-01	6.0E-02	2.0E-02	1.0E-03	
Sc	2.0E-01	2.0E-01	5.0E-06	2.0E-02	
V	3.0E-03	5.0E-04	2.0E-05	3.0E-03	
Cr	1.0E-02	4.0E-03	3.0E-03	1.0E-02	0.2
Mn	2.0E-01	2.0E-01	3.0E-04	5.0E-04	0.1
Fe	5.0E-03	5.0E-03	3.0E-04	2.0E-02	0.1
Co	2.0E-02	2.0E-02	2.0E-04	1.0E-02	0.1
Ni	2.0E-02	2.0E-02	1.0E-02	2.0E-03	0.1
Cu	2.0E-01	2.0E-01	2.0E-03	1.0E-02	0.01
Zn	3.0E-01	3.0E-01	1.0E-02	1.0E-01	0.4
Ga	3.0E-04	3.0E-04	5.0E-05	5.0E-01	
Ge	2.0E-01	6.0E-01	5.0E-04	5.0E-01	
As	6.0E-03	2.0E-03	7.0E-05	2.0E-03	
Se	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-02	2.0E-02	0.2
Br	1.0E-01	3.0E-01	5.0E-02	3.0E-02	
Rb	9.0E-01	9.0E-02	6.0E-03	1.0E-02	2
Sr	4.0E-01	4.0E-01	2.0E-03	6.0E-04	0.03
Y	3.0E-03	3.0E-03	1.0E-05	1.0E-03	
Zr	1.0E-03	3.0E-03	5.0E-06	2.0E-02	0.2
Nb	1.0E-02	1.0E-02	3.0E-03	3.0E-01	0.2
Mo	2.0E-01	5.0E-02	2.0E-03	7.0E-03	0.2
Tc	3.0E+00	3.0E+00	1.0E-05	4.0E-02	0.08
Ru	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-06	2.0E-03	0.1
Rh	2.0E-02	2.0E-02	1.0E-02	2.0E-03	
Pd	2.0E-02	2.0E-02	1.0E-02	4.0E-03	
Ag	2.0E-01	2.0E-01	5.0E-02	2.0E-03	0.01
Cd	4.0E-01	4.0E-01	1.0E-03	4.0E-04	0.2
In	3.0E-01	3.0E-01	1.0E-04	8.0E-03	
Sn	2.0E-01	2.0E-01	3.0E-03	8.0E-02	3
Sb	1.0E-01	2.0E-02	2.0E-03	1.0E-03	0.1
Te	2.0E+00	2.0E+00	2.0E-04	8.0E-02	0.2

Élément	Voie atmosphérique				Voie aquatique
	Transfert sol-plante		Transfert plante-animal		TF _{Wa-Fi} m ³ /kg
	TF _{Bo-FP} (Bq/kg)/(Bq/kg)	TF _{Bo-PP} (Bq/kg)/(Bq/kg)	TF _{FP-Mi} jour/kg	TF _{FP-Fi} jour/kg	
I	1.0E-01 ¹⁾	2.0E-02 ¹⁾	3.0E-03	1.0E-02	0.05
Cs	5.0E-02	5.0E-02	5.0E-03	3.0E-02	1.5
Ba	2.0E-01	3.0E-02	4.0E-04	1.0E-04	0.2
La	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	2.0E-03	0.1
Ce	9.0E-03	9.0E-03	2.0E-05	2.0E-03	0.15
Pr	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Nd	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	4.0E-03	
Pm	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	0.025
Sm	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Eu	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Gd	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	4.0E-03	
Tb	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Dy	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	6.0E-03	
Ho	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Er	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	4.0E-03	
Tm	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Yb	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	4.0E-03	
Lu	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	
Hf	2.0E-04	2.0E-04	5.0E-06	4.0E-01	
Ta	7.0E-03	7.0E-03	3.0E-06	5.0E-01	
W	2.0E-02	2.0E-02	5.0E-04	4.0E-02	
Re	3.0E-01	3.0E-01	2.0E-03	8.0E-03	
Os	5.0E-02	5.0E-02	5.0E-03	4.0E-01	
Ir	2.0E-02	2.0E-02	5.0E-03	2.0E-03	
Pt	5.0E-01	5.0E-01	5.0E-03	4.0E-03	
Au	3.0E-03	3.0E-03	6.0E-06	3.0E-03	0.03
Hg	7.0E-02	2.0E-01	1.0E-05	3.0E-01	1
Tl	3.0E-01	3.0E-01	2.0E-03	4.0E-02	10
Pb	8.0E-02	8.0E-02	3.0E-04	4.0E-04	0.06
Bi	2.0E-01	2.0E-01	5.0E-04	2.0E-02	0.015
Po	9.0E-03	9.0E-03	3.0E-04	5.0E-03	0.3
At	3.0E-01	3.0E-01	5.0E-02	5.0E-01	
Ra	3.0E-02	9.0E-02	3.0E-03	9.0E-04	0.01
Ac	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	6.0E-02	
Th	5.0E-03	5.0E-03	5.0E-06	2.0E-04	0.03
Pa	3.0E-03	3.0E-03	5.0E-06	5.0E-03	0.01
U	5.0E-02	5.0E-03	5.0E-04	4.0E-04	0.002
Np	2.0E-02	2.0E-02	5.0E-06	2.0E-04	0.01
Pu	8.0E-05	4.0E-04	1.0E-07	3.0E-04	0.008
Am	3.0E-04	3.0E-04	2.0E-05	5.0E-04	0.025
Cm	3.0E-04	3.0E-04	2.0E-05	2.0E-04	0.025
Bk	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	2.0E-04	
Cf	3.0E-03	3.0E-03	2.0E-05	2.0E-04	

1) Seulement pour ¹²⁵I, ¹²⁶I et ¹²⁹I; pour les radio-isotopes de courte vie, le transfert dans les plantes ne joue aucun rôle.

Liste des références dans les appendices

- [A1] IAEA Safety Guides, Safety Series No. 50-SG-S3 "Atmospheric Dispersion in Nuclear Plant Siting". International Atomic Energy Agency 1980
- [A2] Jones, J.A., Charles, D.: AD-MARC: The atmospheric dispersion module in the methodology for assessing the radiological consequences of accidental releases. National radiological Protection Board (NRPB), NRPB-M72, 1982
- [A3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen (AVV). Bundesanzeiger 42 (64a) 1990
- [A4] Till, J.E, Meyer, H.R.: Radiological Assessment, a Textbook on Environmental Dose Analysis. NUREG/CR-3332 (ORNL-5968). National Technical Information Service, 1983
- [A5] Ordonnance relative à l'organisation de l'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité (OROIR, 732.32) du 26 juin 1991, état au 16 février 1999
- [A6] Eichholzer M., Camenzind-Frey E., Matzke A., Amadò R., Ballmer P.E. Fünfter Schweizerischer Ernährungsbericht. Bern, Bundesamt für Gesundheit (BAG), 2005

IFSN, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Téléphone +41 (0)56 460 84 00, Téléfax +41 (0)56 460 84 99, info@ensi.ch, www.ensi.ch