


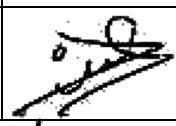



**EGIS NORD-EST**

**NOTE TECHNIQUE**

**Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du  
CHU de Besançon**

**CDP/TS/0317/25.0041**

Ind.	Etat	Date	Rédacteur	Visa	Vérificateur	Visa	Approbateur	Visa
A	BPE	02/04/2025	J.F. GREUEZ		C. DAVENEL		J.F. GREUEZ	

*Avant application du présent document, merci de vous assurer qu'il s'agit de l'indice applicable. Dans le cas contraire, merci de le détruire.*

*Ce document est propriété de CERAP. Il ne pourra être utilisé ou communiqué à des tiers sans autorisation écrite.*

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 2/18

## SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date	Paragraphe(s) concerné(s)	Modification(s)
A BPE	02/04/2025	-	Version initiale

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 3/18

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>OBJET .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCES .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DONNEES D'ENTREE.....</b>	<b>4</b>
3.1	Plan du service RIV.....	4
3.2	Réglementation applicable.....	6
3.3	Zonage radiologique .....	6
3.4	Radionucléides considérés .....	6
3.5	Activités considérées.....	7
3.6	Distances.....	7
3.7	Temps de présence.....	7
3.8	Autres données d'entrée utilisées.....	7
<b>4</b>	<b>CALCULS DES PROTECTIONS DU SERVICE RIV .....</b>	<b>9</b>
4.1	Hypothèses.....	9
4.2	Calculs.....	9
4.3	Synthèse des résultats.....	11
<b>5</b>	<b>CALCULS DES PROTECTIONS DES CUVES D'ENTREPOSAGE .....</b>	<b>16</b>
5.1	Hypothèses.....	16
5.2	Calculs.....	16
5.3	Modélisation.....	17
5.4	Résultats.....	18
<b>6</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>18</b>

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 4/18

## 1 OBJET

La présente note s'inscrit dans le cadre de la conception des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon.

Cette étude de radioprotection vise à calculer les épaisseurs de protections biologiques pour les cloisons du service RIV et également autour des cuves de décroissance des effluents issus des activités réalisées dans ce service.

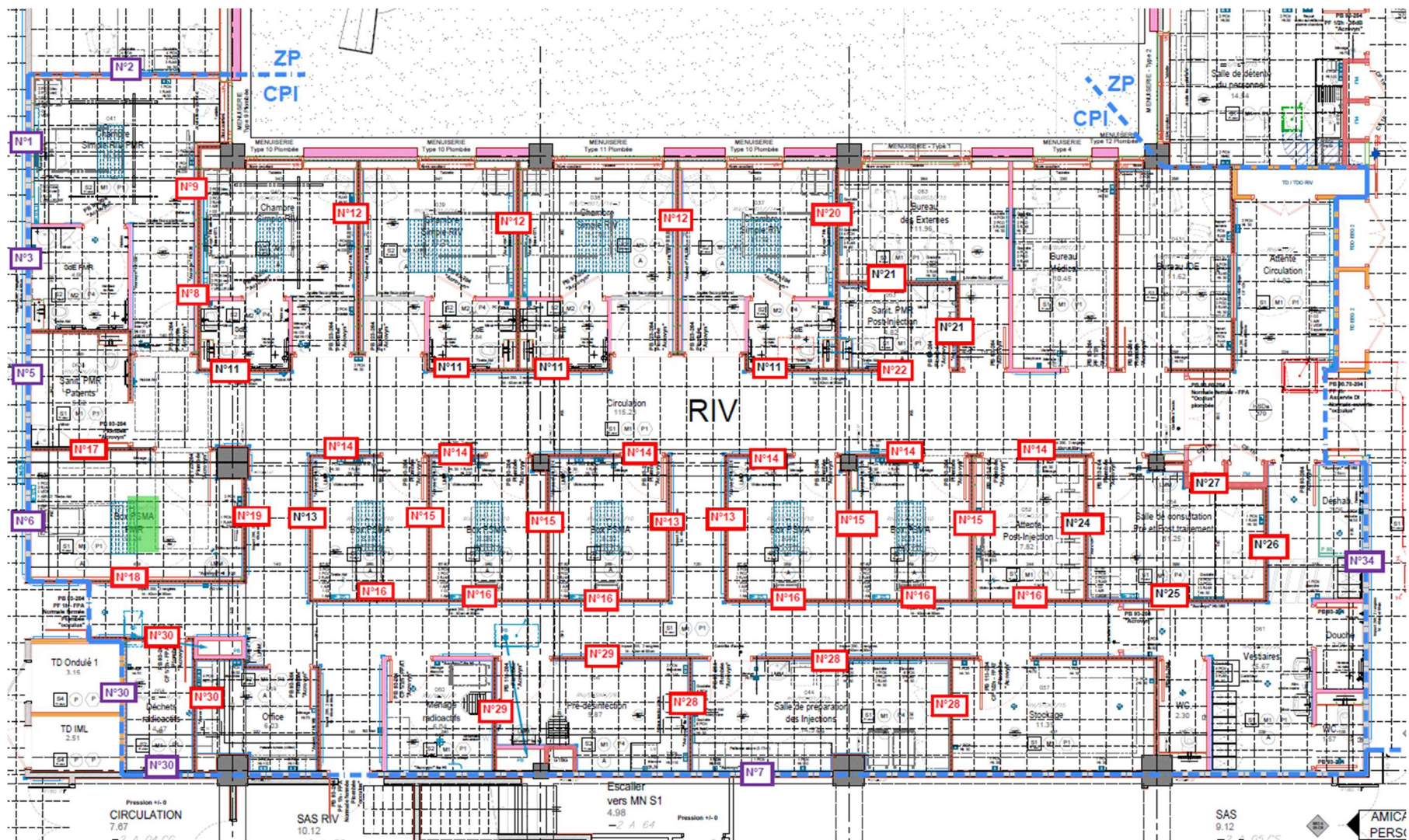
## 2 REFERENCES

- [1] Code du travail - articles R4451-18 à R4451-28
- [2] Fiche IRSN ED 4300 : Iode-131
- [3] Fiche n°391 du Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton : Mesure de la masse volumique apparente sèche des blocs et de la masse volumique du béton des blocs.
- [4] Shielding coefficients from NIST: Hubbell, J.H. and Seltzer, S.M. (2004), Tables of XRay Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients (version 1.4).
- [5] Fiche technique Verre anti-radiation LEMER PAX.
- [6] Norme NFC 15-160

## 3 DONNEES D'ENTREE

### 3.1 Plan du service RIV

Le plan du service RIV est présenté ci-dessous. La numérotation des murs a été conservée identique à celle fournie par le client.



	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 6/18

### 3.2 Réglementation applicable

L'article R4451-23 du code du travail définit les critères en doses efficaces suivants :

Zonage radiologique		Exposition externe
Zone	Couleur	L'équivalent de dose est l'estimateur de la dose efficace en exposition externe
Non délimitée	S.O.	Dose efficace < 80 µSv intégrée sur un mois
Surveillée	Bleue	Dose efficace < 1,25 mSv intégrée sur un mois
Contrôlée	Verte	Dose efficace < 4 mSv intégrée sur un mois
	Jaune	Dose efficace < 2 mSv intégrée sur une heure
	Orange	Dose efficace < 100 mSv intégrée sur une heure
	Rouge	Dose efficace > 100 mSv intégrée sur une heure

### 3.3 Zonage radiologique

Le zonage radiologique des locaux du service RIV et des locaux attenants est défini afin de ne pas exposer le personnel et le public environnant à des DED au-delà de la réglementation en vigueur.

Le tableau suivant résume les zonages radiologiques à prendre en compte pour cette étude.

Description	Zonage radiologique
Chambre ou box d'injection (occupé)	Zone Contrôlée Jaune
Locaux du service RIV (hors chambres et box d'injection)	Zone Surveillée
Locaux du CHU autour du service RIV	Zone non délimitée (zone publique)
Patio (cours intérieur du CHU)	Zone Contrôlée Verte

### 3.4 Radionucléides considérés

Les radionucléides identifiés dans le service RIV sont les suivants :

- Iode-131
- Technétium-99
- Lutétium-177
- Radium-223



	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 7/18

L'iode-131 est le radionucléide le plus pénalisant pour l'étude de radioprotection au regard des activités injectables et des énergies des rayonnements émis.

Le service RIV pouvant accueillir des patients traités à l'iode-131 dans toutes les chambres et dans tous les box, il sera considéré de manière pénalisante pour cette étude que l'iode-131 est l'unique radionucléide utilisé.

La demi-vie de l'iode-131 est 8,025 jours.

### 3.5 Activités considérées

Dans 6 boxs du service RIV, l'activité maximale par jour est de 740 MBq par injection, avec au maximum 2 patients par jour et par box.

Dans les 5 chambres du service RIV, l'activité maximale par jour est de 3700 MBq, avec au maximum 2 patients par chambre par semaine.

L'activité maximale utilisable par semaine est donc 45 880 MBq.

### 3.6 Distances

Dans le service RIV, les sources de rayonnements sont les patients injectés (ou la seringue dans le local de préparation d'injection).

Pour le local cuve sous le patio, les sources de rayonnement sont les 4 cuves de décroissance de 4000L chacune, fonctionnant par paire (une paire de cuves en remplissage, l'autre paire en décroissance).

Les distances utilisées pour calculer l'impact dosimétrique derrière les parois par rapport à ces sources de rayonnements ont été établies par le CHU de Besançon, elles figurent dans les tableaux du §4.3.

### 3.7 Temps de présence

Les temps de présence des patients dans les box, dans les chambres et dans les sanitaires ont été estimés par le CHU de Besançon, ils figurent dans les tableaux du §4.3.

### 3.8 Autres données d'entrée utilisées

Les autres données d'entrée utilisée pour cette étude sont :

- Constante de DED de l'iode-131 (DED à 1m pour une activité de 1MBq) :  $C_i = 6,6.10^{-2} \mu\text{Sv.m}^2/\text{MBq/h}$  (cf. [2])
- CDA (Couche de demi-atténuation) Plomb pour l'iode-131 : 3mm (cf. [2])

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 8/18

- CDA Béton pour l'iode-131 : 40mm (cf. [4])
- CDA bloc agglo : 348mm (valeur estimée à partir des données de [3] et [4])
- CDA Verre (d=2,23) pour l'iode-131 : 119mm (cf. [2])
- CDA Verre plombé (d=3,2) pour l'iode-131 : 26mm (valeur pénalisante du Cs137 issues de [5])
- CDA Verre plombé (d=4,8) pour l'iode-131 : 15mm (valeur pénalisante du Cs137 issues de [5])



	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 9/18

## 4 CALCULS DES PROTECTIONS DU SERVICE RIV

### 4.1 Hypothèses

Les hypothèses utilisées pour le dimensionnement des protections biologiques sont les suivantes :

- Un seul patient est présent dans un local (box ou chambre) et chaque patient reste dans sa chambre ou son box.
- Le personnel du CHU travaille 8h par jour, il peut donc être exposé aux rayonnements au maximum pendant 8h par jour, ou 170h par mois.
- Aucun patient ou visiteur ne peut être physiquement présent plus de 170h par mois dans le service RIV ou dans les locaux voisins (y compris dans les locaux de l'étage supérieur ou de l'étage inférieur). Le zonage radiologique est donc calculé uniquement par rapport au temps de présence des travailleurs.
- L'atténuation des rayonnements par les portes ou par le placo est considéré comme nul.

Remarque : L'occurrence d'utilisation des sanitaires par les patients, et l'activité évacuée à chaque passage aux sanitaires, n'étant pas des paramètres maîtrisables, il est considéré, de manière très pénalisante, que les patients conservent l'intégralité de l'activité injectée pendant toute la durée de leur présence.

### 4.2 Calculs

Les formules de calculs utilisés sont les suivantes :

- Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq) :

$$A_m(t) = \frac{A_0}{\lambda \times \frac{t_f}{24}} \times (1 - e^{-\lambda \frac{t_f}{24}})$$

Avec :


- $A_0$  : activité initiale (MBq)
- $\lambda$  : constante radioactive de l'iode 131 = 0,08637 (j<sup>-1</sup>)
- $t_f$  : durée d'exposition (h)

- Dose (équivalente) maximale reçue par mois (μSv) :

$$D_{max} = N \times t_f \times \frac{C^{i131} \times A_m}{d^2}$$

Avec :

- $A_m$  : Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq)
- $t_f$  : durée d'exposition (h)

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 10/18

- $C^{i131}$  : constante de débit de dose gamma = 0,056 (en  $\mu\text{Sv m}^2/\text{MBq/h}$ )
- N : Nombre de patient traités par mois
- d : distance entre la source (le patient) et le point de mesure

- Nombre de couche de demi-atténuation (CDA) nécessaire :

$$N_{CDAn} = \frac{\ln \frac{D_{max}}{D_{zonage}}}{\ln 2}$$

Avec :

- $D_{max}$  : Dose (équivalente) maximale reçue par mois ( $\mu\text{Sv}$ )
- $D_{zonage}$  : Dose (équivalente) admissible par mois selon le zonage réglementaire ( $\mu\text{Sv}$ )

- Nombre de couche de demi-atténuation (CDA) fournie par la paroi existante :

$$N_{CD Ae} = \frac{Ep_{paroi}}{10 \times CDA_{matériau}}$$

Avec :

- $Ep_{paroi}$  : Epaisseur de la paroi existante (cm)
- $CDA_{matériau}$  : Epaisseur de la Couche de demi-atténuation du matériau constituant la paroi (mm) pour l'iode131

- Epaisseur de la protection en plomb à ajouter (mm) :

$$Ep_{plomb} = (N_{CDAn} - N_{CD Ae}) \times CDA_{plomb}$$

Avec :


- $N_{CDAn}$  : Nombre de couche de demi-atténuation (CDA) nécessaire
- $N_{CD Ae}$  : Nombre de couche de demi-atténuation (CDA) fournie par la paroi existante
- $CDA_{plomb}$  : Epaisseur de la Couche de demi-atténuation du plomb pour l'iode131 (mm)

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 11/18

### 4.3 Synthèse des résultats

Les tableaux présentés ci-dessous synthétisent les résultats des calculs réalisés pour estimer l'épaisseur de protection de plomb complémentaire nécessaire sur chaque paroi numérotée du plan fourni au §3.1.

Les tableaux suivants sont organisés par nature de la paroi existante (placo, agglo, béton plein...). Certaines parois figurent dans plusieurs tableaux afin de pouvoir comparer différentes solutions pour ces parois.

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 12/18

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour les cloisons en placo du service RIV.

N° Paroi	Descriptif paroi	Activité mise en œuvre par patient (MBq)	Temps de présence de la source d'exposition par patient (heure)	Durée d'exposition maximale des travailleurs par patient (heure)	Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq)	Nombre maximal de patients par mois	Distance source-point de mesure (m)	Dose maximale reçue par mois (μSv)	Dose admissible par mois selon zonage (μSv)	Nombre de CDA nécessaires	Nature paroi existante	Epaisseur paroi existante (cm)	Nombre de CDA fournies par la paroi existante	Epaisseur de protection plomb à ajouter (mm)
1	Paroi chambre PMR hospit de semaine Iode 131 - Circulation	3700	24	8	3647	16	1,40	15720	80	7,6	Placo	10	0,0	<b>22,9</b>
2	Paroi chambre PMR hospit de semaine Iode 131 - Bureau 3 postes	3700	24	8	3647	16	2,08	7122	80	6,5	Placo	10	0,0	<b>19,4</b>
3	Paroi chambre RIV toilette - extérieur	3700	1	1	3693	16	2,18	821	80	3,4	Placo	10	0,0	<b>10,1</b>
4	Paroi mur béton pour couvrir bureau 3 postes	3700	24	8	3647	16	4,03	1897	80	4,6	Placo	10	0,0	<b>13,7</b>
5	Sanitaire PMR - Circulation	740	0,17	0,17	740	126	2,23	206	80	1,4	Placo	10	0,0	<b>4,1</b>
6	Box PMR - Circulation	740	6	6	732	42	3,00	1353	80	4,1	Placo	10	0,0	<b>12,2</b>
7	Amicale - Préparation injection	3700	0,17	0,17	3699	1	1	41	80	-1,0	Placo	10	0,0	0,0
8	Paroi toilette - porte	3700	1	1	3693	16	0,77	6590	1250	2,4	Placo	10	0,0	<b>7,2</b>
9	Paroi chambre PMR hospit de semaine Iode 131	3700	24	7,6	3647	16	1,74	30973	1250	3,0	Placo	10	0,0	<b>8,9</b>
11	Paroi chambre RIV salle de bain	3700	1	1	3693	16	1,47	1808	1250	0,5	Placo	10	0,0	<b>1,6</b>
12	Paroi chambre RIV - chambre RIV	3700	24	7,6	3647	16	2,90	11150	1250	1,5	Placo	10	0,0	<b>4,4</b>
13	Box Injection	740	6	6	732	21	1,65	4521	1250	1,8	Placo	10	0,0	<b>5,5</b>
14	Box Injection	740	6	6	732	21	2,70	1688	1250	0,4	Placo	10	0,0	<b>1,3</b>
15	Box Injection	740	6	6	732	21	1,68	4361	1250	1,8	Placo	10	0,0	<b>5,4</b>
16	Box Injection	740	6	6	732	21	1,40	6279	1250	2,3	Placo	10	0,0	<b>6,9</b>
17	Box Injection PMR	740	6	6	732	21	2,40	2137	1250	0,8	Placo	10	0,0	<b>2,3</b>
18	Box Injection PMR	740	6	6	732	21	1,12	9812	1250	3,0	Placo	10	0,0	<b>8,9</b>
19	Box Injection PMR	740	6	6	732	21	2,65	1753	1250	0,5	Placo	10	0,0	<b>1,4</b>
20	Paroi chambre RIV - Bureau	3700	24	7,6	3647	16	2,00	23443	80	6,5	Placo	10	0,0	<b>19,5</b>
21	Paroi sanitaire PMR post injection -bureau	740	0,17	0,17	740	21	2,35	31	80	-1,4	Placo	10	0,0	0,0
22	Paroi sanitaire PMR post injection -couloir	740	0,17	0,17	740	21	0,80	267	1250	-2,2	Placo	10	0,0	0,0
24	Paroi salle de consultation - pré et post traitement - BOX PSMA	740	0,17	0,17	740	21	2,44	115	1250	-3,4	Placo	10	0,0	0,0
25	Paroi salle de consultation - pré et post traitement - BOX PSMA	740	0,17	0,17	740	21	1,41	344	1250	-1,9	Placo	10	0,0	0,0
26	Paroi salle de consultation - pré et post traitement - BOX PSMA	740	0,17	0,17	740	21	2,43	116	1250	-3,4	Placo	10	0,0	0,0
27	Paroi salle de consultation - pré et post traitement - BOX PSMA	740	0,17	0,17	740	21	2,55	105	1250	-3,6	Placo	10	0,0	0,0
28	Salle de préparation d'injection	3700	0,17	0,17	3699	1	0,40	254	1250	-2,3	Placo	10	0,0	0,0
29	Salle de pré-désinfection	3700	0,17	0,17	3699	1	0,40	254	1250	-2,3	Placo	10	0,0	0,0
30	Déchets radioactifs	925	4	4	918	0,2	1,20	136	1250	-3,2	Placo	10	0,0	0,0
34	Paroi mur béton pour couvrir pole sommeil	3700	24	8	3647	16	10	308	80	1,9	mur n°20 + placo		6,5	0,0

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 13/18

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour les cloisons en béton plein du service RIV.

N° Paroi	Descriptif paroi	Activité mise en œuvre par patient (MBq)	Temps de présence de la source d'exposition par patient (heure)	Durée d'exposition maximale des travailleurs par patient (heure)	Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq)	Nombre maximal de patients par mois	Distance source-point de mesure (m)	Dose maximale reçue par mois (μSv)	Dose admissible par mois selon zonage (μSv)	Nombre de CDA nécessaires	Nature paroi existante	Epaisseur paroi existante (cm)	Nombre de CDA fournies par la paroi existante	Epaisseur de protection plomb à ajouter (mm)
1	Paroi chambre PMR hospit de semaine lode 131 - Circulation	3700	24	8	3647	16	1,4	15720	80	7,6	Béton plein	37	9,3	0,0
2	Paroi chambre PMR hospit de semaine lode 131 - Bureau 3 postes	3700	24	8	3647	16	2,08	7122	80	6,5	Béton plein	33	8,3	0,0
3	Paroi chambre RIV toilette - extérieur	3700	1	1	3693	16	2,18	821	80	3,4	Béton plein	14	3,5	0,0
4	Paroi mur béton pour couvrir bureau 3 postes	3700	24,00	8,00	3647	16	4,03	1897	80	4,6	Béton plein	25	6,3	0,0
5	Sanitaire PMR - Circulation	740	0,17	0,17	740	126	2,23	206	80	1,4	Béton plein	6	1,5	0,0
6	Box PMR - Circulation	740	6	6	732	42	3	1353	80	4,1	Béton plein	17	4,3	0,0
8	Paroi toilette - porte	3700	1	1	3693,35	16	0,77	6578,14	1250	2,4	Béton plein	10	2,5	0,0
9	Paroi chambre PMR hospit de semaine lode 131	3700	24	7,6	3647,25	16	1,74	9668,18	1250	3,0	Béton plein	12	3,0	0,0
16	Box Injection	740	6	6	732,07	21	1,40	6212,14	1250	2,3	Béton plein	10	2,5	0,0
18	Box Injection PMR	740	6	6	732,07	21	1,12	9706,46	1250	3,0	Béton plein	12	3,0	0,0
20	Paroi chambre RIV - Bureau	3700	24	7,6	3647,25	16	2,00	7317,84	80	6,5	Béton plein	27	6,8	0,0
34	Paroi mur béton pour couvrir pole sommeil	3700	24,00	8,00	3647	16	10	308	80	1,9	mur n°20 + Béton plein	15	10,3	0,0
	Plafond Chambre	3700	24,00	8,00	3647	16	2,40	5349	80	6,1	Béton plein	27	6,8	0,0
	Dalle Chambre	3700	24,00	8,00	3647	16	0,60	85589	1250	6,1	Béton plein	27	6,8	0,0
	Plafond Box	740	6,00	6,00	732	42	2,40	2114	80	4,7	Béton plein	27	6,8	0,0
	Dalle Box	740	6,00	6,00	732	42	0,60	33822	1250	4,8	Béton plein	27	6,8	0,0
	Mur Chambre RIV/patio	3700	24,00	8,00	3647	16	2,00	7703	4000	0,9	Béton plein	15	3,8	0

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 14/18

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour les cloisons en agglo du service RIV.


N° Paroi	Descriptif paroi	Activité mise en œuvre par patient (MBq)	Temps de présence de la source d'exposition par patient (heure)	Durée d'exposition maximale des travailleurs par patient (heure)	Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq)	Nombre maximal de patients par mois	Distance source-point de mesure (m)	Dose maximale reçue par mois (μSv)	Dose admissible par mois selon zonage (μSv)	Nombre de CDA nécessaires	Nature paroi existante	Epaisseur paroi existante (cm)	Nombre de CDA fournies par la paroi existante	Epaisseur de protection plomb à ajouter (mm)
1	Paroi chambre PMR hospit de semaine lode 131 - Circulation	3700	24,00	8,00	3647	16	1,40	15720	80	7,6	Agglo	15	0,4	<b>21,6</b>
2	Paroi chambre PMR hospit de semaine lode 131 - Bureau 3 postes	3700	24,00	8,00	3647	16	2,08	7122	80	6,5	Agglo	10	0,3	<b>18,6</b>
3	Paroi chambre RIV toilette - extérieur	3700	1,00	1,00	3693	16	2,18	821	80	3,4	Agglo	10	0,3	<b>9,2</b>
5	Sanitaire PMR - Circulation	740	0,17	0,17	740	126	2,23	206	80	1,4	Agglo	15	0,4	<b>2,8</b>
6	Box PMR - Circulation	740	6,00	6,00	732	42	3,00	1353	80	4,1	Agglo	15	0,4	<b>10,9</b>
7	Amicale - Préparation injection	3700	0,17	0,17	3699	1	1	41	80	-1,0	Agglo	15	0,4	0,0
34	Paroi mur béton pour couvrir pole sommeil	3700	24,00	8,00	3647	16	10	308	80	1,9	mur n°20 + agglo	15	6,9	0,0

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 15/18

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour les portes et les fenêtres des locaux dans lesquels des sources de rayonnements sont présentes.

N° Paroi	Descriptif paroi	Activité mise en œuvre par patient (MBq)	Temps de présence de la source d'exposition par patient (heure)	Durée d'exposition maximale des travailleurs par patient (heure)	Activité moyenne de la source sur la durée d'exposition (MBq)	Nombre maximal de patients par mois	Distance source-point de mesure (m)	Dose maximale reçue par mois (μSv)	Dose admissible par mois selon zonage (μSv)	Nombre de CDA nécessaires	Nature paroi existante	Epaisseur paroi existante (cm)	Nombre de CDA fournies par la paroi existante	Epaisseur de protection plomb à ajouter (mm)
10	Porte chambre PMR	3700	1,00	1,00	3693	16	1,84	1152	1250	-0,1	porte		0,0	0,0
23	Porte sanitaire	740	0,17	0,17	740	21	1,66	62	1250	-4,3	porte		0,0	0,0
31	Porte chambre RIV	3700	24,00	7,60	3647	16	3,51	2376	1250	0,9	porte		0,0	<b>2,8</b>
32	Porte Box injection	740	6,00	6,00	732	21	2,70	1670	1250	0,4	porte		0,0	<b>1,3</b>
33	Porte Box injection PMR	740	6,00	6,00	732	21	2,40	2114	1250	0,8	porte		0,0	<b>2,3</b>
	Fenêtre donnant sur patio - Chambre simple RIV	3700	24	8	3647	16	2	7703	4000	0,9	Verre (d=2,2)	<b>11,2</b>	0,9	0,0
	Fenêtre donnant sur patio - Chambre simple RIV	3700	24	8	3647	16	2	7703	4000	0,9	Verre au plomb stabilisé LPX 200 (d=3,2)	<b>2,4</b>	0,9	0,0
	Fenêtre donnant sur patio - Chambre simple RIV	3700	24	8	3647	16	2	7703	4000	0,9	Verre au plomb LPX 700 (d=4,8)	<b>1,5</b>	1,0	0,0



	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 16/18

## 5 CALCULS DES PROTECTIONS DES CUVES D'ENTREPOSAGE

### 5.1 Hypothèses

- Le local accueillant les cuves est enterré sous le patio, seul le plafond de ce local nécessite une protection biologique, les parois latérales et le sol bénéficiant de la protection de la terre.
- Le patio est classé en zone contrôlée verte.
- Le local contient 4 cuves de 4000L chacune, fonctionnant par paire : une paire de cuves se remplit pendant que l'autre paire de cuves est en décroissance.
- Une paire de cuve est remplie en 6 mois.
- La paroi des cuves est en PEHD, elle n'apporte aucune protection contre les rayonnements.
- La source de rayonnement étant sous la dalle, les débits de dose de référence pour établir le zonage radiologique sont mesurés à 50cm du sol (cf. [6]).

### 5.2 Calculs

- Activité maximale contenue dans les cuves en remplissage (MBq) :  
Les cuves en remplissage sont initialement vides, elles reçoivent 45880 MBq d'iode-131 par semaine.  
L'activité contenue en cuve en semaine i+1 se calcule de la manière suivante.

$$A'_i = 45880 + A'_{i-1} \times e^{-\lambda \times 7}$$

et

$$A'_0 = 0$$

Avec :

- $A'_{i+1}$  : activité dans les cuves en remplissage en semaine i+1 (MBq)
- $A'_i$  : activité dans les cuves en remplissage en semaine i (MBq)
- $\lambda$  : constante radioactive de l'iode 131 = 0,08637 (j<sup>-1</sup>)


En procédant par itération, l'activité en semaine 26 (après 6 mois de remplissage) s'élève à 101121 MBq.

- Activité maximale contenue dans les cuves (MBq) :

Après 6 mois d'exploitation, les 2 cuves remplies passent en décroissance, et les 2 cuves vides passent en remplissage.

L'activité totale en semaine i+1 est alors :

$$A_i = A'_i + 101121 \times e^{-\lambda \times 7 \times i}$$

	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 17/18

Avec :

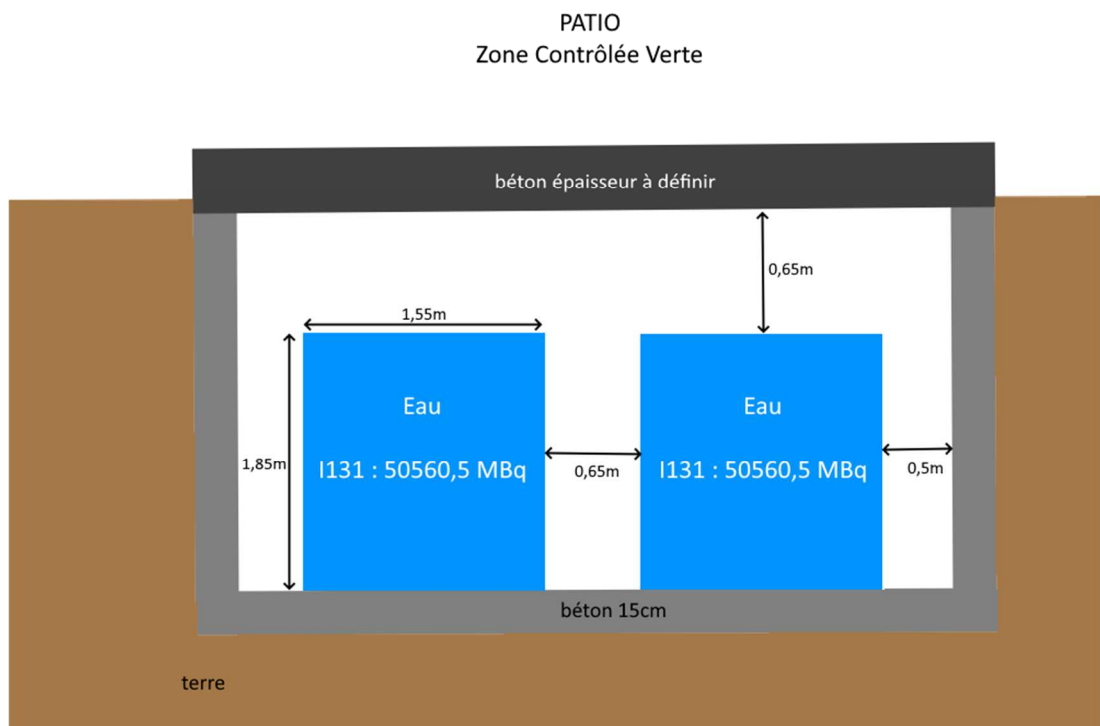
- $A_i$  : activité totale dans les cuves en semaine  $i$  (MBq)
- $A'_i$  : activité dans les cuves en remplissage en semaine  $i$  (MBq)
- $i$  : nombre de semaine depuis la mise en décroissance
- $\lambda$  : constante radioactive de l'iode 131 =  $0,08637 \text{ (j}^{-1}\text{)}$


En procédant par itération, on constate que l'activité totale contenue dans les cuves reste quasiment constant sur 26 semaines. Le maximum est atteint en semaine 0 avec une activité cumulée de 101121 MBq dont 101121MBq dans les cuves en décroissance et 0MBq dans les cuves en remplissage.

### 5.3 Modélisation

Au regard des résultats précédents, la situation la plus pénalisante vis-à-vis de la protection biologique est donc obtenue lorsque les cuves passent du mode remplissage en mode décroissance. L'intégralité de l'activité 101121 MBq) est alors concentrée dans 2 cuves de 4000L.

Le modèle numérique utilisé pour le calcul est schématisé ci-dessous :



	<b>NOTE TECHNIQUE</b>	CDP/TS/0317/25.0041 Indice <b>A</b>
	<b>Etude de radioprotection des parois des locaux du futur service de RIV du CHU de Besançon</b>	Page 18/18

## 5.4 Résultats

Les calculs ont été réalisés avec le logiciel RayXpert.

Avec une dalle béton de 20cm d'épaisseur au plafond (épaisseur prévue par la maîtrise d'œuvre), le débit de dose obtenu en tout point à 50cm au-dessus du sol dans le patio est inférieur à 10 $\mu$ Sv/h.

En considérant un cas théorique très pénalisant où toute l'activité serait réunie dans une seule cuve de 4000L, le débit de dose obtenu en tout point à 50cm au-dessus du sol dans le patio reste inférieur à 23,5 $\mu$ Sv/h (limite de la zone contrôlée verte).

Une épaisseur de béton de 20cm au-dessus du local des cuves est donc suffisante pour garantir le respect du zonage réglementaire dans le patio.

## 6 CONCLUSION

Les épaisseurs de protection calculées dans cette étude garantissent le respect du zonage radiologique dans les différents locaux dans et autour du service RIV, ainsi que dans le patio.

Les hypothèses retenues sont enveloppes et couvrent l'ensemble des situations d'exploitation prévues par le CHU. Les situations accidentelles n'ont pas été prises en compte.