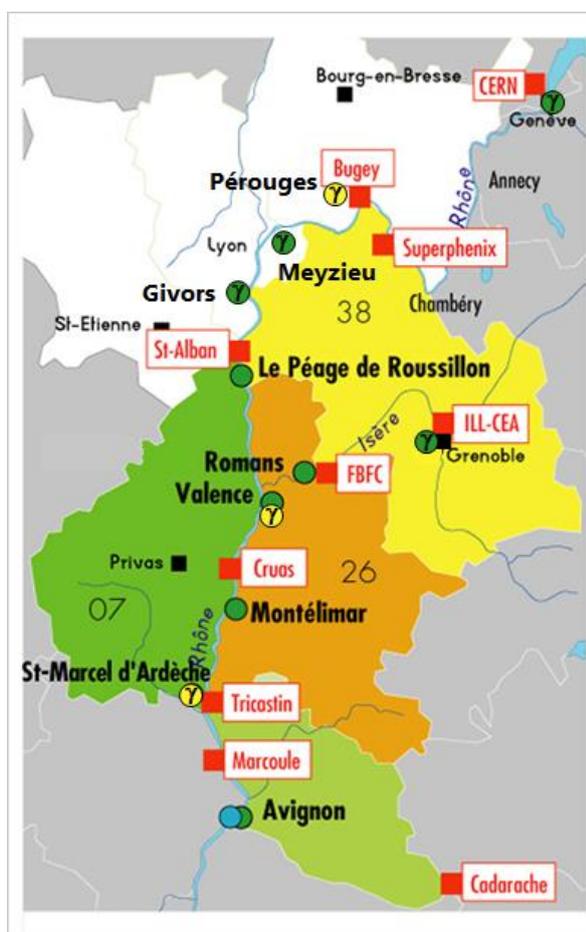


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 24-25

RAPPORT TRIMESTRIEL JUILLET-AOUT-SEPTEMBRE 2024



- Balises d'air en fonctionnement
- Sondes Gamma
- Sondes de spectrométrie Gamma
- Balise d'eau d'Avignon
- Installations nucléaires



Communes du réseau Montilien

Document réalisé par le **laboratoire de la CRIIRAD**
pour les partenaires du **réseau de balises**

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD	3
I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Troisième trimestre 2024	3
II/ A signaler au cours du trimestre	3
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	6
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambient	6
II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique	9
III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône.....	12
RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD	14
I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma	14
II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma.....	14
III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône.....	15
EN SAVOIR PLUS sur les balises	16
FOCUS : EVALUER LES DOSES LIEES A L'IRRADIATION EXTERNE	17
LABORATOIRE CRIIRAD	23

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	18/12/2024	18/12/2024
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Troisième trimestre 2024

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du troisième trimestre 2024.

BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		 99,8%	100%	 99,4%	 99,8%
Iode (Air)			100%	 99,4%	 99,8%
Gamma (Air)	 91%			 99,4%	
Spectrométrie Gamma (Air)					
Gamma (Eau)					

Légende

 90 %	Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*
 90 %	Contamination détectée / Taux de fonctionnement*
	Problème technique ponctuel ou maintenance

BALISE DETECTION	Genève	Grenoble	Meyzieu	Givors	Avignon Air	Avignon Eau
Alpha/Bêta (Air)					100%	
Iode (Air)					100%	
Spectrométrie Gamma (Air)	 99,4%	 92,6%	 99,8%	 99,8%		
Gamma (Eau)						 64,6%

Légende

 90 %	Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*
 90 %	Contamination détectée / Taux de fonctionnement*
	Problème technique ponctuel ou maintenance

* Le taux de fonctionnement trimestriel calculé pour chaque dispositif de mesure correspond au rapport du nombre d'heures de fonctionnement de ce dispositif par le nombre total d'heures écoulées durant le trimestre (si le nombre d'heures de dysfonctionnement ou d'arrêt est inférieur à 2 heures pour la totalité du trimestre, le taux de fonctionnement est pris égal à 100%).

II/ A signaler au cours du trimestre

- **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises** : au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits :

- Valence : 7 arrêts (les 8, 17 et 30 juillet, le 12 août ainsi que les 5, 21 et 28 septembre) ;
- Pérourges : 1 arrêt (le 29 juillet) ;
- Grenoble : 8 arrêts (les 1^{er}, 14, 21 et 27 juillet, le 5 août ainsi que les 8, 10 et 18 septembre) ;

- Genève : 5 arrêts (les 13, 27 et 28 juillet et les 9 et 14 septembre) ;
- Meyzieu : 4 arrêts (le 5 août, les 8, 10 et 18 septembre).
- Givors : 5 arrêts (les 27 et 28 juillet, le 10 août ainsi que les 14 et 28 septembre).

A l'exception des arrêts d'une durée de 6 heures à Genève le 14 septembre entre 6h et 12h TU et d'une durée de 4 heures à Grenoble le 18 septembre entre 12h30 et 16h30 TU, tous les autres arrêts ont été d'une durée inférieure à 2 heures. Aucun n'a nécessité de déplacement de technicien sur site.

- **Absences de communication aux balises :**

- Montélimar : les 2 et 12 juillet (communication rétablie à chaque reprise par le technicien CRIIRAD lors d'une intervention spécifique respectivement les 3 et 12 juillet) ;
- Péage de Roussillon : les 11 et 21 juillet (communication rétablie à chaque reprise par le technicien CRIIRAD lors d'une intervention spécifique respectivement les 12 et 21 juillet) ;
- Pérouges : entre le 17 juillet et le 30 juillet (communication rétablie le 30 juillet par intervention de l'opérateur téléphonique et réinitialisation de la sonde par un technicien des services techniques de la Ville de Pérouges, à la demande de la CRIIRAD). Les données enregistrées entre les 25 et 30 juillet ont pu être récupérées du fait de la mémoire tampon de l'électronique de 5 jours ;
- Grenoble : entre le 22 août 6h30 et le 28 août 13h TU (dispositif arrêté, n'ayant mesuré aucune donnée pendant cette période du fait de travaux sur le réseau électrique).

- **Balise de Valence – Dysfonctionnement du système d'avancement du filtre aérosols :** des ruptures du filtre aérosols ont concerné la balise de Valence à plusieurs reprises durant le trimestre (le 12 juillet, les 4, 8, 16, 19 et 29 août et les 16, 23 et 27 septembre). Ces ruptures ont pu être détectées rapidement lors des scrutations journalières, dans les heures qui ont suivi la rupture : la CRIIRAD a constaté des dépassements de la limite de détection sur les voies alpha et bêta direct ainsi qu'une baisse du débit de la pompe à aérosols de la balise de Valence, laissant suggérer un dysfonctionnement. Un technicien du laboratoire CRIIRAD s'est rendu systématiquement sur site pour observation et a confirmé dans chaque cas une rupture du filtre. Le technicien a remis en place le filtre lors de chacune de ses interventions et vérifié le bon fonctionnement du système d'avancement du filtre. Plusieurs actions ont été effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD afin de prévenir ces ruptures intempestives : remplacement du rouleau de filtre, démontage et dépoussièrisme du système d'avancement. D'autres ruptures de filtre ont encore été observées de manière aléatoire au mois d'octobre, sans que le dysfonctionnement n'ait pu être réglé. Le constructeur contacté pour cette anomalie n'a pas encore pu apporter de solution pérenne.

- **Balise aquatique d'Avignon – Remise en service de la pompe de prélèvement de l'eau du Rhône :** la pompe de la balise avait été amenée le 31 mai par le laboratoire de la CRIIRAD en atelier à un prestataire pour expertise et réparation (voir bulletin trimestriel précédent). Après réparation, la pompe a de nouveau été installée sur site et remise en fonctionnement par le laboratoire de la CRIIRAD le 2 août. Aucune valeur n'a été mesurée entre le 1^{er} juillet et le 2 août, période d'arrêt de la balise.

- **Fonctionnement de la balise de Péage-de-Roussillon :** le Département de l'Isère a décidé en 2018 de ne plus contribuer au financement du réseau de balises, ce qui a entraîné une diminution du budget de fonctionnement de la balise de Péage de Roussillon. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger le dispositif de surveillance de la balise à partir de début 2019. L'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse

a été arrêtée¹ pour les 2 balises et les analyses mensuelles en différé du filtre à aérosols au laboratoire de la CRIIRAD l'ont été également au cours du premier trimestre. Les filtres sont tout de même conservés au laboratoire de la CRIIRAD et pourraient être analysés ultérieurement si nécessaire². La contribution de la communauté de communes Entre Bièvre et Rhône ainsi que le recours aux fonds propres de la CRIIRAD permettent de poursuivre la surveillance en continu de la radioactivité des aérosols (unité de détection alpha/bêta (air)) pour la balise. Le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu les **12 et 21 juillet** pour réinitialiser l'électronique de communication suite à des épisodes orageux.

- **Fonctionnement de la balise de Saint-Marcel d'Ardèche** : suite au désengagement du Département de l'Ardèche en 2018, la CRIIRAD a adapté la surveillance de la balise sur le modèle de la balise du Péage-de-Roussillon présenté dans le paragraphe précédent. Fin 2022, la communauté de communes DRAGA Du Rhône Aux Gorges de l'Ardèche, qui participait également au financement du fonctionnement, a décidé de se désengager du partenariat qu'elle avait mis en place avec la CRIIRAD depuis 2013. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger davantage le dispositif de surveillance à partir de 2023. Après avoir arrêté en 2019 l'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse, le laboratoire de la CRIIRAD a mis à l'arrêt le 2 janvier 2023 l'unité de détection de la radioactivité dans les aérosols, ne laissant fonctionner que la sonde de mesure en continu du niveau du rayonnement gamma ambiant³. Suite à un épisode orageux en début d'été 2023, l'alimentation de l'électronique de la balise (en particulier de la sonde) est hors service. Compte tenu du coût de la pièce à remplacer et du financement du dispositif sur les seuls fonds propres de la CRIIRAD, la sonde est actuellement à l'arrêt, dans l'attente de la mise en place d'un financement pérenne pour son fonctionnement.

¹ L'arrêt de cette surveillance permet des économies importantes car il n'est plus nécessaire d'intervenir chaque semaine pour remplacer la cartouche à charbon actif. Mais en conséquence, la CRIIRAD ne sera plus en capacité de déterminer l'activité volumique de l'iode 131 gazeux. La fonction d'alerte reste activée en cas d'augmentation de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

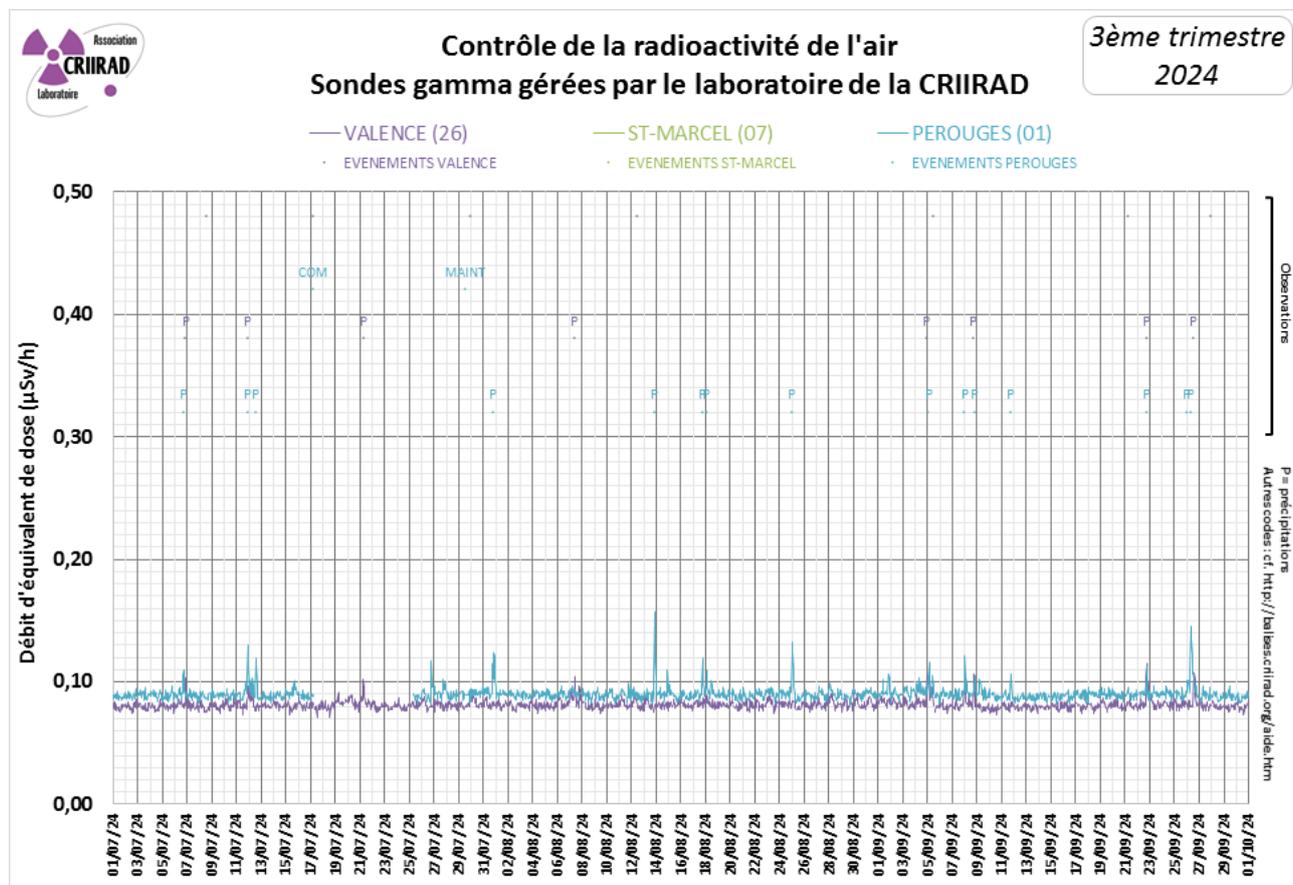
² Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

³ L'arrêt de cette surveillance permet des économies substantielles car il n'est plus nécessaire d'intervenir à la balise pour le remplacement de la cartouche à charbon actif et du filtre aérosols. Une intervention annuelle (hors dysfonctionnement ponctuel) est a priori suffisante pour vérifier le bon fonctionnement de la sonde gamma avec le technicien prestataire. La fonction d'alerte reste activée en cas d'augmentation du taux de radiation gamma ambiant par rapport au fonctionnement antérieur.

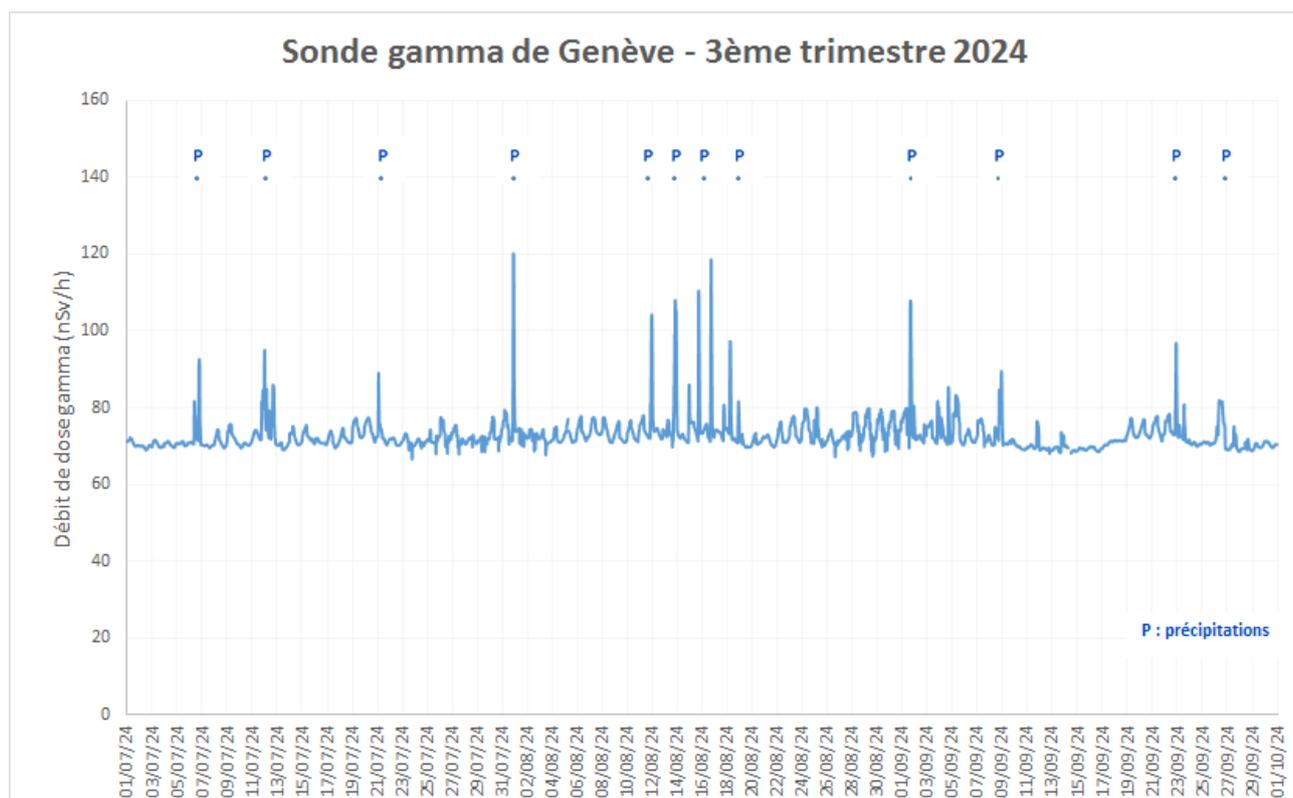
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

Les codes employés dans les graphiques ci-après sont explicités en annexe.

I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambient

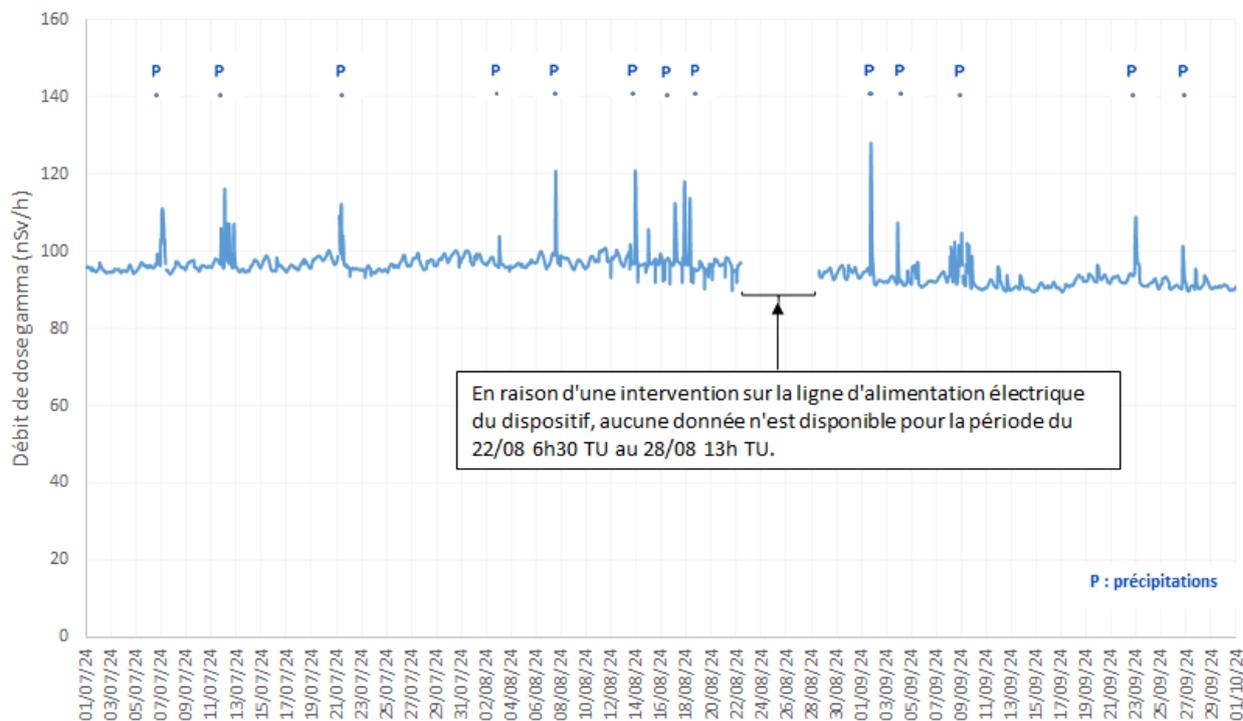


Débit de dose gamma ambient à Genève



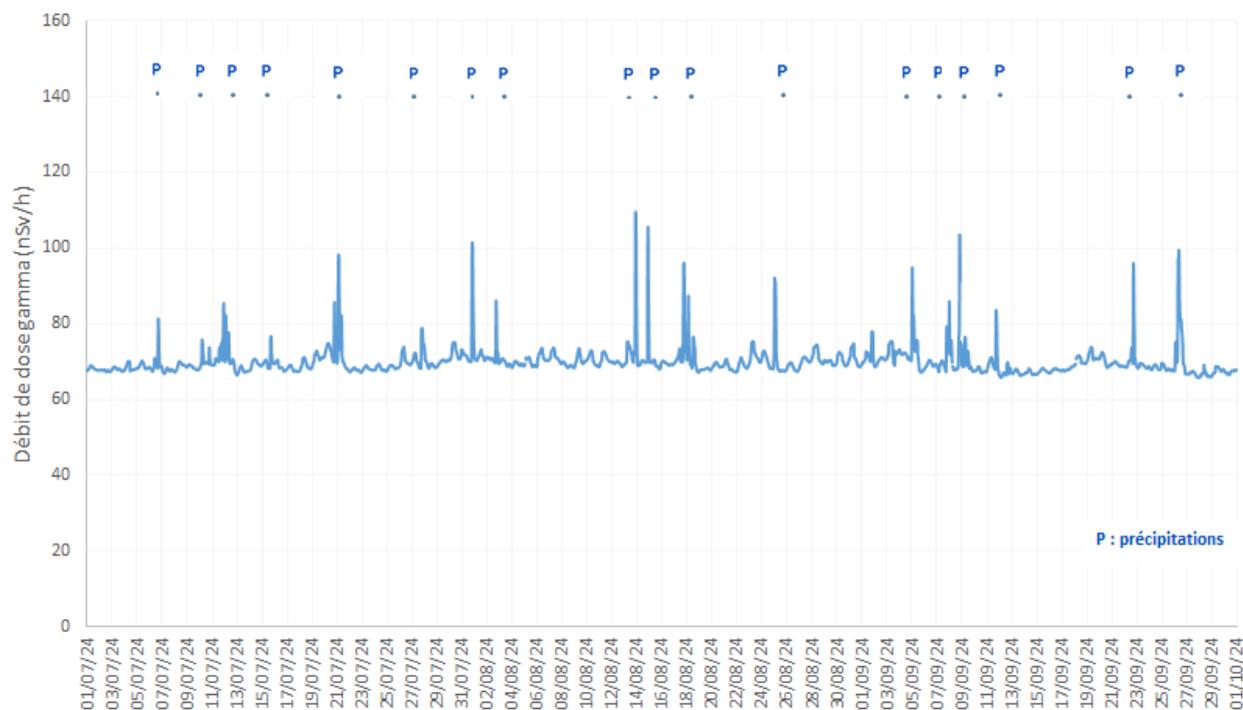
Débit de dose gamma ambiant à Grenoble

Sonde gamma de Grenoble - 3ème trimestre 2024

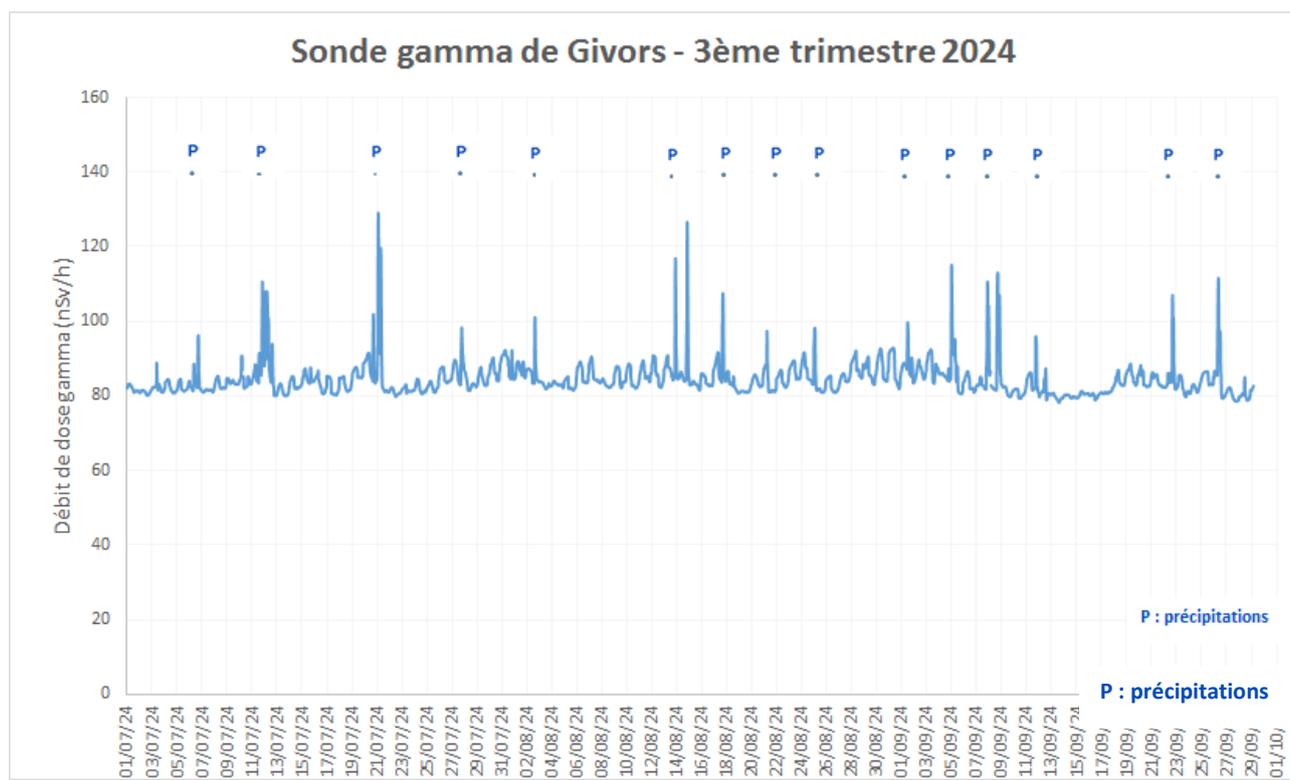


Débit de dose gamma ambiant à Meyzieu

Sonde gamma de Meyzieu - 3ème trimestre 2024



Débit de dose gamma ambient à Givors



Commentaires

Les débits de dose instantanés sont restés dans une gamme de variation normale pour les 5 sondes de mesure. Sur les secteurs de **Valence, Pérouges, Genève, Grenoble et Meyzieu**, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,07 à 0,10 $\mu\text{Sv/h}$** (ou de **70 à 100 nSv/h**).

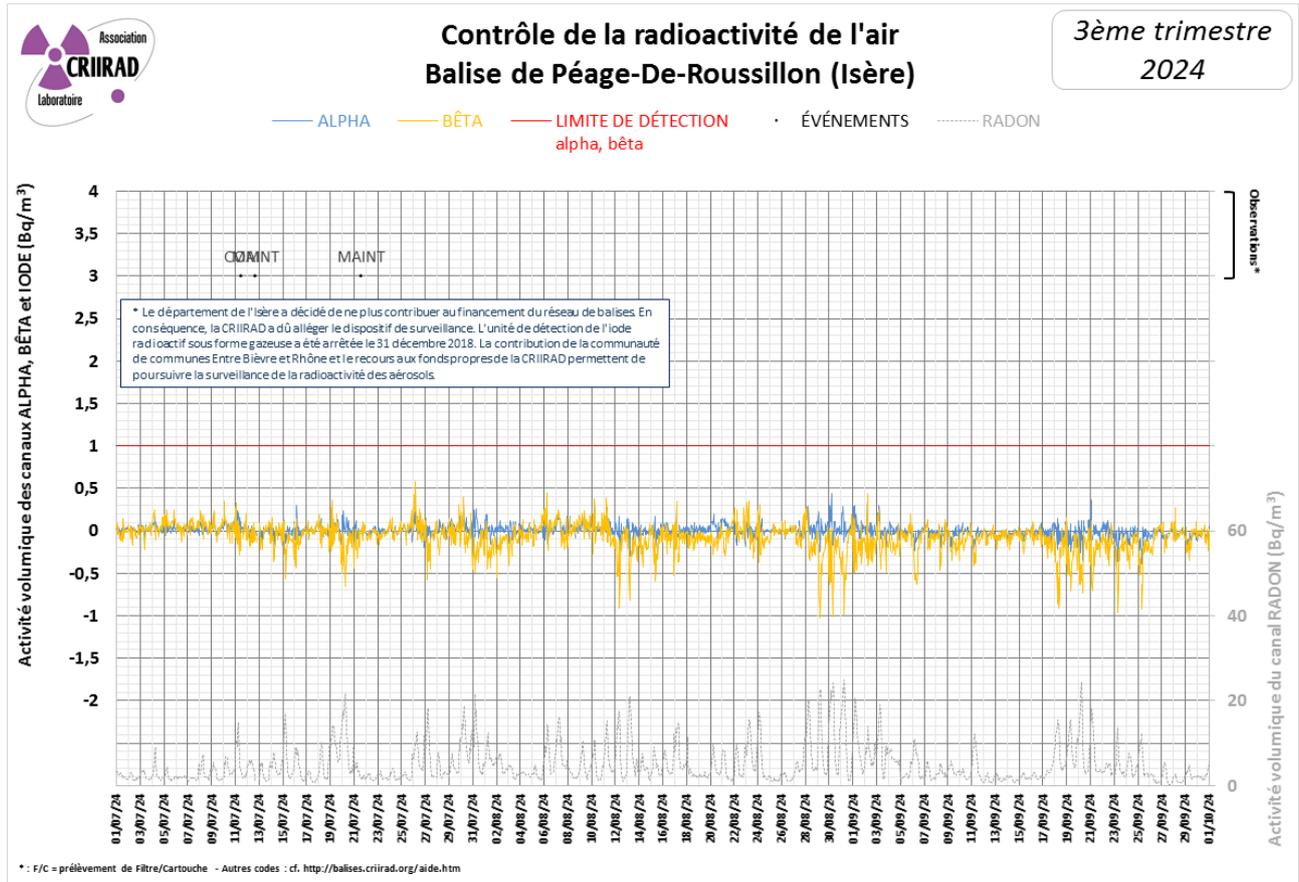
Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 6 juillet, le 21 juillet (notamment 0,129 $\mu\text{Sv/h}$ ou 129 nSv/h à Givors), le 31 juillet (notamment 0,120 $\mu\text{Sv/h}$ ou 120 nSv/h à Genève), le 13 août (notamment 0,109 $\mu\text{Sv/h}$ ou 109 nSv/h à Meyzieu et 0,160 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges), le 1^{er} septembre (notamment 0,128 $\mu\text{Sv/h}$ ou 128 nSv/h à Grenoble), le 4 septembre (notamment 0,110 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence) ainsi que les 9, 23 et 26 septembre. Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma⁴ du radon 222 naturellement présents dans l'air sont lessivés et rabattus au sol, ce qui entraîne une augmentation de courte durée du débit de dose.

A signaler l'absence de données à Pérouges entre le 17 et le 25 juillet et à Grenoble entre le 22 et le 28 août (cf. page 4).

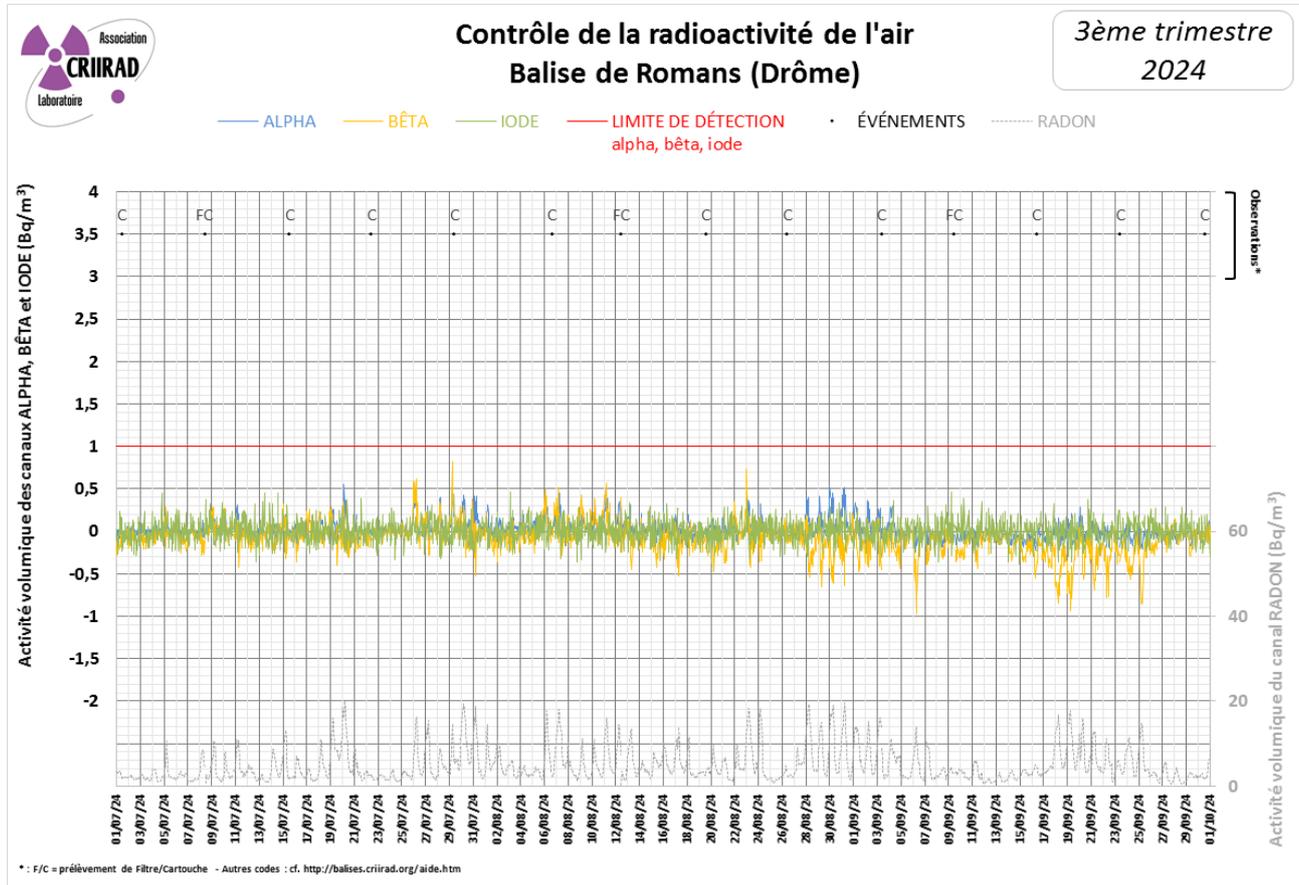
⁴ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

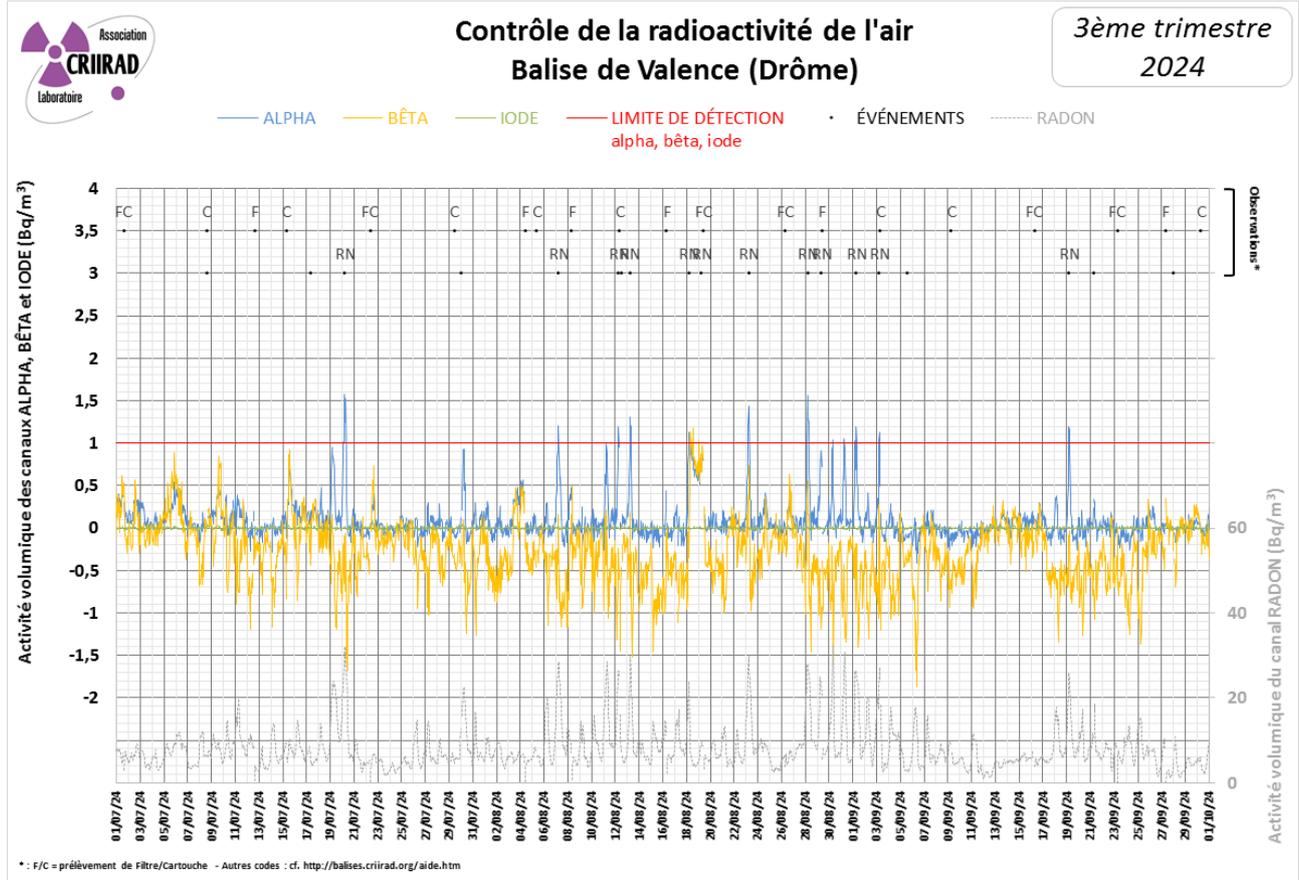
A/ Balise de Péage de Roussillon



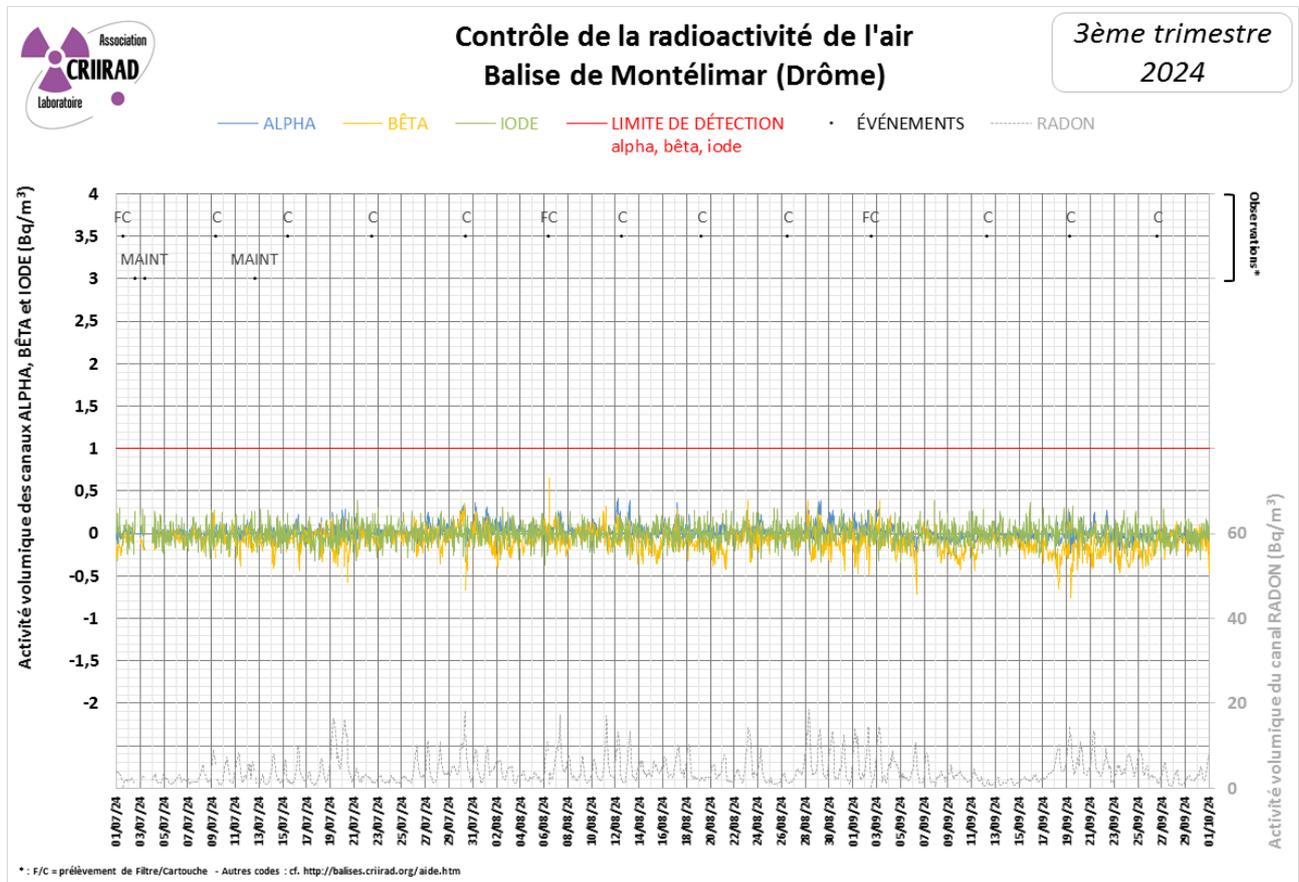
B/ Balise de Romans-sur-Isère

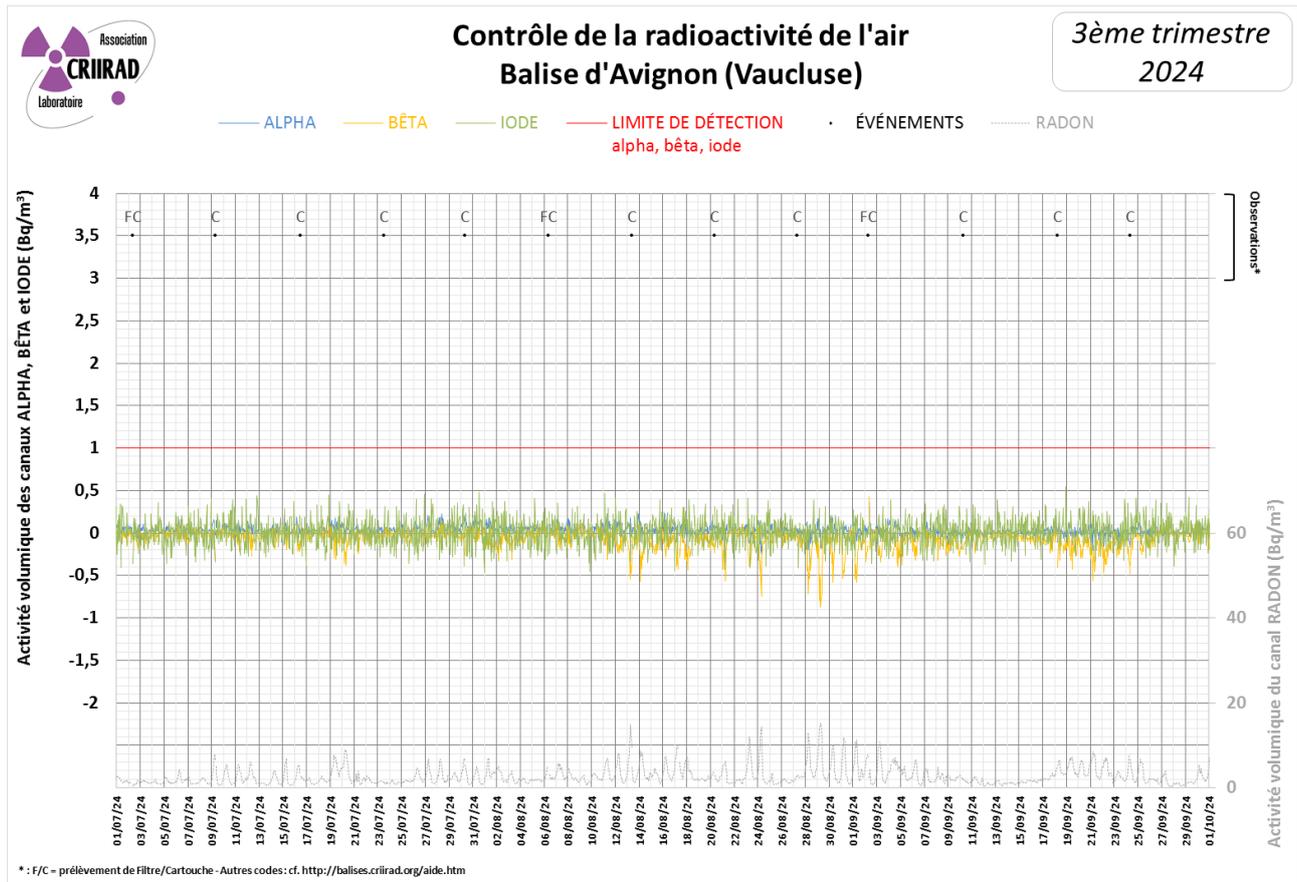


C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar





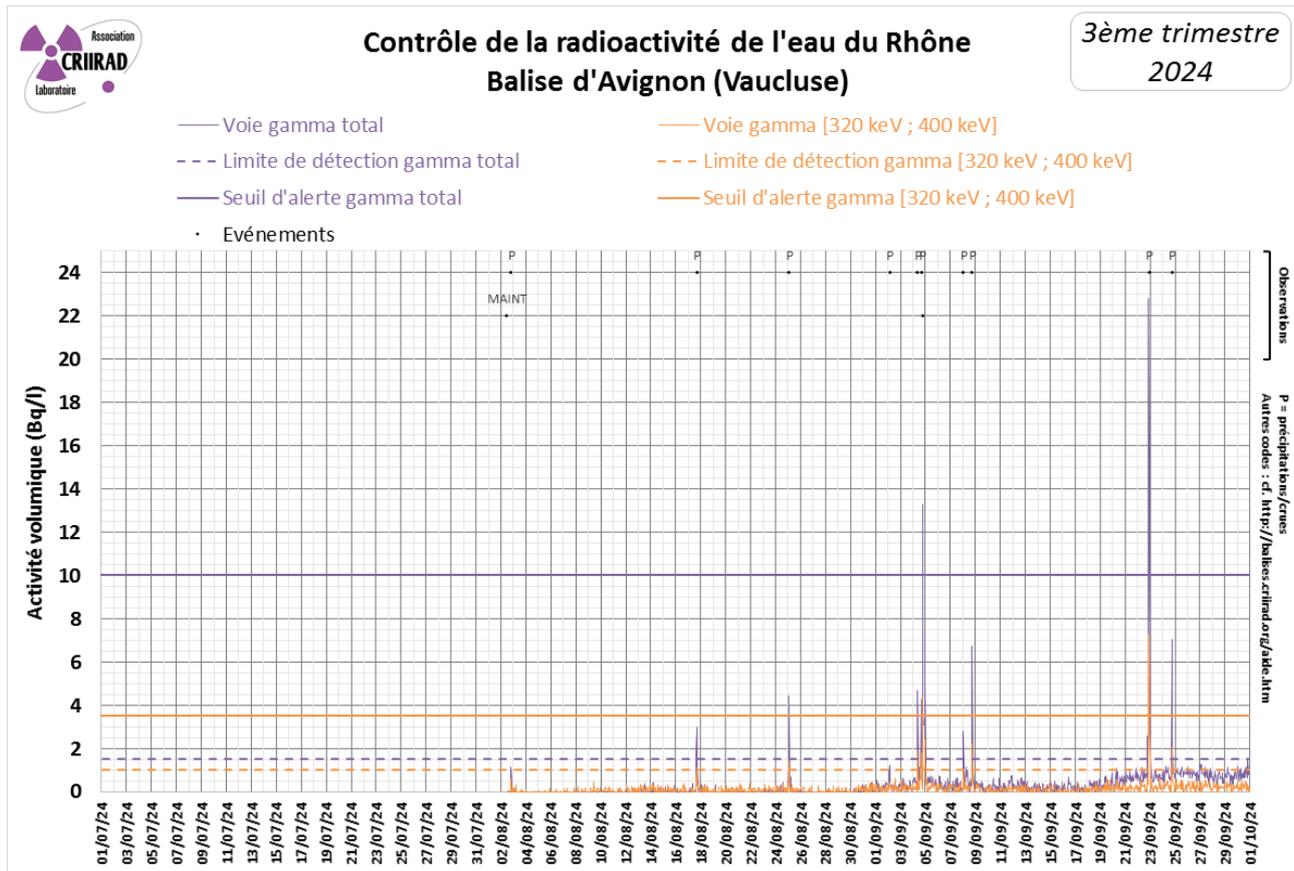
Commentaires

Aucune anomalie radiologique n'a été enregistrée par les balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique.

A noter que la limite de détection (1 Bq/m^3) a été dépassée à plusieurs reprises (voir graphiques en page 10) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct de la balise atmosphérique de **Valence** (le 20 juillet, les 7, 12, 13, 18, 23 et 28 août, période entre le 30 août et le 3 septembre, le 19 septembre). Le laboratoire de la CRIIRAD a pu vérifier que ces dépassements n'étaient pas liés à une contamination, mais à des pics d'activité volumique en radon⁵ (par exemple, une activité volumique maximale en radon de 32 Bq/m^3 a été mesurée le 20 juillet).

⁵ Il faut savoir que les voies alpha, bêta direct et radon sont mesurées par un seul détecteur. Un paramétrage fin permet de discriminer les impulsions mesurées par ce détecteur et de les imputer aux différentes voies : alpha artificiel, bêta artificiel direct, radon (naturel). Ce paramétrage est réglé de manière optimale pour de faibles concentrations en radon (généralement les concentrations mesurées sont inférieures à 10 Bq/m^3). Mais lors des pics de radon, il peut arriver que la discrimination ne s'effectue plus de manière correcte. La CRIIRAD intervient régulièrement pour optimiser le réglage mais il est difficile d'anticiper les conditions météorologiques à l'origine des fluctuations des concentrations en radon.

III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône



Commentaires

La pompe, envoyée en réparation chez le prestataire, a été remise en fonctionnement le 2 août par le laboratoire de la CRIIRAD (voir page 4).

Le graphique présente l'activité volumique (Bq/l), de l'eau du Rhône passant dans la cuve de la balise : pour la voie « gamma total » (de 100 à 2 000 keV) et la région « 320-400 keV » centrée autour de l'énergie gamma de l'iode 131 (364,5 keV). Cette région inclut également l'énergie gamma du plomb 214 (352 keV) descendant du radon 222 naturel, d'où les interférences possibles.

Des dépassements de la limite de détection (1,5 Bq/l) ont été observés de façon ponctuelle sur la voie gamma total, les 17 et 25 août ainsi que les 4, 8, 22 et 24 septembre (activité maximale : 23 Bq/l le 22 septembre). Des dépassements de la limite de détection (1 Bq/l) ont également été observés de façon ponctuelle sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] les 17 et 25 août ainsi que les 4, 22 et 24 septembre (activité maximale : 7,5 Bq/l mesurée le 22 septembre). Les seuils d'alerte (10 Bq/l sur la voie gamma total et 3,5 Bq/l sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV]) ont été franchis à deux reprises les 4 et 22 septembre, alertant le personnel d'astreinte. Les activités maximales sur la voie gamma total (23 Bq/l) et sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (7,5 Bq/l) ont été mesurées le 22 septembre.

La présence accrue de radionucléides naturels lors des épisodes pluvieux ou crues du Rhône engendre des augmentations de la charge en émetteurs gamma.

Cela a été le cas pour les épisodes de dépassements, y compris pour les 2 dépassements du seuil d'alerte. Le débit et la charge du Rhône ont très fortement augmenté lors de ces différents épisodes orageux.

Note : Les ratios des activités volumiques « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » lors des épisodes des 4 et 22 septembre ont été respectivement de 3,0 et 3,1, dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux. L'expérience montre en effet que le ratio « gamma total / gamma [320 keV ; 400 keV] » est compris entre 3 et 4,5 lors d'un épisode orageux (dépassement ponctuel), et entre 4,5 et 6,3 lors d'un épisode de type crue (dépassement progressif). Ceci est lié à la désintégration des descendants émetteurs gamma du radon.

RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD

I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma

Media filtrant	Station	Air échantillonné		Date de prélèvement	Date d'analyse	Césium 137 (microBq/m ³)	Césium 134 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au					
Filtre à aérosols (piégeage des poussières atmosphériques)	Romans	10/06/24 10:45	08/07/24 10:07	08/07/2024	09/07/24	< 16,0	< 15,0	< LD
	Romans	08/07/24 10:30	12/08/24 10:23	12/08/2024	20/08/24	< 8,0	< 12,0	< LD
	Romans	12/08/24 10:34	09/09/24 10:50	09/09/2024	10/09/24	< 10,0	< 15,0	< LD
	Valence	24/06/24 09:12	22/07/24 08:28	22/07/2024	22/07/24	< 12,0	< 19,0	< LD
	Valence	22/07/24 08:45	26/08/24 07:06	26/08/2024	26/08/24	< 8,0	< 13,0	< LD
	Valence	26/08/24 07:14	23/09/24 06:40	23/09/2024	23/09/24	< 11,0	< 17,0	< LD
	Montélimar	03/06/24 12:13	01/07/24 13:03	01/07/2024	02/07/24	< 10,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	01/07/24 13:43	06/08/24 09:17	06/08/2024	08/08/24	< 7,0	< 10,0	< LD
	Montélimar	06/08/24 09:24	02/09/24 12:15	02/09/2024	02/09/24	< 10,0	< 14,0	< LD
	Avignon	04/06/24 12:39	02/07/24 08:24	02/07/2024	10/07/24	< 9,0	< 15,0	< LD
	Avignon	02/07/24 08:31	06/08/24 08:47	06/08/2024	13/08/24	< 7,0	< 11,0	< LD
Avignon	06/08/24 09:02	02/09/24 08:03	02/09/2024	03/09/24	< 11,0	< 14,0	< LD	

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure.

(*) Parmi les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma relevés (liste non exhaustive) figurent notamment le manganèse 54, le cobalt 60, le ruthénium-rhodium 106, l'iode 129, l'iode 131, l'américium 241,... les limites de détection typiques sont de l'ordre de 3 à 65 microbecquerels par mètre cube d'air.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses de filtres aérosols.

II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma

Media filtrant	Station	Air échantillonné		Date de prélèvement	Date d'analyse	Iode 131 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au				
Cartouche de charbon actif (piégeage spécifique de la forme gazeuse de l'iode 131)	Romans	01/07/24 10:34	08/07/24 10:07	08/07/2024	10/07/24	< 140	< LD
	Romans	06/08/24 14:26	12/08/24 10:23	12/08/2024	14/08/24	< 150	< LD
	Romans	03/09/24 08:44	09/09/24 10:50	09/09/2024	11/09/24	< 150	< LD
	Valence	15/07/24 07:18	22/07/24 08:28	22/07/2024	22/07/24	< 120	< LD
	Valence	19/08/24 10:07	26/08/24 07:06	26/08/2024	26/08/24	< 110	< LD
	Valence	16/09/24 07:12	23/09/24 06:40	23/09/2024	23/09/24	< 100	< LD
	Montélimar	24/06/24 12:56	01/07/24 13:03	01/07/2024	02/07/24	< 130	< LD
	Montélimar	30/07/24 09:41	06/08/24 09:17	06/08/2024	08/08/24	< 140	< LD
	Montélimar	26/08/24 12:08	02/09/24 12:15	02/09/2024	03/09/24	< 120	< LD
	Avignon	27/08/24 07:13	02/09/24 08:03	02/09/2024	04/09/24	< 170	< LD

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure. Il convient de préciser que ces résultats représentent une activité moyenne calculée en supposant une contamination homogène sur la période d'exposition de la cartouche (généralement 6 ou 7 jours). En cas de contamination ponctuelle au cours de la période, il peut être nécessaire d'appliquer des facteurs correctifs.

(*) Parmi les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma relevés (liste non exhaustive) figurent notamment le manganèse 54, le cobalt 60, le ruthénium 106, l'iode 129, le césium 134, le césium 137, l'américium 241,... les limites de détection typiques sont de l'ordre de 70 à 800 microbecquerels par mètre cube d'air.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses de cartouches.

III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône

Les contrôles effectués en continu par la balise ont pour objet de lancer une alerte en cas de forte élévation de la radioactivité des eaux du Rhône pouvant résulter d'un accident grave. Mais ils ne permettent pas de déceler la présence de radionucléides imputables aux rejets autorisés des installations nucléaires en fonctionnement normal. Il faut pour cela procéder à des analyses beaucoup plus fines en laboratoire. Le budget disponible permet de réaliser deux contrôles ponctuels par trimestre : recherche des radionucléides émetteurs gamma et du tritium.

En situation courante, un échantillon d'eau du Rhône est prélevé une fois par trimestre par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon en amont du Pont Saint-Bénézet sur l'ancien site de la capitainerie à Avignon et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de détection de contamination par la balise, grâce au service d'astreinte permanent du service hygiène santé de la mairie d'Avignon et du laboratoire CRIIRAD. Un échantillon d'eau du Rhône a été prélevé à proximité du Pont Saint-Bénézet par un technicien de la Ville le 02/09/2024.

A/ Résultat de l'analyse par spectrométrie gamma

Eau du Rhône	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)
3è trimestre	02/09/24 12:00	09/09/24	32 698	< 0,15	< 0,07	< 4,5

Légende ± : indique la marge d'incertitude associée à la mesure.

< : signifie que le radionucléide n'a pas été détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité que s'il était présent son activité ne dépasserait pas la limite de détection.

Les résultats sont exprimés en becquerels par litre à la date de mesure.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés et de celle du potassium 40, radionucléide d'origine naturelle, est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses d'eau brute.

B/ Recherche du tritium

Trimestre	Date de prélèvement	Période de comptage		Activité en tritium Bq/l
		Début	Fin	
3è trimestre	02/09/2024 12:00	16/10/2024	24/10/2024	9,4 ± 1,6

Le tritium étant un radionucléide émetteur bêta pur, il est recherché au moyen d'un comptage par scintillation liquide sur eau brute (sans distillation). A noter que cet échantillon a nécessité une filtration sur filtre 8 µm en raison de sa forte charge en sédiments lors de son prélèvement.

Commentaires :

Du tritium est détecté avec une activité de **9,4 Bq/l**.

L'activité mesurée est inférieure à la valeur paramétrique de 100 Bq/l fixée par le code de la santé publique comme référence de qualité pour les eaux potables mais elle est nettement supérieure au bruit de fond naturel.

Ce résultat indique un impact anthropique très probablement lié aux rejets des installations nucléaires situées le long de la Vallée du Rhône en amont d'Avignon.

Le tritium (isotope radioactif de l'hydrogène) représente en effet plus de 99,9 % des rejets radioactifs liquides effectués par les centrales électronucléaires. Les rejets annuels de tritium sont de plusieurs dizaines de TBq par centrale (1 TBq = mille milliards de Bq).

L'étude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD en 2007 a montré une contamination chronique des végétaux aquatiques du Rhône par le tritium organiquement lié. Voir <http://www.criirad.org/radioactivite-milieu-aquatique/eaux-de-surface/sommaire.html>.

Le tritium présent dans l'eau est transféré en partie à la faune et à la flore aquatique ainsi qu'au milieu terrestre, à la chaîne alimentaire (irrigation, boisson) et in fine à l'homme. Les rejets des installations nucléaires de la vallée du Rhône induisent ainsi une contamination chronique de l'environnement.

L'évaluation des conséquences biologiques de cette contamination fait l'objet de vives controverses dans la communauté scientifique.

EN SAVOIR PLUS SUR LES BALISES

Fonctionnement d'une balise atmosphérique, Fonctionnement d'une balise aquatique, consulter notre site internet à l'adresse : <http://balises.criirad.org/aide.htm>.

FOCUS : EVALUER LES DOSES LIEES A L'IRRADIATION EXTERNE

*Rédaction : Bruno CHAREYRON, CRIIRAD. Le contenu ci-dessous est extrait d'un document réalisé pour la Ville de Genève et destiné à tout public.

Résidence dans une zone contaminée suite à des retombées radioactives : comment effectuer une évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe et en effectuer un suivi?

Objectifs et limites de l'évaluation

Après le passage de masses d'air contaminé suite à une catastrophe nucléaire, et à l'issue des retombées⁶, des substances radioactives sont présentes sur les sols et surfaces. En se désintégrant, ces substances émettent des radiations pénétrantes qui entraînent une irradiation (exposition) externe des personnes qui vivent sur des terrains contaminés.

La présente fiche donne des éléments permettant à chacun d'effectuer l'évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe et leur suivi au moyen de dosimètres.

Attention :

- Certains des éléments présentés ne sont valables que pour des retombées suite à une catastrophe sur un **réacteur nucléaire** ;
- L'évaluation prospective des doses ne s'applique pas à la phase de retombées, ni à la période de quelques semaines, voire quelques mois, où sont encore présents les radionucléides à période courte⁷. Elle s'applique uniquement à une période qui commence environ **3 mois après les retombées**, lorsque l'essentiel de l'irradiation externe provient du **césium 134 et du césium 137**.

Si l'on calcule une dose journalière sur la base de mesures effectuées à une période plus précoce (durant laquelle la contribution des radionucléides à période courte reste significative) et que l'on applique cette valeur à chaque jour suivant (sans tenir compte de la décroissance radioactive), on peut en effet surestimer très fortement la dose annuelle réelle.

La présente fiche s'adresse en particulier aux personnes concernées par le cas d'un terrain contaminé par des retombées radioactives, mais à un niveau inférieur à celui à partir duquel les autorités exigent le relogement. Ces personnes sont « invitées » par les autorités à venir se réinstaller sur leur propriété. Elles souhaitent se faire une idée des risques liés à l'irradiation externe, soit en

utilisant les cartes officielles de retombées soit en réalisant leurs propres mesures.

NB : il existe un certain nombre de situations où, au niveau d'un terrain bâti ou non bâti, existent des zones d'accumulation des substances radioactives qui conduisent à des risques d'exposition aux radiations accrues.

Intérêt d'une évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe

Lorsque l'on vit sur un terrain contaminé, plusieurs mois après les retombées liées à une catastrophe sur un réacteur nucléaire, la dose cumulée liée à l'irradiation externe est en général nettement supérieure à la dose liée à la contamination interne par ingestion ou par inhalation.

Si les citoyens ont les moyens financiers pour acheter des aliments sains et à des prix abordables, ou réaliser des contrôles sur les aliments afin de mettre de côté les plus contaminés, ils peuvent en effet diminuer la dose liée à l'ingestion.

En revanche, vivre dans les territoires contaminés, c'est être soumis en permanence aux radiations émises par les substances radioactives invisibles qui se sont déposées sur toutes les surfaces exposées à l'air contaminé : toitures, sol, végétation. Ces phénomènes sont illustrés dans le film « Invisibles Retombées⁸ » produit par la CRIIRAD.

Pour prendre une décision éclairée (si tant est que l'on ait le choix) sur la question de rester sur un territoire contaminé, il est donc utile de faire une estimation prospective des doses que l'on va cumuler. Dans la suite de ce chapitre le terme dose se rapportera systématiquement à la dose liée à **l'irradiation externe**.

Utilisation des mesures du niveau de retombées en Bq/m²

S'il n'est pas possible de réaliser directement des mesures précises sur un terrain, on peut effectuer une estimation des **débits de dose moyens ambiants**, à partir des données globales sur les niveaux de

⁶Le point focus du bulletin BT_CRIIRAD_2023_T2 présente les mécanismes de retombées.

⁷Le point focus du bulletin BT_CRIIRAD_2024_T2 apporte des éléments complémentaires sur les mécanismes d'évolution du niveau de radioactivité au cours du temps.

⁸https://www.youtube.com/watch?v=UaH5heMIC_k

retombées. Dans ce cas, voir le point focus du bulletin BT_CRIIRAD_2023_T3 qui explique :

- Comment convertir les niveaux de retombées de césium 134 et 137 (**Bq/m²**) en débit de dose ($\mu\text{Sv/h}$) ;
- Comment corriger les valeurs pour tenir compte de la **désintégration** des éléments radioactifs au cours du temps ;
- Et qui donne quelques exemples de différences de niveau de radiation entre l'**extérieur** et l'**intérieur** d'un bâtiment.

Utilisation des mesures de débit de dose ambiant

Lorsqu'on en a la possibilité, il est pertinent d'effectuer des mesures de **débit de dose ambiant**, pour estimer soi-même la dose que l'on va subir dans le futur. Même si l'on ne dispose pas d'un radiamètre, il est utile de maîtriser un certain nombre de notions, pour au moins vérifier les ordres de grandeur des calculs effectués par les autorités.

Pour calculer la **dose cumulée**, il faut d'abord clarifier **sur quelle durée on souhaite l'évaluer**.

Puis, sur cette période de temps, il faut construire un scénario d'exposition, c'est-à-dire identifier les différentes catégories de lieux où l'on va passer du temps.

Pour chaque lieu, on multipliera le **débit de dose horaire** par le **nombre d'heures passées**.

Exemple de calcul d'une dose journalière

Une journée fait 24 heures. Il s'agit donc de découper la journée en tranches de temps en fonction des lieux où l'on se trouve.

Un exemple⁹ est donné dans le tableau 1 ci-dessous. Bien entendu, pour un même terrain et une même habitation, chaque membre de la famille n'aura pas les mêmes occupations dans une journée type.

Lieu	dd = Débit de dose mesuré ($\mu\text{Sv/h}$)	t= Temps passé par jour (heures)	D=Dose cumulée sur la journée ($\mu\text{Sv/jour}$) = dd*t
Extérieur, pelouse	2	2	4,0
Extérieur, jardin	1,6	1	1,6
Extérieur, lisière forêt	3	1	3,0
Extérieur, véranda (proche rivière)	2,6	2	5,2
Intérieur, rez de chaussée, proche fenêtres	0,84	4	3,4
Intérieur, rez de chaussée, centre pièce	0,38	4	1,5
Intérieur, 1 ^{er} étage chambre, proche fenêtre	0,64	2	1,3
Intérieur, 1 ^{er} étage chambre, centre pièce	0,3	8	2,4
Total		24	22,4

Tableau 1 : exemple d'évaluation de dose journalière

L'exemple ci-dessus concerne le cas d'une personne qui reste sur « son terrain » dans la journée.

Passer de la dose journalière à la dose annuelle : effet de la décroissance

Si cette personne a un mode de vie relativement sédentaire, une estimation grossière de la dose annuelle peut être effectuée en multipliant simplement la dose journalière typique (ici 22,4 μSv -microSieverts), par le nombre de jours soit 365,25. Dans l'exemple ci-dessus, la dose cumulée sur douze mois peut être estimée à 8 167 microSieverts (8,1 milliSieverts).

En réalité, ce type d'estimation ne tient pas compte de la **décroissance de l'activité du césium 134** sur une année. Ce point est détaillé dans le point focus du bulletin BT_CRIIRAD_2023_T3. Un calcul y est fait, dans le cas particulier des retombées de Fukushima. La dose évaluée sur 12 mois, en prenant les débits de dose mesurés le 1 septembre 2011 sans tenir compte de la désintégration progressive du césium 134 et du césium 137 n'est **surestimée que d'environ 10 %** par rapport à un calcul plus précis qui tient compte de la décroissance. Autrement dit, à l'échelle d'une année, il n'est pas indispensable de tenir compte de la décroissance physique des substances radioactives pour faire une évaluation de la dose cumulée (attention ceci n'est vrai qu'à partir du moment où les radionucléides à période très courte se sont déjà désintégrés, voir point focus du bulletin BT_CRIIRAD_2024_T2).

Passer de la dose journalière à la dose annuelle : tenir compte du mode de vie

Il est important en revanche de tenir compte du fait que l'on ne passe pas tout son temps au même endroit.

Si une personne passe un temps significatif à l'extérieur de son lieu de vie principal, il faut tenir compte, pour le calcul de la dose journalière, des débits de dose

⁹Basé sur des mesures effectuées par la CRIIRAD dans la préfecture de Fukushima en 2011.

horaires et des temps passés ailleurs : **sur le lieu de travail, à l'école**, etc. Mais le principe de calcul est le même.

Pour les lieux de travail, école et autres cas, il est indispensable d'obtenir des autorités des évaluations précises des niveaux de contamination. S'il n'est pas possible d'y réaliser ses propres mesures de débit de dose, on peut néanmoins faire des estimations à partir de cartes donnant les retombées globales en Bq/m² à l'échelle communale (voir *point focus BT_CRIIRAD_2023_T3*).

La dose annuelle sera ensuite calculée en ajoutant les doses journalières. Elles peuvent être utilisées pour calculer des doses hebdomadaires, par exemple :

- Une dose hebdomadaire typique D1 correspondant à une séquence de 5 jours ouvrables plus 2 jours de week-end ou 5 jours d'école plus deux jours de week-end ;
- Puis une dose hebdomadaire typique D2 correspondant à une période de vacances.

Si la situation 1 est représentative de 47 semaines dans l'année et la situation 2 de 5 semaines, la dose annuelle estimée sera égale à 47 fois D1 plus 5 fois D2.

Suivi des doses liées à l'irradiation externe

Si on reste sur un territoire contaminé, il est utile de suivre l'évolution des doses et leur cumul au cours du temps. Plusieurs méthodes sont disponibles.

Mesures de débit de dose ambiant

Le suivi peut être effectué en renouvelant par exemple régulièrement les opérations de cartographie des niveaux de débit de dose ambiant, afin d'actualiser le calcul de dose décrit ci-dessus.

Cela permet de tenir compte des éventuelles variations du niveau de radiation dans le temps et dans l'espace.

L'intérêt est de pouvoir mettre en évidence des évolutions positives (baisse des niveaux de radiation, suite, par exemple, à des actions de décontamination) ou, au contraire, de prendre conscience d'une détérioration de la situation, nécessitant une action simple pour réduire les risques.

Par exemple, on découvre que le niveau de radiation dans un angle du terrain a augmenté. C'est lié au fait que des sacs de terre contaminée ont été déposés en limite de propriété. On peut demander alors au voisin de les entreposer à plus grande distance (en théorie un éloignement de 2 mètres pourrait diviser le taux de radiation par 4), etc.

Utilisation de dosimètres intégrateurs

¹⁰Il s'agit ici de l'exposition externe totale qui est la somme de l'exposition naturelle dont le niveau n'a pas été modifié par la

Une autre manière de suivre le cumul des doses est d'utiliser des dosimètres intégrateurs. Ce sont des appareils qui enregistrent en permanence la dose à l'endroit où ils se trouvent et fournissent une valeur de **dose cumulée** sur un temps donné. Elle est le plus souvent exprimée en microSieverts ou en milliSieverts.

On distingue les dosimètres passifs et les dosimètres électroniques.

Les dosimètres passifs

Les dosimètres passifs doivent être envoyés à un laboratoire spécialisé pour être **développés** à l'issue de la période d'exposition. Ils sont le plus souvent portés pendant un mois ou un trimestre, mais la période de port peut être de quelques jours ou atteindre une année.



Exemple de dosimètre passif avec système d'attache

Le seuil d'enregistrement typique des dosimètres passifs de type RPL (radiophotoluminescent) utilisés par exemple, en France, par l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) est de **50 microSieverts** (0,05 milliSieverts).

Cela signifie que si ce type de dosimètre est renouvelé chaque **mois**, au bout d'une année (12 mois), on pourra savoir si l'exposition annuelle¹⁰ dépasse $50 \times 12 = \mathbf{600 \text{ microSieverts}}$.

Si le dosimètre passif est renouvelé tous les **trimestres**, on pourra savoir si l'exposition annuelle dépasse $50 \times 4 = \mathbf{200 \text{ microSieverts}}$.

Le port d'un même dosimètre pendant un temps long permet d'enregistrer des niveaux d'exposition plus faibles et limite les coûts, mais d'un autre côté on ne disposera de résultats de mesures qu'au bout d'un temps long, ce qui peut poser problème en cas de doses élevées qui auraient nécessité une plus grande réactivité.

Par ailleurs, si on perd le dosimètre, on ne disposera d'aucun résultat pendant une période longue.

catastrophe nucléaire et de l'exposition « ajoutée » par la contamination « artificielle » de l'environnement.

Le **choix final de la période de port** du dosimètre dépend de toutes ces contraintes.

Les dosimètres électroniques

Les dosimètres électroniques affichent en général en permanence la valeur de la dose accumulée depuis la dernière mise en route ou la dernière remise à zéro. Certains modèles ont un seuil d'enregistrement **inférieur à 1 microSievert**.



Exemple de port d'un dosimètre électronique à la poitrine (Japon, CRIIRAD, 2011)

Certains affichent, en plus de la dose cumulée, des valeurs de débit de dose horaire¹¹.

Les dosimètres électroniques sont plus onéreux à l'achat que les dosimètres passifs, mais peuvent être utilisés pendant des années, alors que les dosimètres passifs doivent être renouvelés fréquemment pour être « développés ».

Les dosimètres électroniques sont un peu plus lourds que les dosimètres passifs (une centaine de grammes contre une dizaine).

Par rapport aux dosimètres passifs, ils présentent l'avantage pour l'utilisateur de pouvoir lire les résultats à sa convenance et en direct, ce qui offre une **grande réactivité**.

Si par exemple, à la fin de la journée, on constate que la dose sur 24 heures est deux fois plus élevée que d'habitude, on peut peut-être découvrir (en passant en revue ses activités), une situation à risque dont on n'avait pas conscience et modifier son mode de vie en conséquence ou engager des actions de décontamination ciblée.

¹¹Mais sur ce point, ils sont en général moins sensibles qu'un radiamètre portatif.

Par exemple : la dose journalière est anormalement élevée et la seule chose nouvelle ce jour-là est d'avoir passé 2 heures à boire le café chez un voisin dans son salon. La réalisation de mesures spécifiques révèle que ce salon est situé sous la pièce qui abrite la centrale de traitement de l'air de l'immeuble. Les filtres ont accumulé une grande quantité de poussières radioactives et n'ont pas été changés. Les rayonnements gamma qu'ils émettent traversent le plafond et sont à l'origine d'un débit de dose élevé dans le salon.

Il est donc utile de noter les résultats, à la fin de chaque journée, en vérifiant si la valeur correspond au niveau « attendu ».

Il faut être méticuleux et bien penser à noter les dates et heures de mise en route, d'arrêt de la mesure et de **remise à zéro de l'appareil**.

Port des dosimètres

Lorsqu'il s'agit d'avoir une bonne estimation de l'exposition globale de l'organisme (dose au « corps entier »), la pratique la plus répandue est de porter les dosimètres **à la poitrine**, mais pour un usage permanent un port **à la ceinture** est parfois plus simple. Il rendra mieux compte de l'exposition des gonades qu'un port à la poitrine (pour les cas où la source principale de radiation est le sol contaminé).

ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD

Une codification a été mise en place sur les graphiques mis en ligne, au niveau de l'encart « Observations », pour renseigner des événements particuliers. Cette codification est explicitée ci-dessous.

A/ Les balises sont des outils de surveillance de la radioactivité fonctionnant 24h/24 toute l'année. Ce fonctionnement en continu est nécessairement rythmé par la survenue d'événements programmés tout au long de l'année (prélèvements hebdomadaires aux balises atmosphériques, interventions de maintenance), voir tableau A.

B/ Il peut se produire également des événements non programmés (dysfonctionnements mécaniques ou électroniques, pannes,...), voir tableau B.

C/ Lorsque des résultats de mesure sont atypiques, ils font l'objet d'une codification explicitée dans le tableau C.

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
Tableau A / Evénements techniques programmés (prélèvement hebdomadaire aux balises atmosphériques, maintenance,...)	
C	Prélèvement de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est hebdomadaire. Des prélèvements en urgence sont effectués si nécessaire.
F	Prélèvement du filtre aérosols (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est mensuelle, sauf s'il est nécessaire de remplacer le rouleau de filtre ou en cas d'anomalie nécessitant une intervention en urgence.
F/C	Prélèvement simultané du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique)
MAINT	Intervention de maintenance du laboratoire CRIIRAD et/ou d'un prestataire

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau B / Evénements techniques non programmés (dysfonctionnements techniques, pannes, arrêt balise...)</i>	
COM	Problème de communication pour la transmission des données entre la balise et la centrale de gestion nécessitant ou ayant nécessité une (des) intervention(s) à la balise
DYS	Dysfonctionnement technique (rupture de filtre aérosols, arrêt d'une pompe, panne électronique, panne de compresseur, ...)
.	Arrêt ponctuel de la balise, pour une durée inférieure à 6 heures (typiquement : coupure de l'alimentation électrique ponctuelle)
[Début de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
]	Fin de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
AUTRE	Evénement ne rentrant pas dans une des catégories précédemment citées

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire</i>	
RN	Dépassement(s) alpha et (ou) bêta direct (balises atmosphériques) lié(s) à un pic d'activité volumique en radon
P	Pic d'activité volumique (balise aquatique d'Avignon) ou pic de débit de dose gamma ambiant (sondes gamma) en lien avec des épisodes de précipitations ou des crues (lessivage des descendants émetteurs gamma du radon)
CONT-S	Contamination suspectée, analyses complémentaires en cours
CONT-A	Contamination avérée, voir document spécifique

Auteur : Jérémie Motte, Ingénieur environnement, Responsable du service balises au laboratoire de la CRIIRAD

Approbation : Bruno Chareyron, Ingénieur en physique nucléaire, Directeur du laboratoire CRIIRAD.

LABORATOIRE CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD est un laboratoire d'analyse spécialisé dans les mesures de radioactivité et agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour les mesures de radioactivité de l'environnement et les contrôles radon (voir portée de l'agrément sur le site <http://www.criirad.org/laboratoire/agrements.html>). Le laboratoire comprend notamment un service dédié à la gestion des réseaux de balises de contrôle en continu de la radioactivité dans l'environnement. Sept scientifiques et techniciens assurent le fonctionnement de ce service.



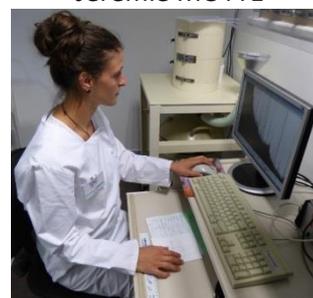
CONSEILLER SCIENTIFIQUE
Bruno CHAREYRON



**RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION
DES BALISES**
Jérémie MOTTE



CO-DIRECTEUR
Julien SYREN



CO-DIRECTRICE
Marion JEAMBRUN



**INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES,
PREPARATION ECHANTILLONS, ANALYSES**
Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES
Stéphane MONCHÂTRE



TECHNICIENNE ENVIRONNEMENT
Colette BEY

EQUIPE D'ASTREINTE

Colette BEY, Bruno CHAREYRON, Marion JEAMBRUN, Jérémie MOTTE, Stéphane PATRIGEON, Julien SYREN.