



Note

Date: 27.02.2014 Pages : 9 Pièces-jointes : - Annexes : -
Distribution interne : Domaine S, archives
Distribution externe :
Dossier traité par :
Visa :

Visa du supérieur :

Classification	aucune	Traduction pour le site internet
Dossier	10KEX.APFUKU7	
Référence		
Mots-clés	Protection d'urgence, accident grave, voie des eaux	

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

Sommaire

1.	Introduction	2
2.	Détermination du régime d'écoulement	2
3.	Durées d'écoulement	3
4.	Concentrations de radioactivité	6
5.	Références	9



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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

Date/Dossier traité par:

27.02.2014

1. Introduction

Cette note contient des règles de base pour la détermination des concentrations de radioactivité et durées d'écoulement à l'endroit des captages d'eau potable des villes de Bienne et de Bâle après un accident dans une centrale nucléaire suisse avec un rejet de substances radioactives dans l'Aar, respectivement le Rhin.

2. Détermination du régime d'écoulement

Les durées d'écoulement sont dépendantes des débits de l'Aar et du Rhin. Dans le tableau 1, les trois états des cours d'eau - à savoir l'étiage, les eaux normales et la crue (valeurs écrites en italique) - ont été définis sur la base de leur fréquence d'occurrence /1/, /2/.

La station de mesure avec le plus haut débit détermine s'il s'agit d'un étiage, d'eaux normales ou d'une crue.

	Hagneck 1935-2012 [m ³ /s]	Brügg 1935-2012 [m ³ /s]	Murgenthal 1935-2012 [m ³ /s]	Stilli 1935-2012 [m ³ /s]	Rheinfelden 1935-2012 [m ³ /s]
Existant ou dépassé 347 jours par année	63	105	127	225	478
Etiage	<i>60</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>500</i>
Débit annuel moyen	174	244	286	559	1035
Eaux normales	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>600</i>	<i>1000</i>
Existant ou dépassé 9 jours par année	404	507	596	1157	2051
Crue	<i>400</i>	<i>500</i>	<i>600</i>	<i>1200</i>	<i>2000</i>

Tableau 1 : détermination de l'étiage, des eaux normales et de la crue (valeurs écrites en italique)



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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
27.02.2014

Date/Dossier traité par:

3. Durées d'écoulement

Les durées d'écoulement entre les centrales nucléaires et les stations de captage d'eau potable des villes de Bienne et de Bâle peuvent être déterminées en fonction de l'état des cours d'eau, à savoir l'étiage, les eaux normales et la crue /1/, /2/.

3.1 Rejet de radioactivité depuis la centrale nucléaire de Mühleberg

Pour l'écoulement entre la centrale nucléaire de Mühleberg et l'embouchure de l'Aar dans le lac de Bienne, les durées suivantes sont valables. Les durées d'écoulement dans le tableau 2 ont été estimées sur la base d'expériences sur la durée d'écoulement réalisées avec des traceurs ou des rejets réels de la centrale nucléaire de Mühleberg /3/.

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Mühleberg jusqu'à Hagneck (embouchure du lac de Bienne) [h]
Etiage	9
Eaux normales	4
Crue	2

Tableau 2 : durées d'écoulement entre la centrale nucléaire de Mühleberg et Hagneck

Le temps passé par l'eau de l'Aar dans le lac de Bienne est différent en été et en hiver. En été, l'eau de l'Aar, relativement chaude, s'écoule à la surface de l'eau « froide » du lac de Bienne. Elle le quitte après environ six jours. La concentration de radioactivité est alors réduite d'un facteur trois en raison de la dilution dans l'eau de surface /3/. En hiver, l'eau froide de l'Aar plonge dans le lac de Bienne, relativement chaud. Elle le remplit successivement depuis le fond. Après environ 70 jours, l'eau froide de l'Aar a rempli l'ensemble du volume du lac et le quitte ensuite. Le temps passé dans le lac de Bienne est résumé dans le tableau 3.

	Temps passé dans le lac de Bienne [h]
Eté (Eau de surface)	144
Hiver (Eau de profondeur)	1680

Tableau 3 : temps passé dans le lac de Bienne



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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
27.02.2014

Date/Dossier traité par:

3.1.1 Captage d'eau potable de la ville de Bienne

La ville de Bienne capte l'eau potable à une profondeur de 20 m environ à proximité de l'embouchure de sortie de l'Aar. Il n'est pas certain que l'eau de surface contaminée atteigne la station de captage d'eau en été. Il faut cependant supposer de manière conservatrice pour l'été et l'hiver que l'eau contaminée atteigne la station de captage six jours après son arrivée dans le lac de Bienne.

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Mühleberg jusqu'au captage d'eau potable de Bienne [h]
Etiage	153
Eaux normales	148
Crue	146

Tableau 4 : durées d'écoulement entre la centrale nucléaire de Mühleberg et la station de captage d'eau potable de la ville de Bienne

3.1.2 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

La ville de Bâle capte l'eau potable vers Muttentz à partir du Rhin. Les durées d'écoulement entre l'embouchure de sortie du lac de Bienne et le captage d'eau potable de la ville de Bâle sont présentées dans le tableau 5.

	Durée d'écoulement Embouchure du lac de Bienne jusqu'au captage d'eau potable de Bâle [h]
Etiage	135
Eaux normales	60
Crue	37

Tableau 5 : durées d'écoulement de l'embouchure de sortie du lac de Bienne jusqu'au captage de l'eau potable de Bâle



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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
27.02.2014

Date/Dossier traité par:

En fonction des tableaux 2, 3, et 5, il en résulte les durées suivantes pour l'écoulement de la centrale nucléaire de Mühleberg jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle. On doit faire la différence entre l'été et l'hiver.

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Mühleberg jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle [h]	
	Eté	Hiver
Etiage	288	1824
Eaux normales	208	1744
Crue	183	1719

Tableau 6 : durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Mühleberg jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle

3.2 Rejet de radioactivité depuis la centrale nucléaire de Gösgen

3.2.1 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

Les durées d'écoulement entre la centrale nucléaire de Gösgen et le captage d'eau potable de la ville de Bâle sont présentées dans le tableau 7.

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Gösgen jusqu'au captage d'eau potable de Bâle [h]
	Etiage
Eaux normales	31
Crue	18

Tableau 7 : durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Gösgen jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle

3.3 Rejet de radioactivité depuis la centrale nucléaire de Beznau

3.3.1 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

Les durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Beznau jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle sont présentées dans le tableau 8.



Classification:
Dossier/Référence:
Titre:

aucune

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
27.02.2014

Date/Dossier traité par:

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Beznau jusqu'au captage d'eau po- table de Bâle [h]
Etiage	43
Eaux normales	22
Crue	11

Tableau 8 : durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Beznau jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle

3.4 Rejet de radioactivité depuis la centrale nucléaire de Leibstadt

3.4.1 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

Les durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Leibstadt jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle sont présentées dans le tableau 9.

	Durée d'écoulement Centrale nucléaire de Leibstadt jusqu'au captage d'eau potable de Bâle [h]
Etiage	33
Eaux normales	18
Crue	9

Tableau 9 : durées d'écoulement de la centrale nucléaire de Leibstadt jusqu'au captage d'eau potable de la ville de Bâle

4. Concentrations de radioactivité

Les concentrations de radioactivité aux stations de captage d'eau potable des villes de Bienne et de Bâle peuvent être déterminées en fonction de l'état des cours d'eau, à savoir l'étiage, les eaux normales et la crue.



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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

Date/Dossier traité par:

27.02.2014

4.1 Rejet de radioactivité depuis la centrale nucléaire de Mühleberg

En vue de calculer la concentration de radioactivité dans le lac de Bienne, il faut faire la différence entre l'été et l'hiver, comme présenté dans le chapitre 3.1. En été, l'eau de l'Aar, relativement chaude, s'écoule à la surface de l'eau « froide » du lac de Bienne. Elle le quitte après environ six jours. La concentration de radioactivité est alors réduite d'un facteur trois en raison de la dilution dans l'eau de surface du lac de Bienne /3/.

Pour l'**été**, la formule suivante est valable :

Concentration de radioactivité K dans l'eau de surface du lac de Bienne :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{3} \cdot \frac{A \text{ [Bq]}}{\Delta T \text{ [h]}} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Radioactivité rejetée dans l'Aar par la centrale nucléaire de Mühleberg

ΔT Durée du rejet de radioactivité

D_{Hagneck} Débit de l'Aar à Hagneck, mesure actuelle ou valeurs du tableau 1

En hiver, l'eau froide de l'Aar plonge dans le lac de Bienne, relativement chaud. Elle le remplit successivement depuis le fond. Après environ 70 jours, l'eau froide de l'Aar a rempli l'ensemble du volume du lac et le quitte ensuite. En vue de calculer la concentration de radioactivité dans l'eau en provenance du lac de Bienne, on part du principe que la radioactivité se répartit dans tout le volume du lac.

Pour l'**hiver**, la formule suivante est valable :

Concentration de radioactivité K dans l'eau qui quitte le lac de Bienne :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{A \text{ [Bq]}}{1,2 \cdot 10^9 \text{ [m}^3\text{]}}$$

Volume de l'eau du lac = $1,2 \cdot 10^9 \text{ [m}^3\text{]}$

4.1.1 Captage d'eau potable de la ville de Bienne

La ville de Bienne capte l'eau potable à une profondeur de 20 m environ à proximité de l'embouchure de sortie de l'Aar. Il n'est pas certain que l'eau de surface contaminée atteigne la station de captage d'eau en été. Il faut cependant supposer de manière conservatrice pour l'été et l'hiver que l'eau contaminée atteigne la station de captage avec la concentration de radioactivité de l'eau de surface telle qu'elle existe en été.

Pour l'**été et l'hiver**, la formule suivante est valable :

Concentration de radioactivité K dans l'eau à la station de prélèvement d'échantillon de la ville de Bienne :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{3} \cdot \frac{A \text{ [Bq]}}{\Delta T \text{ [h]}} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{s}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}$$

A Radioactivité rejetée dans l'Aar par la centrale nucléaire de Mühleberg

ΔT Durée du rejet de radioactivité

D_{Hagneck} Débit de l'Aar à Hagneck, mesure actuelle ou valeurs du tableau 1



Classification: aucune

Dossier/Référence:
Titre:

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
27.02.2014

Date/Dossier traité par:

4.1.2 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

On doit faire la différence entre le régime estival et hivernal concernant le captage d'eau potable à Bâle. L'eau quittant le lac de Biemme sera diluée jusqu'à Bâle d'un facteur quatre, indépendamment du débit d'eau de l'Aar et du Rhin.

Eté : concentration de radioactivité K dans le Rhin près de Bâle :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{A [\text{Bq}]}{\Delta T [\text{h}]} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{S}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Hagneck}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{S}} \right]}$$

A Radioactivité rejetée dans l'Aar

ΔT Durée du rejet de radioactivité

D_{Hagneck} Débit de l'Aar à Hagneck, mesure actuelle ou valeurs du tableau 1

Hiver : concentration de radioactivité K dans le Rhin près de Bâle :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{1}{4} \cdot \frac{A [\text{Bq}]}{1,2 \cdot 10^9 [\text{m}^3]}$$

A Radioactivité rejetée dans l'Aar par la centrale nucléaire de Mühleberg

Volume de l'eau du lac = $1,2 \cdot 10^9 [\text{m}^3]$

4.2 Rejet de radioactivité depuis les centrales nucléaires de Gösgen, Beznau et Leibstadt

4.2.1 Captage d'eau potable de la ville de Bâle

Lors d'un rejet de radioactivité depuis les centrales nucléaires de Gösgen, Beznau et Leibstadt, la concentration de radioactivité K dans le Rhin près de Bâle peut être calculée comme suit :

$$K \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] = \frac{A [\text{Bq}]}{\Delta T [\text{h}]} \cdot \frac{1}{3600 \left[\frac{\text{S}}{\text{h}} \right]} \cdot \frac{1}{D_{\text{Rheinfelden}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{S}} \right]}$$

A Radioactivité rejetée dans l'Aar, respectivement le Rhin, par une centrale nucléaire

ΔT Durée du rejet de radioactivité

$D_{\text{Rheinfelden}}$ Débit du Rhin à Rheinfelden, mesure actuelle ou valeurs du tableau 1



Classification: aucune

Dossier/Référence:

Titre:

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

Date/Dossier traité par:

27.02.2014

5. Références

- /1/ Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich: Fliesszeiten in der Aare, im Auftrag der Landeshydrologie und -geologie, Mai 1992
- /2/ Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich: Fliesszeiten im Rhein, im Auftrag der Landeshydrologie und geologie und des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Februar 1990
- /3/ Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz: Abschlussbericht, Verhalten von Radionukliden aus Kernkraftwerken in Aare und Rhein, Oktober 1995