



Note

Date : 03.11.2015 Pages : 8 Pièces-jointes : Annexes : 2
Distribution interne :
Distribution externe :
Dossier traité par :
Visa :

Visa du supérieur :

Classification aucune
Dossier 10KEX.APFUKU7
Référence ENSI-AN-9323 rév. 1
Mots-clés Eaux courantes, protection d'urgence

Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie – étude type pour le scénario de référence A4

Sommaire

1	Demande du canton de Bâle-Ville	2
2	Modèle de l'autorité	2
3	Résultats	3
4	Mise à l'échelle des résultats	3
	Annexe 1 : détails de la méthode de calcul	5
	Annexe 2 : scénarios de l'IFSN	8



Classification:
Dossier/Référence:
Titre:
Date/Dossier traité par:

aucune
10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
3 novembre 2015 / IFSN

1 Demande du canton de Bâle-Ville

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a élaboré, dans le cadre du traitement du plan d'action Fukushima, des règles de base pour l'estimation des concentrations de radioactivité et des durées d'écoulement après un accident dans une centrale nucléaire avec un rejet de substances radioactives dans l'Aar, respectivement le Rhin (ENSI-AN-8733¹). Lors de la séance du 8 juillet 2015 à laquelle ces règles de base ont été discutées avec des représentants du canton de Bâle-Ville (ENSI-AN-9316²), il a été convenu que l'IFSN calcule, en se basant sur le concept de protection d'urgence³ pour le scénario de référence A4, les concentrations de radioactivité dans l'eau de pluie spécifiques à des radionucléides pour l'iode 131, le césium 137 et le strontium 90 jusqu'à une distance de 100 km d'une centrale nucléaire.

2 Modèle de l'autorité

En vue de pouvoir se prononcer sur la concentration de radioactivité dans l'eau de pluie en raison du lessivage de la contamination au sol, l'IFSN emploie le calcul de dispersion selon la directive IFSN-G14⁴ pour le scénario de référence A4. Selon ce scénario, 2E15 Bq d'iode 131, 2E14 Bq de césium 137 et 3E13 Bq de strontium 90 sont notamment rejetés (voir annexe 2).

Le calcul de dispersion conduit directement à une indication concernant la contamination au sol après un dépôt de radionucléides issus du passage du panache toxique. A la suite de la phase de dispersion après 48 heures, l'autorité suppose une pluie d'une heure d'une intensité de 1 mm/h dans la région contaminée. Cette pluie emporte l'ensemble de la radioactivité déposée. Cela signifie que la radioactivité déposée sur une surface de sol de 1 m² est dissoute dans 1 l d'eau de pluie. Une rétention de la radioactivité par les sols n'est pas supposée.

Concernant le temps, la situation météorologique moyenne est supposée comme elle est présentée dans le concept de protection d'urgence. Dans cette optique, une variante avec pluie et une variante sans pluie ont été appliquées pour des catégories météorologiques définies. Une moyenne pondérée a été établie à partir des différentes situations météorologiques. Dans le calcul type, la direction du vent ne change pas dans la période considérée de deux jours. Une telle situation météorologique stable (persistance) est plutôt rare au nord des Alpes. Le plus souvent, la persistance est inférieure à six heures ; des situations météorologiques avec une persistance de plusieurs jours sont rares, comme pour des situations de bise ou périodes de beau temps. D'autres détails sur le calcul se trouvent dans l'annexe 1.

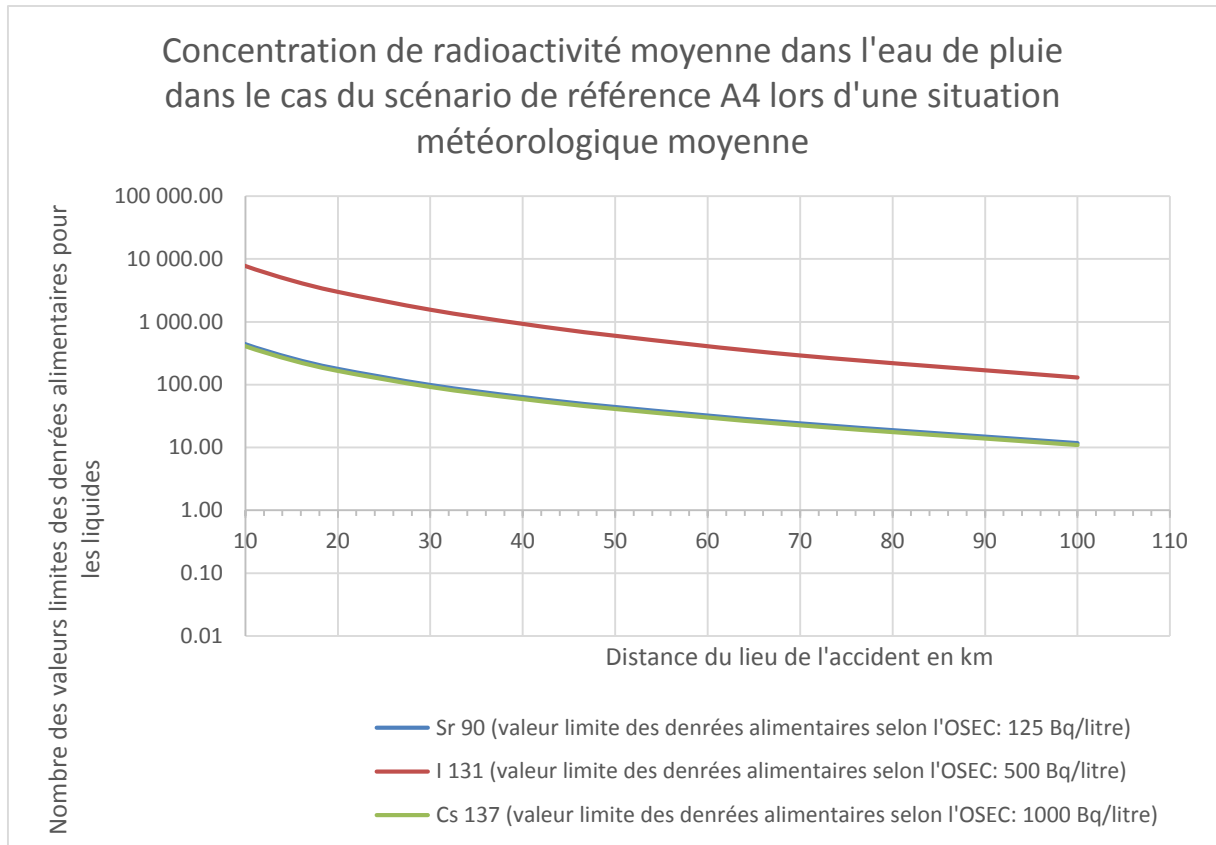
¹ ENSI-AN-8733: Règles de base pour l'estimation des concentrations de radioactivité et des durées d'écoulement après un accident dans une centrale nucléaire avec un rejet de substances radioactives dans l'Aar, respectivement le Rhin, 27 février 2014
² ENSI-AN-9316: Protokoll zur Sitzung vom 8. Juli 2012, 20. Juli 2015
³ OFPP : Concept de protection d'urgence en cas d'accident dans une centrale nucléaire en Suisse, état du 23 juin 2015
⁴ Directive IFSN-G14, révision 1 du 21 décembre 2009



Classification: aucune
Dossier/Référence: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Titre: Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
Date/Dossier traité par: 3 novembre 2015 / IFSN

3 Résultats

Dans le cas du scénario de référence A4, il résulte en fonction de la distance du lieu de l'accident les concentrations de radioactivité moyennes suivantes dans l'eau de pluie (en nombre des valeurs limites des denrées alimentaires pour les liquides selon l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires OSEC) :



4 Mise à l'échelle des résultats

Les résultats peuvent être mis sur une échelle linéaire en ce qui concerne les émissions. Il existe le rapport suivant entre la concentration de radioactivité moyenne spécifique aux nucléides dans l'eau de pluie \bar{A}_i et les émissions spécifiques au nucléide Q_i pour le nucléide i :

$$\bar{A}_i(Q_i) = \bar{A}_i(Q_{i,A4}) \frac{Q_i}{Q_{i,A4}}$$

avec

$$Q_{I\ 131,A4} = 2E15\ Bq$$

$$Q_{Cs\ 137,A4} = 2E14\ Bq$$

$$Q_{Sr\ 90,A4} = 3E13\ Bq$$



Classification: aucune
Dossier/Référence: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Titre: Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
Date/Dossier traité par: 3 novembre 2015 / IFSN

Entre la concentration de radioactivité moyenne spécifique aux nucléides \bar{A}_i et la quantité de précipitations $N \left[\frac{l}{m^2} \right]$, avec laquelle la radioactivité est emportée du sol après son dépôt, respectivement dans laquelle elle est dissoute, le rapport suivant est valable :

$$\bar{A}_i(N) = \bar{A}_i(N_0) \frac{N_0}{N}$$

avec :

$$N_0 = 1 \frac{l}{m^2}$$



Classification: aucune
Dossier/Référence: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Titre: Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
Date/Dossier traité par: 3 novembre 2015 / IFSN

Annexe 1 : détails de la méthode de calcul

La dispersion du panache radioactif est calculée d'après la directive IFSN-G14. La vidange du panache aussi bien par la désintégration radioactive que par le dépôt sec et mouillé est alors prise en compte. Pour le diamètre moyen des aérosols, un micromètre est supposé. Par rapport aux conditions météorologiques, les catégories météorologiques B, D et F de Pasquill-Gifford ont été appliquées. Pour chaque catégorie, une variante sèche et une variante mouillée ont alors été calculées avec les valeurs suivantes pour la vitesse de vent et le cas échéant l'intensité de la pluie :

Catégorie	Vitesse de vent	Intensité de la pluie pour la variante mouillée
B	1.50 m/s	2 mm/h
D	3.00 m/s	5 mm/h
F	0.75 m/s	1 mm/h

La contamination au sol le long de l'axe de dispersion après deux jours résultant du dépôt consécutif au passage du panache est supposée comme unité de départ. Le scénario de référence A4 a alors été employé pour la quantité de rejet de radioactivité. Une moyenne pondérée est établie en fonction des situations météorologiques. Les situations météorologiques sèches ont reçu une pondération de 30% et les mouillées une pondération de 3%. Il en résulte la « situation météorologique moyenne ».

A la suite de la phase de dépôt, une durée de pluie d'une heure avec une intensité de pluie de 1 mm/h est supposée. La pluie lessive alors l'ensemble de la radioactivité déposée sur le sol et l'emporte sur l'axe de dispersion. Lors des situations météorologiques mouillées, la radioactivité est déjà lessivée du nuage lors de la phase de dispersion par la pluie persistante et elle est déposée au sol (mais pas emportée par lessivage dans le modèle ici présent) de sorte qu'un type de pluie persistante survient par l'application d'une heure supplémentaire de pluie (qui emporte complètement par lessivage la radioactivité déposée auparavant). Lors des situations météorologiques sèches, le dépôt au sol ne se produit que par un dépôt sec à partir du panache. Cette radioactivité est ensuite emportée par une pluie d'abat d'une heure.

Vu que le panache s'étend aussi bien en direction de la dispersion qu'à son angle droit sous forme d'une courbe de Gauss, mais que la simulation donne simplement la valeur de l'axe de dispersion, il faut faire une moyenne sur l'axe du y en vue du calcul de la concentration de radioactivité moyenne dans l'eau de pluie. Lors d'une répartition de Gauss, le paramètre $\sigma_y(x)$ est une mesure de la largeur de répartition (et par-là du panache). Si la répartition de Gauss intègre jusqu'à $1\sigma_y$, cela prend en compte jusqu'à environ 68 % de la radioactivité ; si jusqu'à $3\sigma_y$ sont intégrés, l'intégrale saisit 99.8 % de la radioactivité. Par-là, la radioactivité est diluée dans une moyenne (c'est-à-dire la somme de la concentration) sur la largeur totale du panache. En comparaison, pour les catégories météorologiques employées ici, σ_y se situe dans la plage de valeurs allant d'environ 1 km (en cas de distance d'environ 10 km du lieu d'accident) à environ 10 km (en cas de distance d'environ 100 km du lieu d'accident).

Si l'on désigne la moitié de la largeur du secteur de pluie avec b , il s'ensuit pour la concentration moyenne de radioactivité dans l'eau de pluie :

$$\bar{A}(x, b) = \hat{A}(x) \cdot \int_{-b}^b dy \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) = \hat{A}(x) \cdot \frac{\sqrt{2\pi} \sigma_y}{b} \operatorname{erf}\left(\frac{b}{\sigma_y}\right)$$



Classification:	aucune
Dossier/Référence:	10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Titre:	Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
Date/Dossier traité par:	3 novembre 2015 / IFSN

\hat{A} représente alors la valeur sur l'axe de dispersion et erf est la fonction d'erreur.

Il est supposé dans le modèle que la pluie d'une heure ne tombe que sur la région contaminée sur une largeur de $4\sigma_y$ (c'est-à-dire $b = 2\sigma_y$). Avec une approximation de la fonction d'erreur, il s'ensuit :

$$\bar{A}(x, 2\sigma_y) \approx \hat{A}(x) \cdot 0.602$$

Si l'extension latérale du bassin versant de la rivière est plus grande que la largeur du panache toxique, le mélange avec de l'eau de pluie non contaminée doit, de manière réaliste, être aussi modélisé. Un tel effet de dilution n'est ici, de manière conservative, pas pris en compte. De la pluie sur la région contaminée est ainsi simplement postulée et la radioactivité moyenne dans l'eau de pluie est supposée d'après l'approximation ci-dessus (facteur de 0.602 par rapport à la valeur sur l'axe).

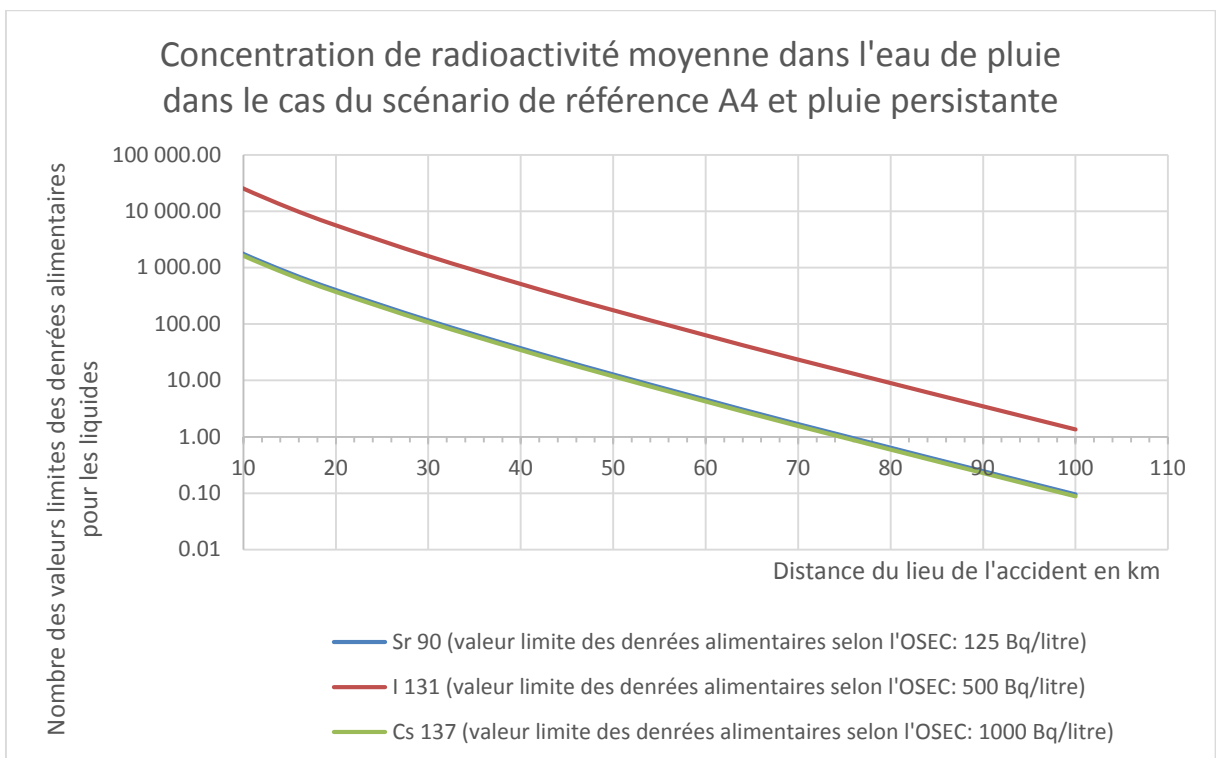
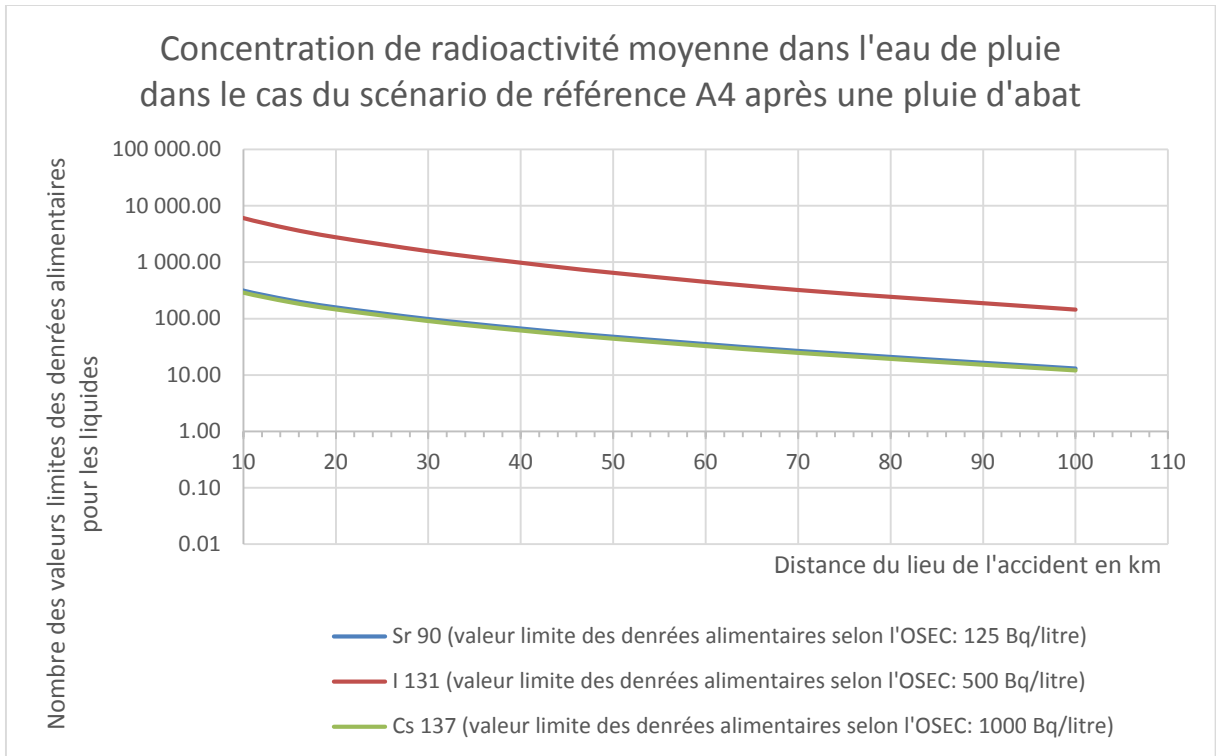
Par rapport au dépôt mouillé, le modèle de Gauss selon la directive IFSN-G14 part des hypothèses les plus simples : soit il pleut sur toute la région de dispersion avec une certaine intensité de pluie soit il ne pleut nulle part.

Si les situations météorologiques sèches et mouillées sont considérées séparément, il s'avère qu'en cas de situations météorologiques mouillées, le lessivage du panache conduit lors de plus faibles distances (inférieures à 30 km) à de plus hautes contaminations du sol alors qu'en cas de situations météorologiques sèches, des contaminations du sol plus élevées surviennent sur de plus grandes distances (voir les illustrations ci-après).



Classification:
Dossier/Référence:
Titre:
Date/Dossier traité par:

aucune
10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
3 novembre 2015 / IFSN





Classification: aucune
Dossier/Référence: 10KEX.APFUKU7 / ENSI-AN-9323 rév. 1
Titre: Concentration de radioactivité dans l'eau de pluie - étude type pour le scénario de référence A4
Date/Dossier traité par: 3 novembre 2015 / IFSN

Annexe 2 : scénarios de l'IFSN

Scénario de rejet	Radioactivité rejetée en [Bq]				
	Total iode	I 131	Total aérosols	Cs 137	Sr 90
Scénario A3	1.0E15	2.0E14	1.0E15	2.0E13	3.0E12
Scénario de référence A4	1.0E16	2.0E15	1.0E16	2.0E14	3.0E13
Scénario A5	1.0E17	2.0E16	1.0E17	2.0E15	3.0E14
Scénario A6	1.0E18	2.0E17	1.0E18	2.0E16	3.0E15

Des données actuelles sur les émissions provoquées par le grave accident de Fukushima sont disponibles dans les rapports de l'AIEA « The Fukushima-Daichi Accident » d'août 2015.