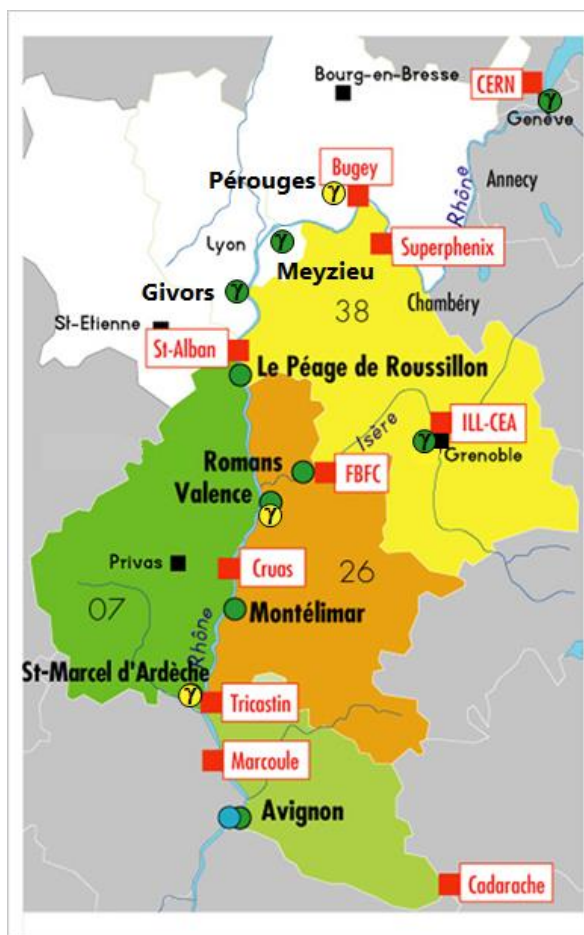


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 24-04

RAPPORT TRIMESTRIEL
OCTOBRE-NOVEMBRE-DECEMBRE 2023



- 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 - Quatrième trimestre 2023	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 : IDENTIFIER LES SECTEURS A RISQUE SUR UN TERRAIN	17
LABORATOIRE CRIIRAD	23

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	07/02/2024	07/02/2024
Signature		




SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Quatrième trimestre 2023

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du quatrième trimestre 2023.




BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		100%	100%	79%	99,1%
Iode (Air)			100%	79%	99,1%
Gamma (Air)	100%			79%	

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)					84%	
Iode (Air)					84%	
Spectrométrie Gamma (Air)	100%	99,8%	99,8%	100%		
Gamma (Eau)						99,7%

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 :

- à plusieurs reprises à la balise de Valence¹ ;
- à 2 reprises à la balise de Montélimar (le 16 novembre et le 16 décembre), à la balise aquatique d'Avignon (le 30 octobre et le 17 décembre), à la sonde gamma de Pérourges (les 26 et 28 octobre) et à la sonde de spectrométrie gamma de Grenoble (le 31 octobre et le 20 novembre) ;

¹ Les 6 et 9 octobre, les 4, 6, 16 et 20 novembre ainsi que les 2, 4 et 10 décembre.

- à une reprise à la balise de Romans le 3 octobre et à la sonde de spectrométrie gamma de Meyzieu le 3 octobre.

Aucun de ces arrêts, d'une durée inférieure à 3 heures, n'a nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

- **Absences de communication aux balises :**

- deux arrêts des communications sont survenus entre la balise de Montélimar et la centrale de gestion les 19 et 26 octobre suite à des épisodes orageux. Pour ces deux événements, une intervention technique du laboratoire CRIIRAD a été nécessaire pour rétablir la communication, par réinitialisation du modem et de l'électronique de la balise. Concernant l'intervention du 26 octobre, il a été également nécessaire de réinitialiser le modem de la centrale de gestion. Cette opération a été suivie d'une absence de données pendant une période inférieure à 2 heures.

- un autre arrêt de communication avec la centrale de gestion est survenu le 22 décembre à la balise d'Avignon Air. Le laboratoire CRIIRAD a contacté les services techniques de la Ville d'Avignon pour intervention. Le technicien intervenu sur place a constaté que l'onduleur du modem était hors service. Celui-ci a ensuite été retiré et le modem branché en direct sur le réseau électrique, la CRIIRAD prendra à sa charge l'installation prochaine d'un nouvel onduleur. La communication entre les 2 dispositifs a pu être rétablie mais en raison de la persistance d'un problème de chargement de données, une intervention des services techniques a de nouveau été nécessaire le 24 décembre pour réinitialiser l'ensemble de l'électronique de communication de la balise. Suite à cette nouvelle intervention, la CRIIRAD a effectué des tests concluants de communication avec la balise.

- **Balise de Valence - Dysfonctionnement de l'électronique:** survenu à la balise le **13 décembre**, il s'est caractérisé par une absence de communication entre la balise et la centrale de gestion située dans les locaux de la CRIIRAD, qui n'a pu être rétablie par réinitialisation de l'électronique. Après diagnostic, le dysfonctionnement a été identifié : il s'agit d'une défectuosité de la carte d'alimentation du rack électronique. A la date de rédaction du rapport, ce composant électronique est en cours de réparation. Bien qu'aucune donnée n'ait été mesurée depuis le 13 décembre, les pompes de prélèvement d'air sont restées opérationnelles, permettant l'analyse du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif a posteriori en laboratoire (résultats des analyses présentés en page 14).

- **Balise atmosphérique d'Avignon - Panne de la pompe principale d'aspiration de l'air extérieur :** L'opérateur chargé de vérifier les données chargées à la centrale de gestion a constaté le 18 octobre une diminution progressive du débit de la pompe principale d'aspiration de l'air extérieur. Le laboratoire de la CRIIRAD a contacté les services techniques de la Ville d'Avignon qui sont intervenus sur site le **19 octobre**. Le défaut sur la pompe a été également constaté par le technicien qui a arrêté la pompe lors de l'intervention, à la demande de la CRIIRAD. Le laboratoire de la CRIIRAD est ensuite intervenu sur site le **2 novembre** afin de procéder au remplacement de la pompe et à la remise en fonctionnement de la balise. La Ville d'Avignon a pris en charge les coûts de réparation de la pompe. Aucune donnée n'a été enregistrée par les différentes voies de mesure de la balise entre le 18 octobre et le 2 novembre.

- **Sonde de spectrométrie gamma de Meyzieu** : le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu le 3 octobre sur site pour effectuer une mise à jour du paramétrage de la sonde (opération nécessitant un branchement direct au dispositif). Cette opération n'a pas entraîné d'absence de mesures.

- **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 arrêtée² 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 nécessaire³. 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 le **17 octobre** pour mettre en place un nouveau rouleau de filtre aérosols et arrêter le système de climatisation du local pour la saison hivernale.

- **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 à 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 ambiant⁴. Suite à un épisode orageux le 9 juin, 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.

² 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.

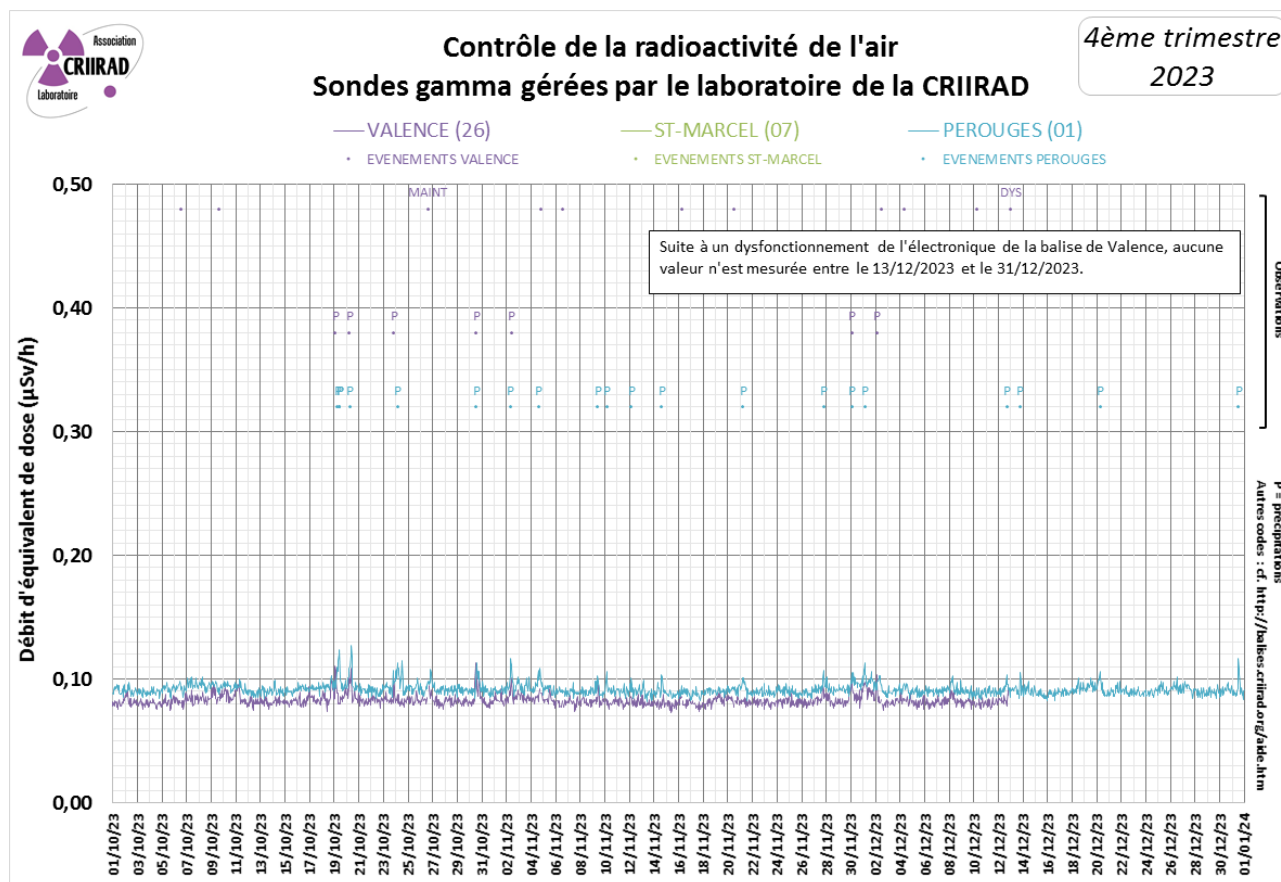
³ Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

⁴ 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.

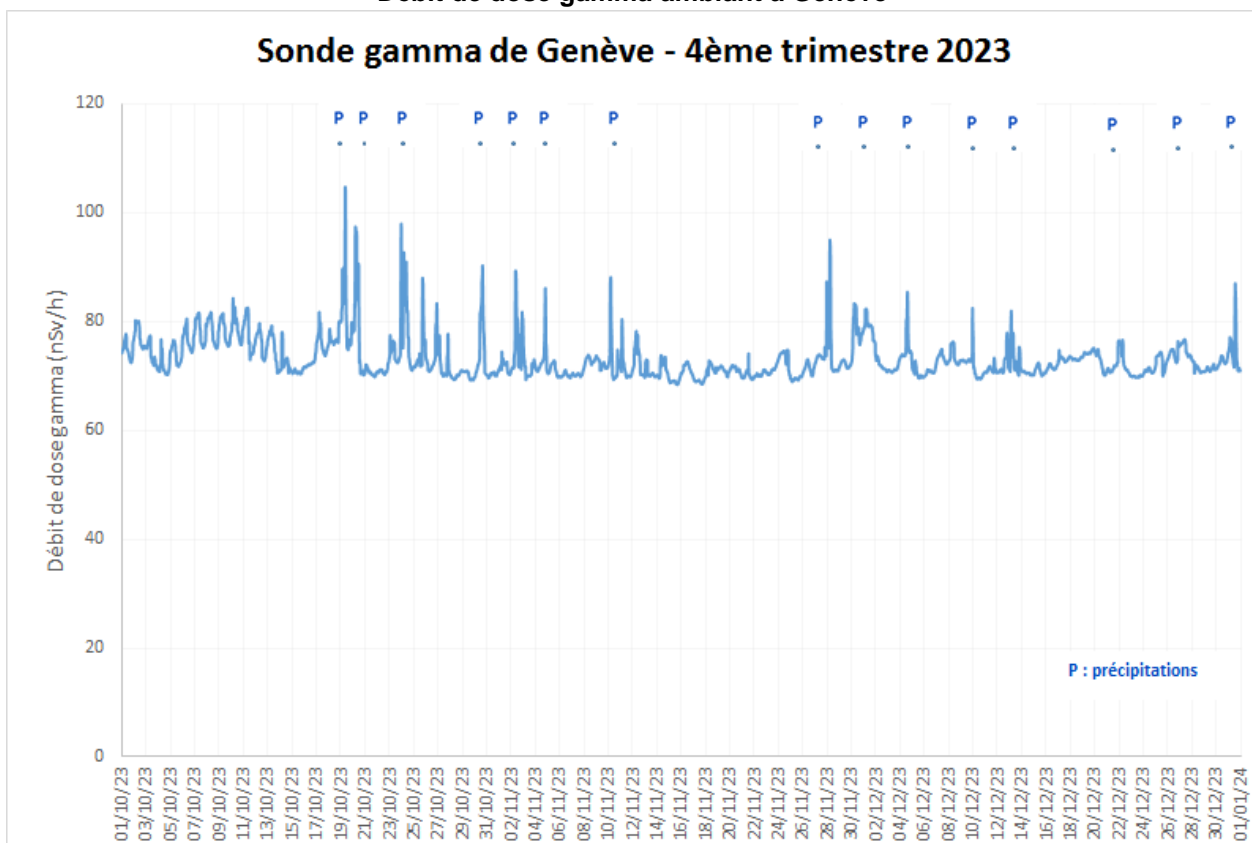
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

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

I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant

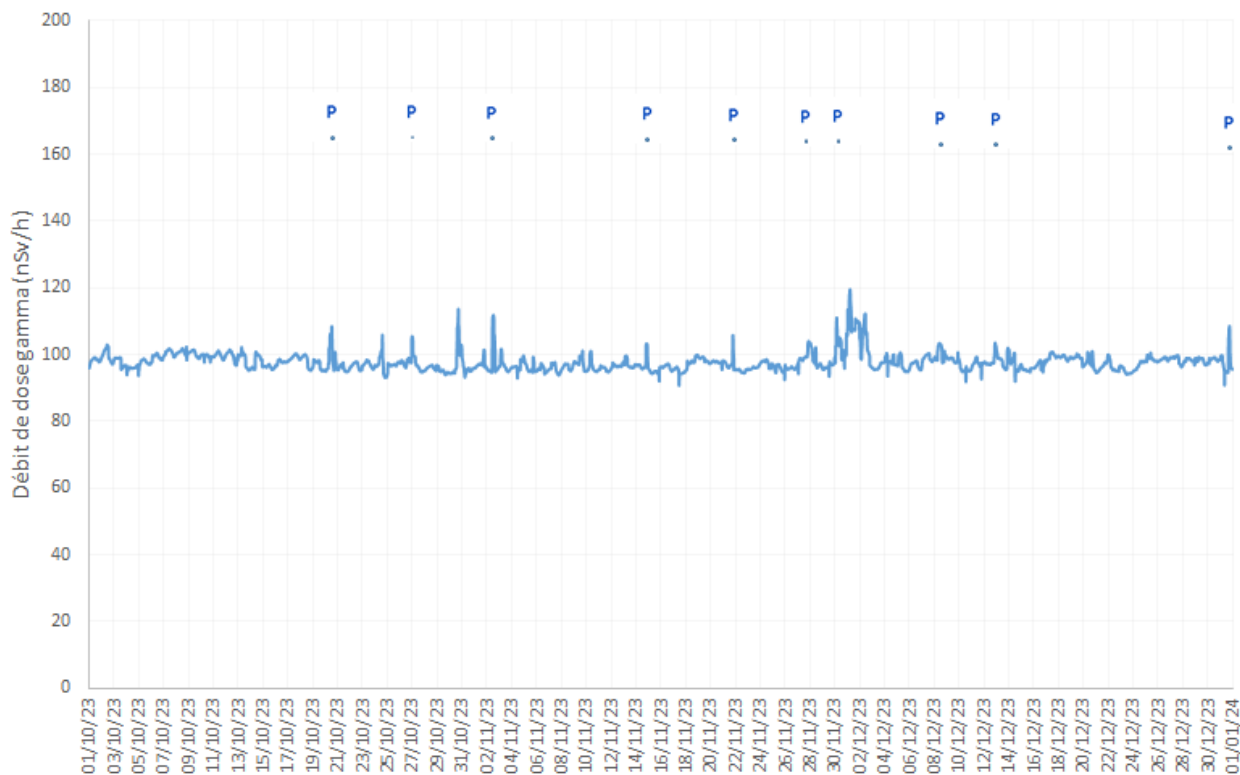


Débit de dose gamma ambiant à Genève



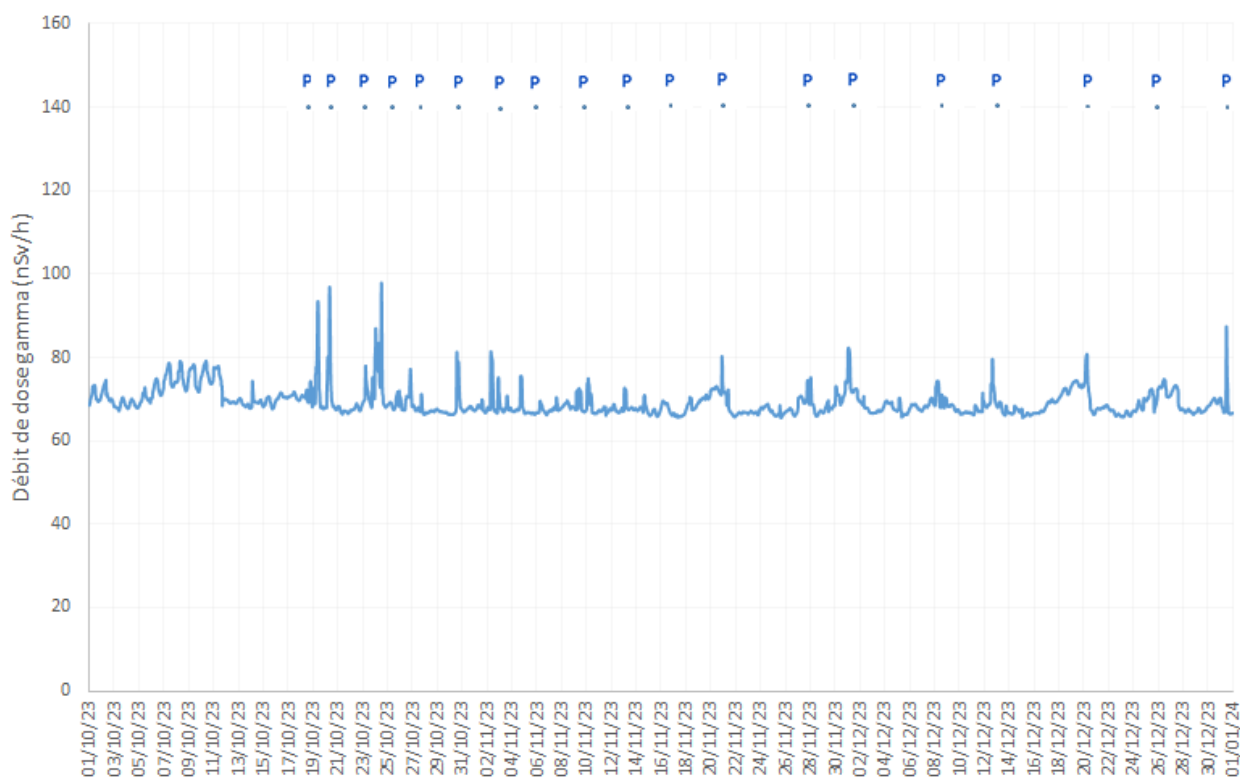
Débit de dose gamma ambient à Grenoble

Sonde gamma de Grenoble - 4ème trimestre 2023

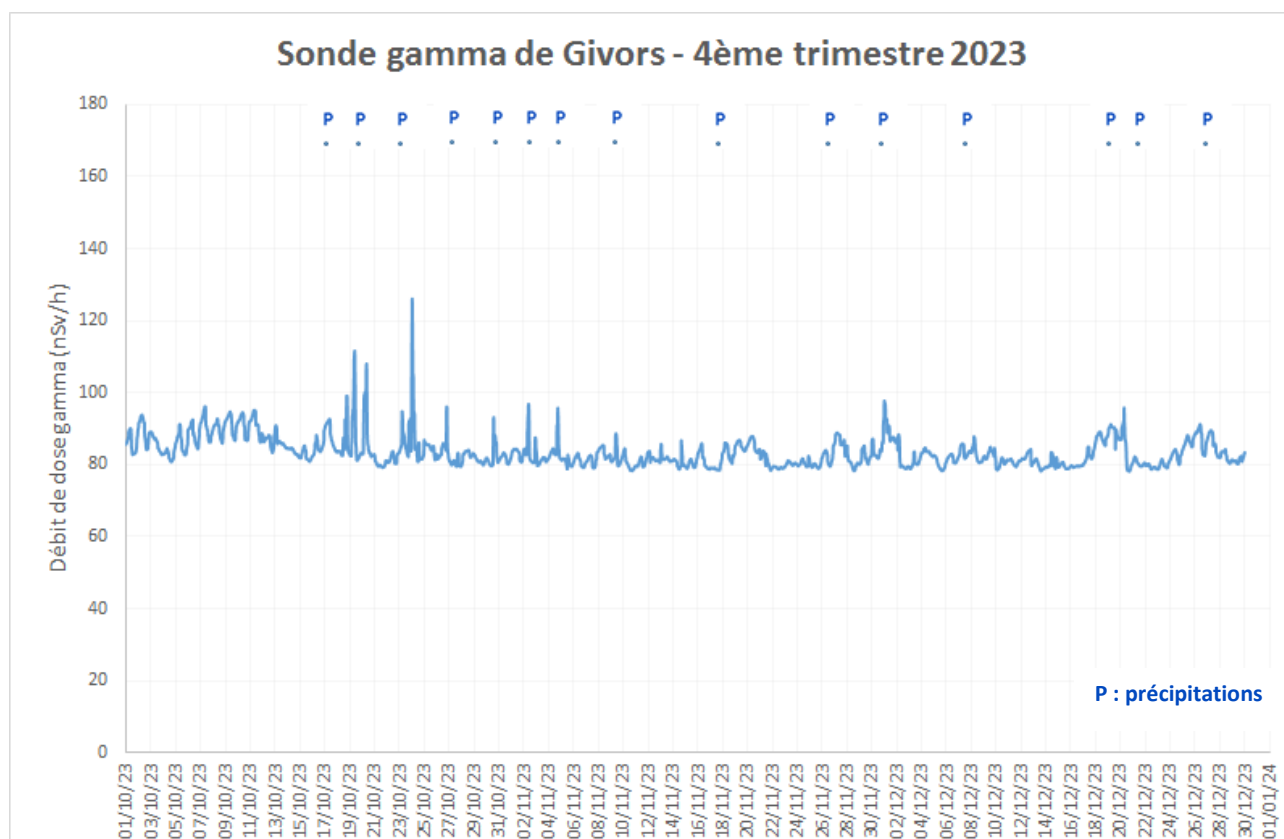


Débit de dose gamma ambient à Meyzieu

Sonde gamma de Meyzieu - 4ème trimestre 2023



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**).

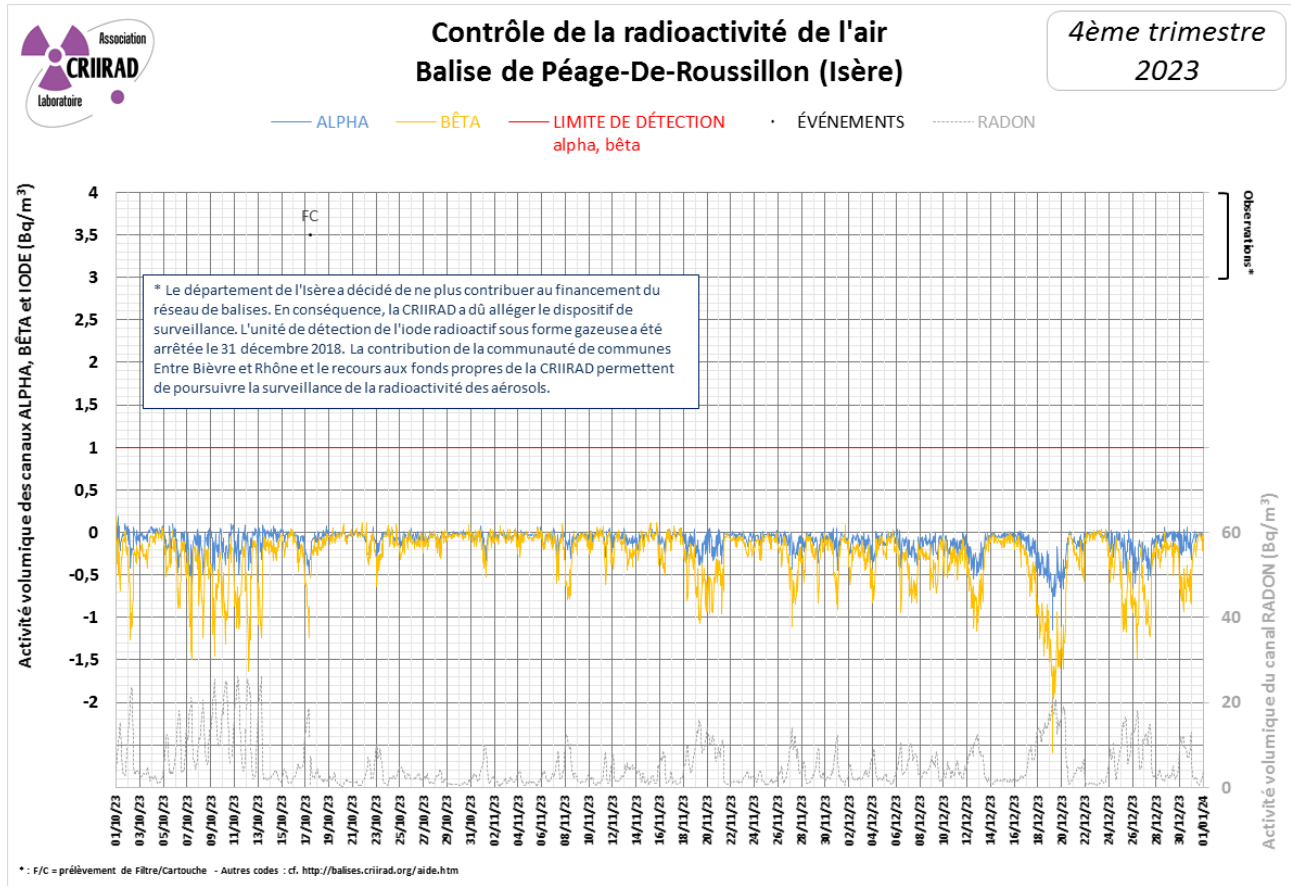
Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 19 octobre (notamment 0,113 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence et 0,105 $\mu\text{Sv/h}$ ou 105 nSv/h à Genève), le 20 octobre (notamment 0,127 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges), le 24 octobre (notamment 0,098 $\mu\text{Sv/h}$ ou 98 nSv/h à Meyzieu et 0,126 $\mu\text{Sv/h}$ ou 126 nSv/h à Givors), les 2, 4 et 20 novembre, ainsi que les 1^{er}, 12, 20 et 31 décembre. Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma⁵ 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 noter qu'aucune donnée n'a été mesurée à Valence entre les 13 et 31 décembre, compte tenu du dysfonctionnement de l'électronique de mesure (voir page 4).

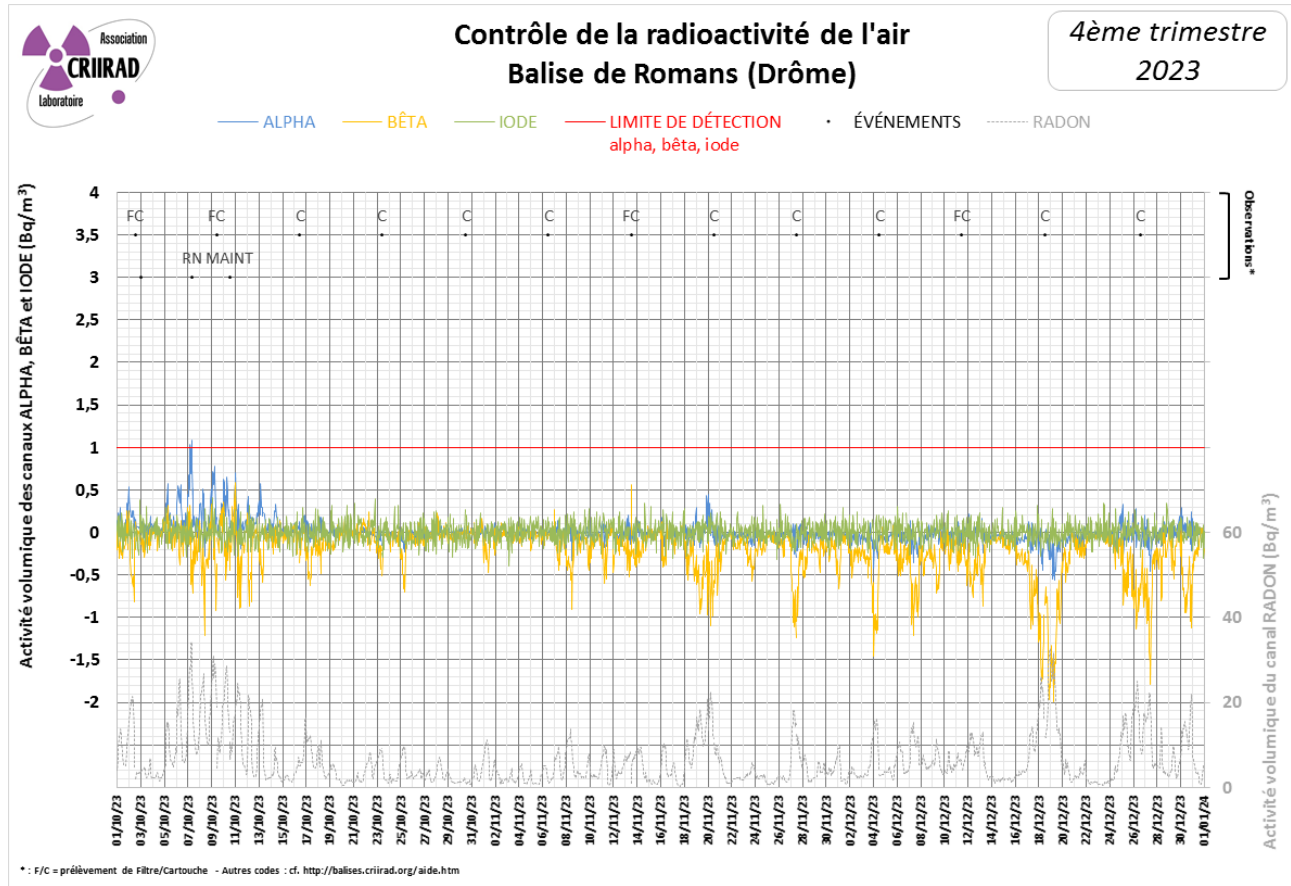
⁵ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

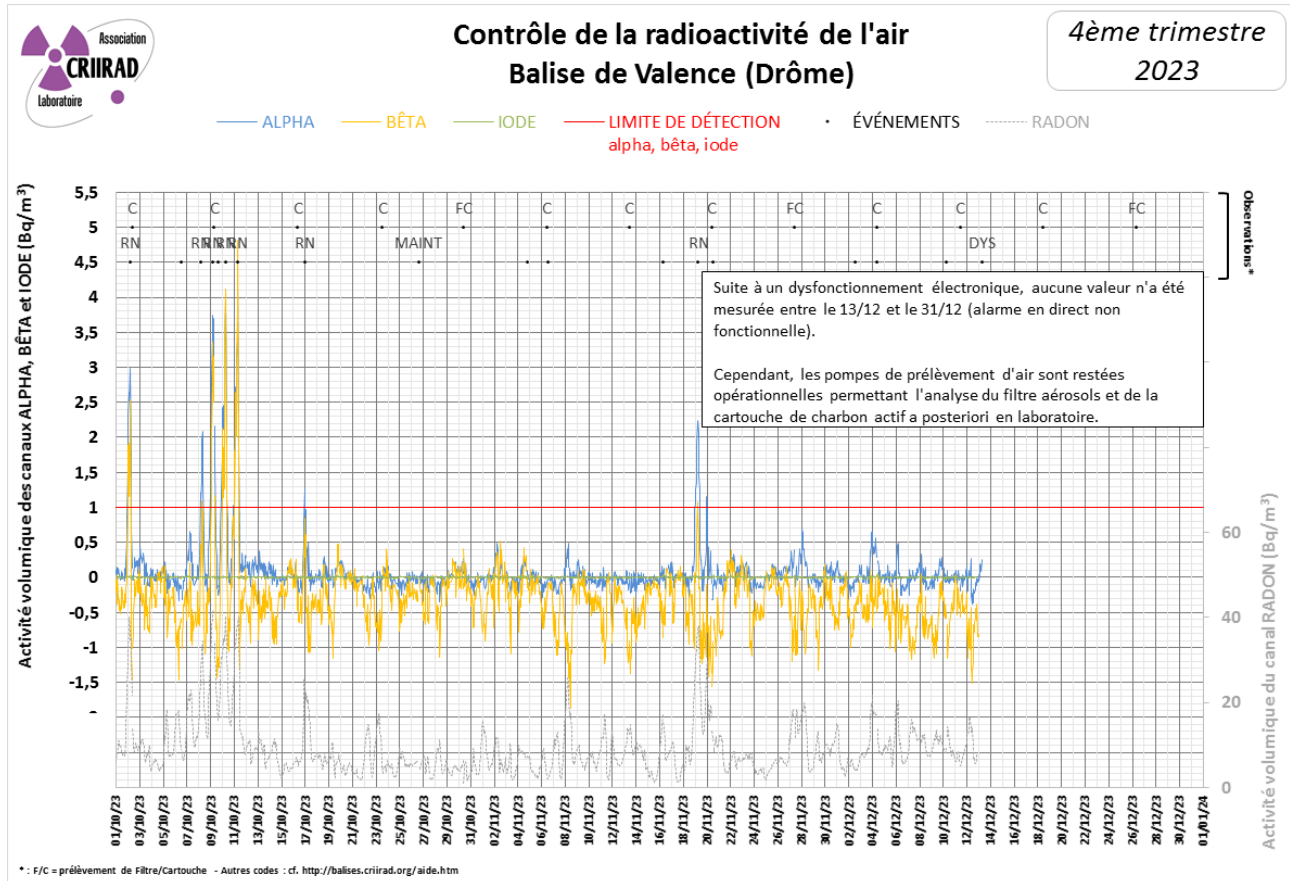
A/ Balise de Péage de Roussillon



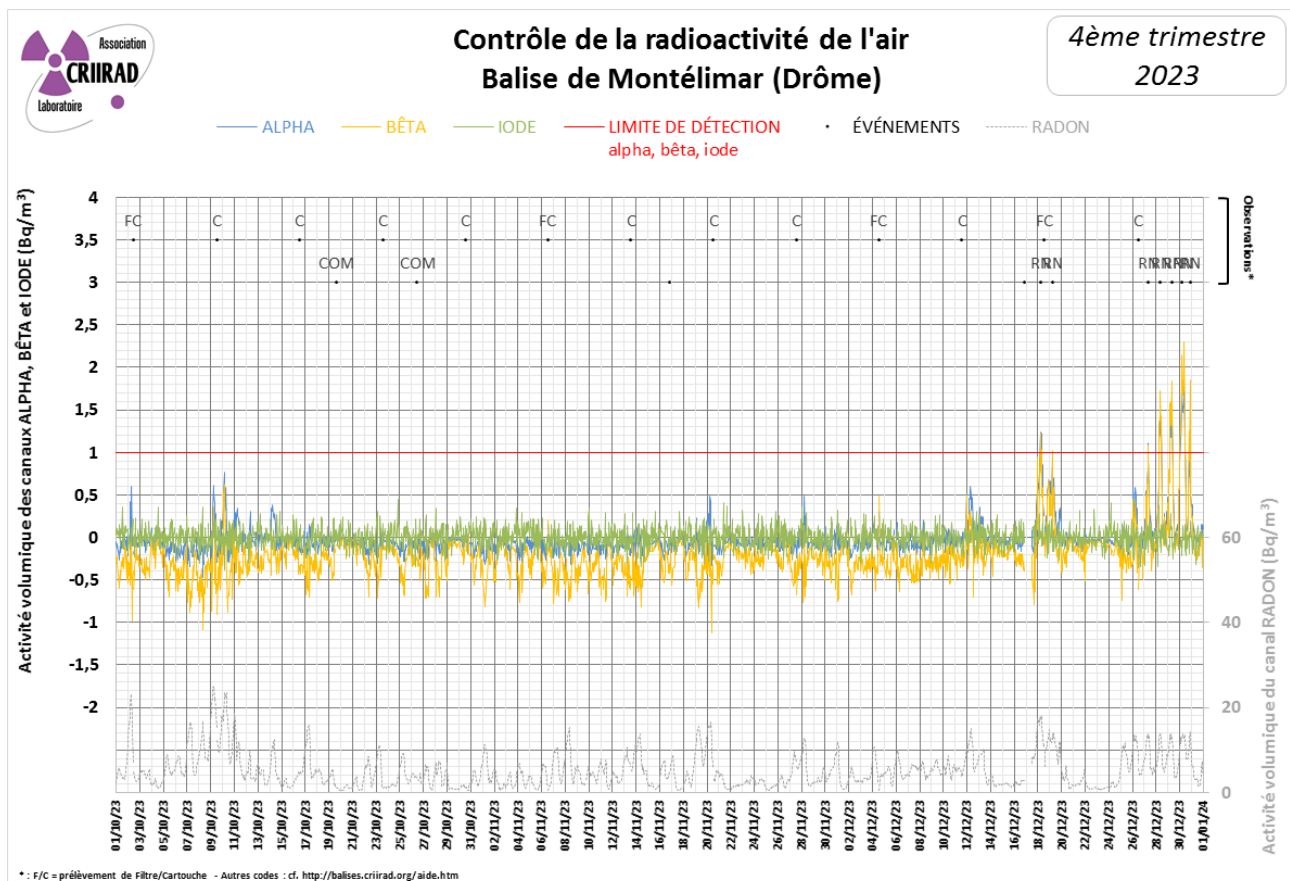
B/ Balise de Romans-sur-Isère

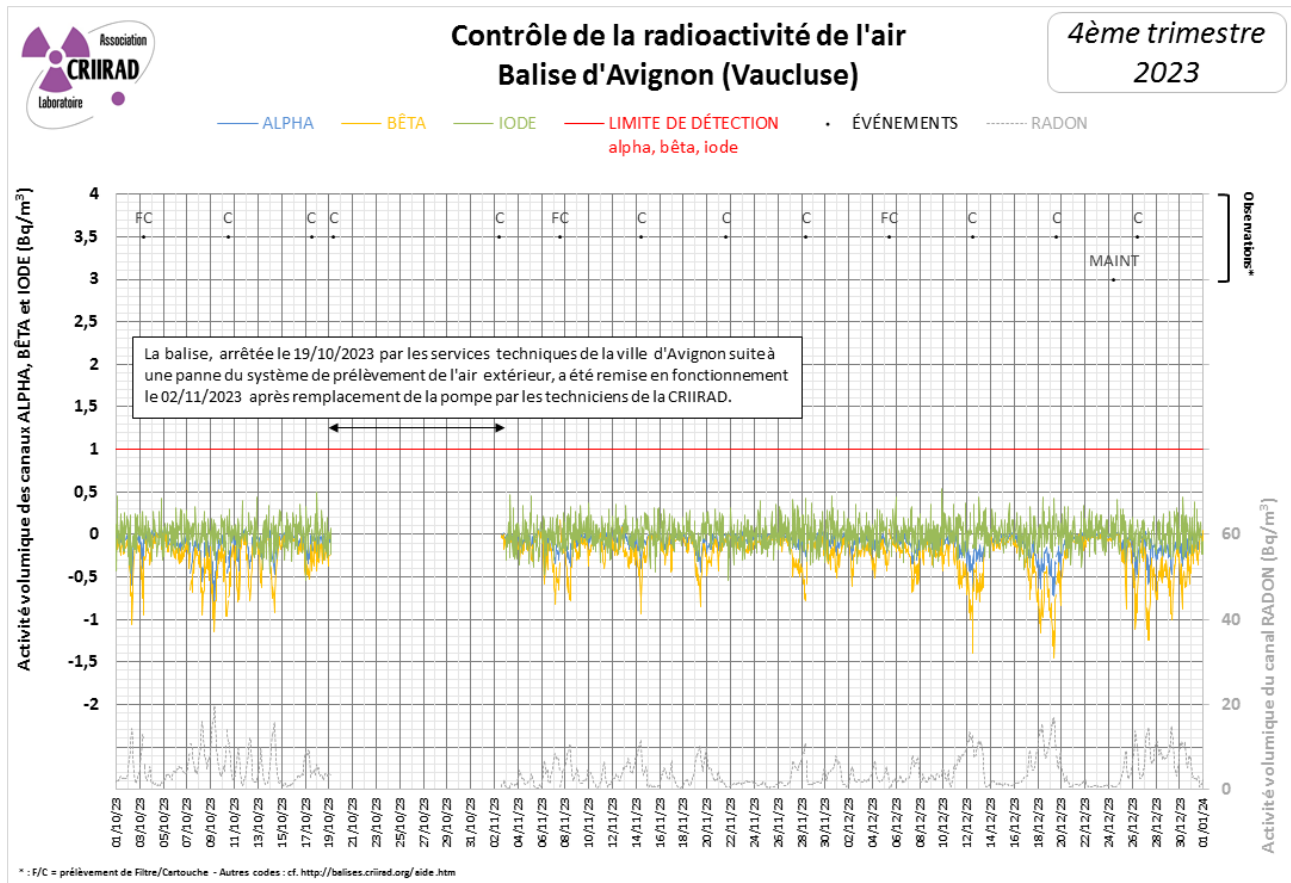


C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar





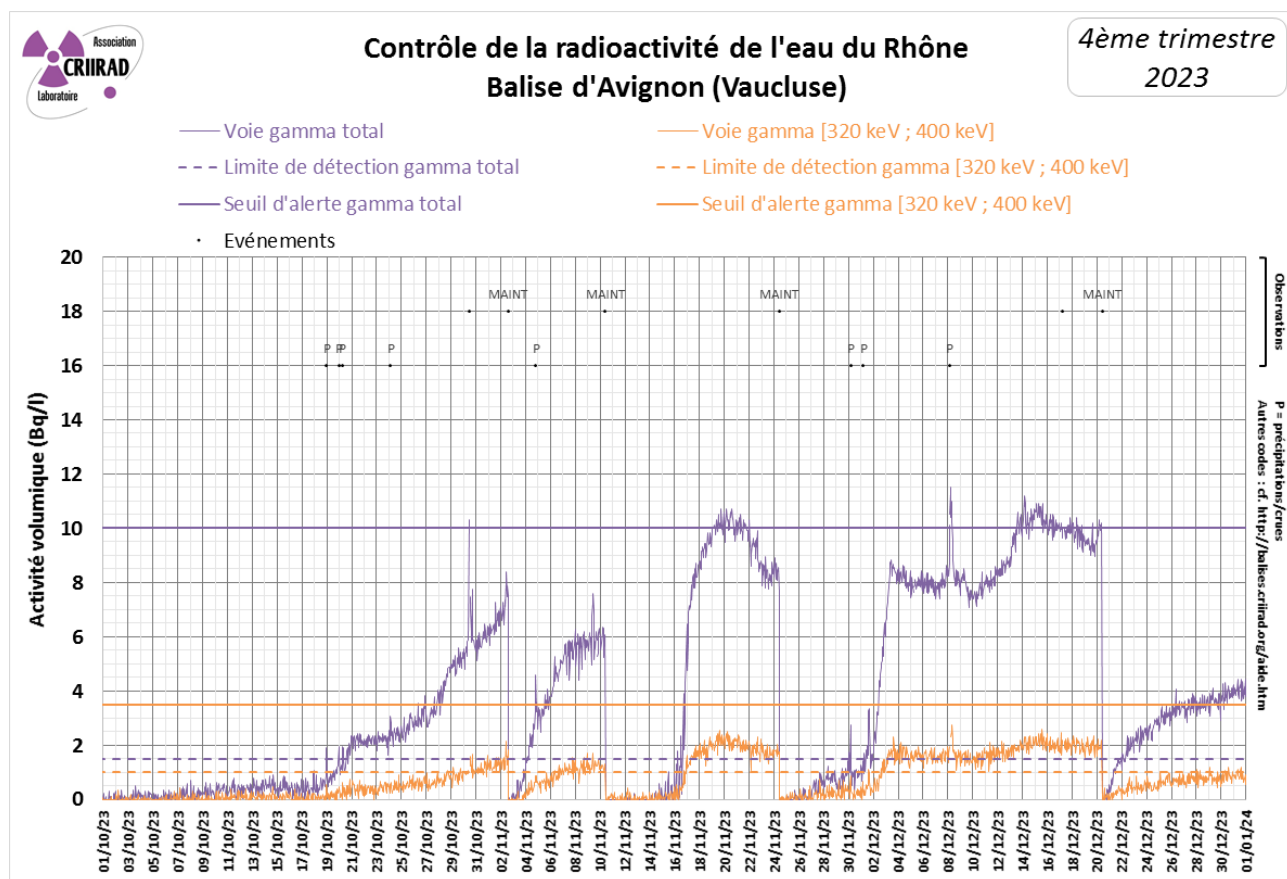
Commentaires

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 des balises atmosphériques de **Valence** (le 2 octobre, période entre le 8 et le 11 octobre, le 17 octobre ainsi que le 19 novembre), de **Montélimar** (les 18 et 19 décembre, périodes entre le 27 et le 30 décembre) et de **Romans** (le 7 octobre). 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 radon⁶ (par exemple, des activités volumiques maximales en radon de 40 Bq/m^3 le 2 octobre à la balise de Valence, de 34 Bq/m^3 le 7 octobre à la balise de Romans et de 18 Bq/m^3 le 18 décembre à la balise de Montélimar ont été mesurées).

⁶ 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

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.

Une augmentation progressive des activités volumiques avec dépassements fréquents de la limite de détection sur les 2 voies de mesure (1,5 Bq/l sur la voie gamma total et 1 Bq/l sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV]), a été observée en deuxième quinzaine d'octobre. Ces dépassements ont même été continus pour certaines périodes⁷. Le seuil d'alerte (10 Bq/l) sur la voie gamma total a été franchi à plusieurs reprises le 30 octobre, entre le 19 et le 21 novembre, le 8 décembre et entre le 13 et le 20 décembre, alertant le personnel d'astreinte. Les activités maximales sur la voie gamma total (11,5 Bq/l) et sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (3 Bq/l) ont été mesurées le 8 décembre.

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 (ponctuels et quasi-continus), y compris pour les dépassements du seuil d'alerte (voir note ci-après), observés après le 19 octobre. Le débit et la charge du

⁷ Périodes de dépassement continus sur la voie gamma total : entre le 20 octobre et le 2 novembre, entre les 3 et 10 novembre, entre les 16 et 24 novembre, entre les 1^{er} et 20 décembre ainsi qu'entre les 22 et 31 décembre. Périodes de dépassement continus sur la voie gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] : entre le 30 octobre et le 2 novembre, entre les 8 et 10 novembre, entre les 17 et 24 novembre ainsi qu'entre les 3 et 20 décembre.

Rhône ont très fortement augmenté suite aux différents épisodes pluvieux de l'automne combinés à une fonte conséquente de la neige en montagne, surtout pour les épisodes constatés à partir de mi-novembre. Compte tenu de la charge importante en sédiments du Rhône, la vitesse d'encrassement de la cuve dans laquelle les mesures sont effectuées est supérieure aux capacités de nettoyage automatique de la cuve de comptage. Un nettoyage manuel de la cuve par les techniciens du laboratoire CRIIRAD a par conséquent été nécessaire les 2, 10 et 24 novembre ainsi que le 20 décembre.

Note : Les ratios des activités volumiques « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » lors des épisodes du 30 octobre et du 8 décembre ont été respectivement de 3,5 et 3,8, dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux et entre 4,5 et 6 pour les épisodes des périodes du 19 au 21 novembre et du 13 au 20 décembre, dans la fourchette de 4,5 à 6,3 caractéristiques d'épisode de crue.

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	11/09/23 12:12	09/10/23 10:19	09/10/2023	10/10/23	< 11,0	< 17,0	< LD
	Romans	09/10/23 10:26	13/11/23 11:30	13/11/2023	14/11/23	< 5,0	< 8,0	< LD
	Romans	13/11/23 11:36	11/12/23 11:17	11/12/2023	11/12/23	< 11,0	< 17,0	< LD
	Valence	25/09/23 08:00	30/10/23 09:27	30/10/2023	30/10/23	< 8,0	< 12,0	< LD
	Valence	30/10/23 09:39	27/11/23 09:47	27/11/2023	27/11/23	< 11,0	< 17,0	< LD
	Valence	27/11/23 09:56	26/12/23 08:04	26/12/2023	26/12/23	< 10,0	< 15,0	< LD
	Montélimar	04/09/23 12:32	02/10/23 10:01	02/10/2023	02/10/23	< 11,0	< 15,0	< LD
	Montélimar	02/10/23 10:09	06/11/23 13:07	06/11/2023	06/11/23	< 8,0	< 12,0	< LD
	Montélimar	06/11/23 13:14	04/12/23 13:07	04/12/2023	07/12/23	< 10,0	< 14,0	< LD
	Avignon	05/09/23 08:02	03/10/23 07:59	03/10/2023	05/10/23	< 10,0	< 15,0	< LD
	Avignon	03/10/23 08:06	07/11/23 13:03	07/11/2023	09/11/23	< 14,0	< 20,0	< LD
Avignon	07/11/23 13:15	05/12/23 09:38	05/12/2023	14/12/23	< 16,0	< 15,0	< 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	02/10/23 13:09	09/10/23 10:19	09/10/2023	10/10/23	< 190	< LD
	Romans	06/11/23 11:32	13/11/23 11:30	13/11/2023	14/11/23	< 190	< LD
	Romans	04/12/23 11:34	11/12/23 11:17	11/12/2023	12/12/23	< 190	< LD
	Valence	23/10/23 12:08	30/10/23 09:27	30/10/2023	30/10/23	< 110	< LD
	Valence	20/11/23 09:56	27/11/23 09:47	27/11/2023	27/11/23	< 120	< LD
	Valence	18/12/23 09:51	26/12/23 08:04	26/12/2023	27/12/23	< 100	< LD
	Montélimar	25/09/23 09:57	02/10/23 10:01	02/10/2023	03/10/23	< 120	< LD
	Montélimar	30/10/23 13:14	06/11/23 13:07	06/11/2023	07/11/23	< 100	< LD
	Montélimar	27/11/23 13:08	04/12/23 13:07	04/12/2023	05/12/23	< 100	< LD
	Avignon	28/11/23 10:19	05/12/23 10:00	05/12/2023	12/12/23	< 150	< 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 05/12/2023.

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)
4è trimestre	05/12/23 12:00	18/12/23	32 422	< 0,24	< 0,10	< 5,5

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	
4è trimestre	05/12/2023 12:00	22/12/2023	27/12/2023	< 1,9

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 :

L'activité en tritium dans l'échantillon est restée inférieure à la limite de détection (<1,9 Bq/l).

Il s'agit seulement de la quatrième analyse trimestrielle depuis 2015 (soit 4 prélèvements sur 36) pour laquelle le tritium n'est pas détecté.

Des valeurs plus importantes peuvent être mises en évidence en fonction des rejets des installations nucléaires situées en amont.

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 : IDENTIFIER LES SECTEURS A RISQUE SUR UN TERRAIN

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

Après des retombées radioactives, quelles sont les zones du terrain ou de la maison qui peuvent présenter des niveaux de contamination et/ou d'irradiation plus élevés que la moyenne ?

Risques liés aux accumulations

Après le passage de masses d'air contaminées suite à une catastrophe nucléaire, et à l'issue des retombées, des substances radioactives sont présentes sur les sols et surfaces.

Les mécanismes de retombées ont été présentés dans le point focus du bulletin du second trimestre 2023 (https://balises.criirad.org/pdf/dfm/BT_CRIIRAD_2023_T2.pdf) et des éléments complémentaires sur les mécanismes d'évolution du niveau de radioactivité au cours du temps seront apportés dans un prochain point focus.

La présente fiche décrit un certain nombre de situations où, sur un terrain bâti ou non bâti, existent **des zones d'accumulation** des substances radioactives qui conduisent à des risques d'exposition aux radiations accrus. Il s'agit d'alerter les citoyens sur ces cas particuliers où les niveaux de radiation pourraient être nettement supérieurs à la moyenne enregistrée sur le terrain.

L'objectif sera alors de **limiter la présence à proximité de ces « points chauds », de les baliser, et de les traiter en priorité** lorsque c'est possible (élimination, décontamination).

La liste des situations exposées ci-dessous n'est pas exhaustive. Elle est basée sur le retour d'expérience du laboratoire de la CRIIRAD suite aux retombées liées aux catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima.

Filtres à air

Tous les matériaux de type filtres à air, au travers desquels sont passés des volumes d'air contaminé importants, ont pu accumuler les atomes radioactifs présents dans les panaches contaminés.

Il peut s'agir des **filtres des climatiseurs** ou des centrales de traitement d'air, des **filtres des moteurs des véhicules**, des **sacs d'aspirateurs** etc.



Filtres de centrale de traitement de l'air

Zones de passage des eaux de pluie

S'il a plu lors du passage des panaches contaminés, la pluie s'est chargée de particules radioactives qui vont ensuite se redéposer et s'accumuler dans certains endroits particuliers.



Zone d'accumulation au pied de balançoires (Ville de Fukushima, CRIIRAD, 2011)

De plus, même si initialement les retombées étaient sous forme de dépôts secs, les pluies ultérieures vont partiellement lessiver les substances radioactives déposées sur les sols et surfaces et favoriser l'apparition de points d'accumulation.

C'est le cas par exemple :

- A l'intérieur des **gouttières** qui permettent l'évacuation des eaux de toiture, s'il y a des zones d'accroche (coudes, vis, point bas sur les tuyauteries horizontales) ;
- Sur le sol soumis à l'écoulement des eaux des gouttières ;
- Dans la boue au fond des **citernes**, bidons, réservoirs de recueil des eaux pluviales ;

- Au droit des **regards** des systèmes d'évacuation des eaux pluviales ;
- Dans les **zones de cuvettes** à la surface du sol. Par exemple, au pied des balançoires où les frottements répétés avec les pieds ont créé de petites dépressions ;
- C'est le cas aussi en fond de **dolines** c'est-à-dire, des zones du terrain, en milieu karstique où l'écoulement répété des eaux a créé des dépressions naturelles au fond desquelles la végétation et le sol vont accumuler les éléments radioactifs (par exemple dans le Vercors);
- Dans les fonds de **fossés**, au pied des talus, dans les secteurs où les eaux de pluie ont pu, après avoir « lessivé » des surfaces importantes, venir redéposer les substances radioactives ;
- Dans les **fissures et craquelures** des toitures, des surfaces goudronnées, des surfaces cimentées ;
- Dans les secteurs inondables en **bordure des cours d'eau**.



Zone d'accumulation au droit de regards d'eaux pluviales (Japon, Date city, CRIIRAD, 2012)



Zone d'accumulation entre les pavés des rues de la ville de Fukushima (CRIIRAD, 2012)



Zone d'accumulation au pied de gouttières (Japon, Fukushima city, CRIIRAD, 2012)



Zone d'accumulation au pied de gouttières (Japon, Oguni city, CRIIRAD, 2012)

Influence des pylônes

Des points d'accumulation peuvent exister au pied de pylônes électriques par exemple. Les substances radioactives se sont déposées le long des fils, puis les précipitations les ont entraînées le long de la structure métallique du pylône et elles se sont accumulées à son pied.

Zones d'accumulation de la neige

S'il a neigé lors du passage des panaches contaminés, la neige s'est chargée en éléments radioactifs.

Les zones où la neige s'accumule sous l'effet du vent (**congères**) présenteront une radioactivité accrue.

Lors de la fonte de la neige, les eaux de fonte contaminées vont en outre redéplacer les substances radioactives et créer de nouveaux points d'accumulation en fond des fossés où elles s'écoulent ou en contrebas des congères⁸.

⁸ Voir par exemple les images tournées par la CRIIRAD en 2015 dans les Alpes (https://www.youtube.com/watch?v=xkbalhCYqko&list=P_L3IbOGKW-BxbdA2NLOAbFNKfSZSvDw6-Z)



Secteur d'accumulation en zone de fonte de neige (France, retombées de Tchernobyl, Mercantour, 2015)

Influence des arbres

Les arbres, de par leur **feuillage**, constituent des zones de captation-rétention accrue des substances radioactives présentes dans l'air ou dans les précipitations.

Le niveau de radiation peut donc être accru à leur proximité.



Arbres ébranchés pour limiter l'irradiation au niveau de la maison en face (Japon, CRIIRAD, 2012)

En fonction de la forme des branches, de la présence ou non du feuillage au moment des retombées, la contamination du sol au pied des arbres peut aussi être très hétérogène et variable dans le temps.

En cas de retombées via des chutes de neige par exemple. Tant que le feuillage de l'arbre retient la neige, le sol sous-jacent peut être nettement moins contaminé que le sol situé à quelques mètres et qui n'a pas été « protégé » par le feuillage. Par contre, à la fonte des neiges, la **zone de «gouttage»** ou les secteurs où des « paquets de neige » vont tomber après avoir glissé le long du feuillage, vont constituer des points d'accumulation. La CRIIRAD a pu observer ce phénomène dans le parc des Ecrins par exemple (Alpes françaises).

Dans le cas d'un arbre à feuilles caduques, si les retombées ont lieu par exemple au printemps. Une

fraction importante des éléments radioactifs est captée par les feuilles, en partie à leur surface puis plus en profondeur dans les feuilles. A l'automne, lors de la chute des feuilles, la contamination qu'elles ont incorporée va se retrouver au sol. Sous l'effet du vent des zones **d'accumulation des feuilles mortes** peuvent se former concentrant ainsi la contamination.

La circulation des eaux de pluie le long des branches conduit aussi à des phénomènes particuliers d'accumulation au pied de l'arbre. Ce phénomène a été mis en évidence en particulier **au pied des hêtres**, dans de très nombreux massifs forestiers en Europe, par le géologue André Paris qui l'a baptisé « marqueur H » (pour Hêtre).



Zone préférentielle d'accumulation au pied d'un hêtre

Le brûlage de la végétation contaminée constitue également un mécanisme de concentration d'une partie des éléments radioactifs. Le niveau de concentration de la radioactivité dans **les cendres** peut dans certains cas être 100 fois plus important que dans le bois brut.

Influence de la faune

Les animaux présents à l'extérieur lors des retombées ou soumis à une alimentation contaminée, peuvent entraîner une redistribution de la contamination avec création de points d'accumulation par exemple au niveau de leurs déjections.

Influence de la flore

Certains organismes ont une grande capacité de concentration des substances radioactives présentes dans l'air (par exemple des lichens et mousses terrestres) ou dans les sols (par exemple des champignons). Dans certains cas⁹ leur niveau d'accumulation peut être tel qu'il augmente les niveaux de radiation à proximité.

⁹Exemple : champignons cueillis en Ukraine en 1998, à Polissié par l'association « Enfants de Tchernobyl ». Contamination en césium 137 : 1,5 millions de Bq/kg sec

Remarques à propos des bâtiments

Hétérogénéité liée à des zones de contamination à l'intérieur

Si l'on était présent à l'extérieur lors de phases de retombées radioactives, les **vêtements** ramenés à la maison ou tout **objet soumis aux retombées** (parapluie, sac à main, etc..) peuvent constituer une source de contamination non négligeable et devraient être traités pour ne pas entraîner une recontamination secondaire dans la maison.

Les zones en contact avec la partie inférieure des chaussures, en particulier les **paillasons** peuvent constituer des points d'accumulation si l'on a marché sur des sols très contaminés.

Hétérogénéité liée à des contaminations à l'extérieur

Même dans l'hypothèse (irréaliste) où une maison serait restée parfaitement étanche à l'air extérieur pendant le passage des masses d'air contaminé et même en supposant que des mesures de protection efficaces aient été mises en œuvre par les habitants pour ne pas faire entrer de contamination après les retombées (gestion des vêtements, des chaussures, des matériels ramenés à la maison), etc. , il existera dans l'habitation une variabilité importante des niveaux de radiation en fonction du niveau de contamination sur les sols et surfaces à l'extérieur de l'habitation, de la distance entre le point de mesure et ces sources extérieures, de la nature des matériaux interposés entre le point de mesure et ces sources extérieures.

Des **murs** épais en béton ou en pierre atténueront davantage les radiations provenant des sources extérieures que des parois en **bois** ou des surfaces **vitrées**.

C'est ainsi que dans un pavillon, au rez de chaussée, la radioactivité sera plus élevée en s'approchant d'une fenêtre ou d'une baie vitrée qu'en s'approchant d'un mur, plus élevée en s'approchant d'un mur qu'en restant au centre de la pièce, etc.



Augmentation du niveau de radiation à l'approche des zones vitrées (Japon, Date city, CRIIRAD, 2012)

Dans certains cas, la contamination accumulée sur les **toitures** entrainera une augmentation du niveau de radiation gamma ambiant dans les pièces des étages. De plus, dans une même pièce proche de la toiture, le niveau de radiation au niveau d'un lit à étage (plus proche du toit), sera plus élevé que dans un lit qui serait situé au même endroit mais plus proche du sol de la pièce.

Dans une maison à trois étages, isolée sur un terrain plat, il est probable que les pièces présentant les niveaux de radiation les moins élevés soient celles situées au cœur du bâtiment et au premier étage. Elles sont situées en effet en situation intermédiaire entre le rez de chaussée (plus proche des sources de radiation provenant du sol contaminé) et le deuxième étage (plus proche des sources de radiation provenant du toit contaminé). Mais tout dépendra du niveau de contamination respectif accumulé sur le toit et sur les sols et de la capacité des matériaux de construction à atténuer les radiations qui les traversent.

Pour une maison située à flanc d'une colline boisée, le niveau de radiation sera probablement plus élevé dans les pièces situées du côté de la colline, du fait de la contamination accumulée dans la végétation et dans le sol au pied de la colline (effet du ruissellement).

Certaines de ces situations sont illustrées dans le film « Invisibles Retombées¹⁰ » produit par la CRIIRAD.

¹⁰https://www.youtube.com/watch?v=UaH5heMIC_k

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	
<i>Tableau A / Evénements techniques programmés (prélèvement hebdomadaire aux balises atmosphériques, maintenance,...)</i>	
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.



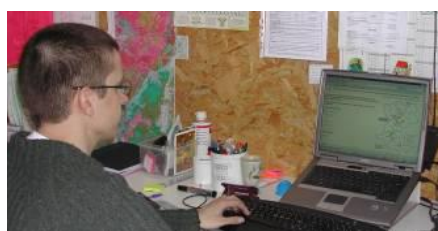
CONSEILLER SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



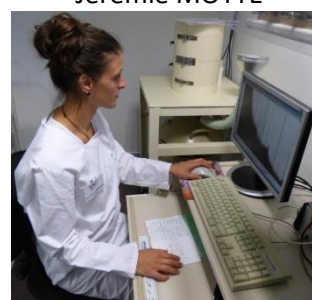
**RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION
DES BALISES**

Jérémy MOTTE



CO-DIRECTEUR

Julien SYREN



CO-DIRECTRICE

Marion JEAMBRUN



**INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES,
PREPARATION ECHANTILLONS, ANALYSES**

Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES

Stéphane MONCHÂTRE



RESPONSABLE QUALITE

Manon CAVALIER

EQUIPE D'ASTREINTE

Manon CAVALIER, Bruno CHAREYRON, Marion JEAMBRUN, Jérémy MOTTE, Stéphane PATRIGEON, Julien SYREN.