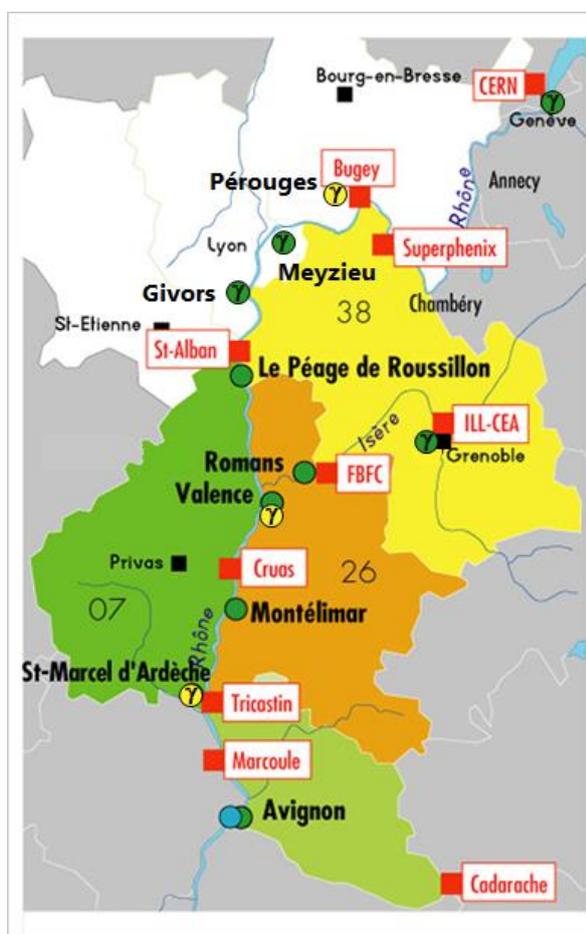


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 24-18

RAPPORT TRIMESTRIEL JANVIER-FEVRIER-MARS 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

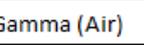
SOMMAIRE	2
SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD	3
I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Premier trimestre 2024	3
II/ A signaler au cours du trimestre	3
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	6
I/ Surveillance en continu du débit de dose 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 : CARTOGRAPHIER LE NIVEAU DE RADIOACTIVITE	17
LABORATOIRE CRIIRAD	23

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	31/07/2024	31/07/2024
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

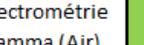
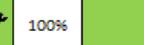
I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Premier trimestre 2024

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

BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		 99,8%	 99,8%	 12%	 99,8%
Iode (Air)			 99,8%	 12%	 99,8%
Gamma (Air)	 100%			 12%	

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)	 100%	 99,7%	 100%	 100%		
Gamma (Eau)						 66%

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 :

- Grenoble : 6 arrêts (les 8 et 19 janvier, le 12 février, les 4, 25 et 27 mars).
- Genève : 4 arrêts (le 19 février, les 18, 25 et 31 mars).
- Givors : 1 arrêt (le 25 mars).

Aucun de ces arrêts, d'une durée inférieure à 2 heures, n'a nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

- **Maintenance des balises (hors sondes de spectrométrie gamma)** : l'intervention (effectuée par la société Berthold à une fréquence annuelle) a eu lieu fin mars. Elle a été effectuée sur toutes les balises du réseau CRIIRAD à l'exception des sondes de spectrométrie gamma¹ entre les 19 et 27 mars. Le technicien Berthold a été assisté d'un technicien du laboratoire CRIIRAD au cours de cette maintenance. Diverses opérations ont été réalisées au cours de la maintenance :

- pour les balises atmosphériques : un contrôle complet des éléments mécaniques et électriques de la balise, la calibration des détecteurs, le démontage et le nettoyage des éléments sujets à l'empoussièrement du fait du fonctionnement des pompes, le changement des palettes de la pompe 5 m³/h, le remplacement de voyants de fonctionnement défectueux,...

- pour les sondes gamma : la vérification de l'étalonnage de la sonde ainsi que le paramétrage de l'électronique associée ;

- pour la balise aquatique d'Avignon : la vérification du réglage de la haute tension et de l'efficacité du détecteur ainsi que le fonctionnement des composants électriques et électroniques de la balise. Le technicien CRIIRAD a procédé au nettoyage de la cuve de comptage et à la vérification du fonctionnement des différents composants de la balise (système de nettoyage automatique de la cuve, préleveur automatique de l'eau dans la cuve en cas d'alarme,...).

Une action spécifique a été menée sur la balise de Romans avec le remplacement de la pompe de prélèvement pour l'unité de détection des iodes radioactifs (5 m³/h), dont le débit avait diminué depuis la dernière maintenance.

- **Absences de communication entre les balises et la centrale de gestion :**

- Montélimar : le 30 janvier (communication rétablie le jour même) et le 24 février (communication rétablie le 26 février).
- Péage de Roussillon : le 30 mars (communication rétablie le 31 mars).

Ces différentes opérations de réinitialisation ont été suivies d'une absence de données pendant une période inférieure à 2 heures.

- **Balise de Valence - Dysfonctionnement de l'électronique** : la carte d'alimentation du rack électronique de la balise était hors service depuis le **13 décembre** ([voir bulletin trimestriel précédent](#)). La réparation de la carte défectueuse par une société spécialisée en électronique n'ayant pas donné de résultats, il a été nécessaire de commander une nouvelle carte. Celle-ci a pu être mise en place le 20 mars. Bien qu'aucune donnée n'ait été mesurée entre le 1^{er} janvier et le 20 mars, les pompes de prélèvement d'air sont restées opérationnelles durant cette période, permettant l'analyse du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif a posteriori en laboratoire (résultats des analyses présentés en page 14).

- **Dysfonctionnement de la balise aquatique d'Avignon (fuite de lubrifiant)** : au cours de l'intervention du technicien CRIIRAD du 29 février 2024, une fuite de glycérine a été constatée au niveau de la pompe de prélèvement de l'eau du Rhône. Cet équipement a été immédiatement arrêté pour éviter tout dommage supplémentaire. La société fournisseur de la pompe ne réalisant plus de maintenance en atelier dans la région, d'autres prestataires de maintenance de pompes ont été contactés. En accord avec la Ville d'Avignon,

¹ La maintenance de ce matériel est effectuée par le fabricant (société Bertin). Ce dernier préconise une fréquence de vérification de la sonde de spectrométrie gamma portée à 3 ans, la première étant à mener après les 5 premières années de fonctionnement.

propriétaire de la pompe, un nouveau prestataire a été validé pour les réparations. A la date de rédaction de ce rapport, la pompe est en maintenance, le laboratoire de la CRIIRAD ayant géré le 31 mai le démontage de la pompe sur site pour son transport et sa livraison dans l'atelier du prestataire. Aucune donnée n'a été mesurée par la balise entre le 29 février et le 31 mars en raison de l'arrêt de la pompe.

- **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 19 février** pour remplacer le filtre aérosols de la balise et **le 19 mars** lors de la maintenance Berthold.

- **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 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.

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.

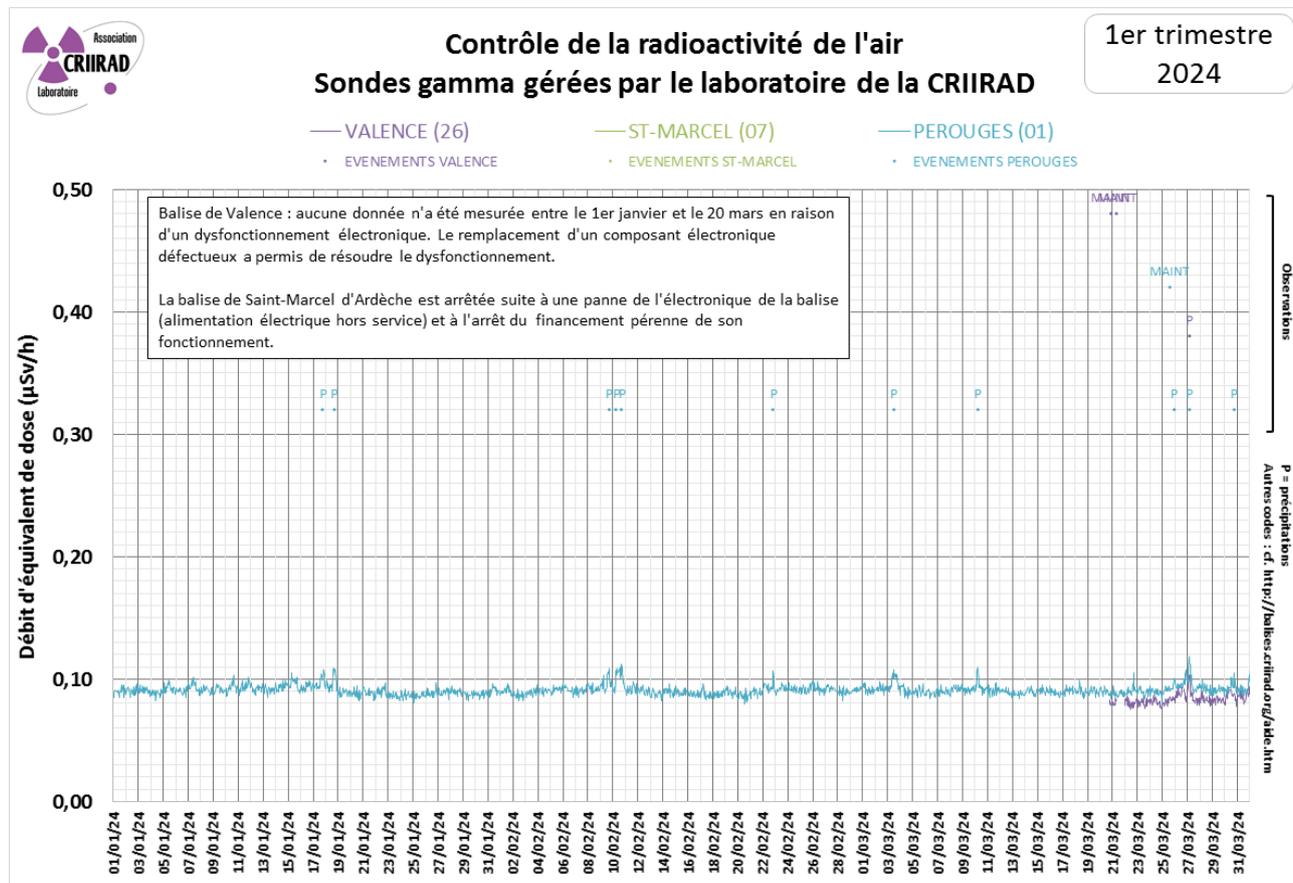
³ Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

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.

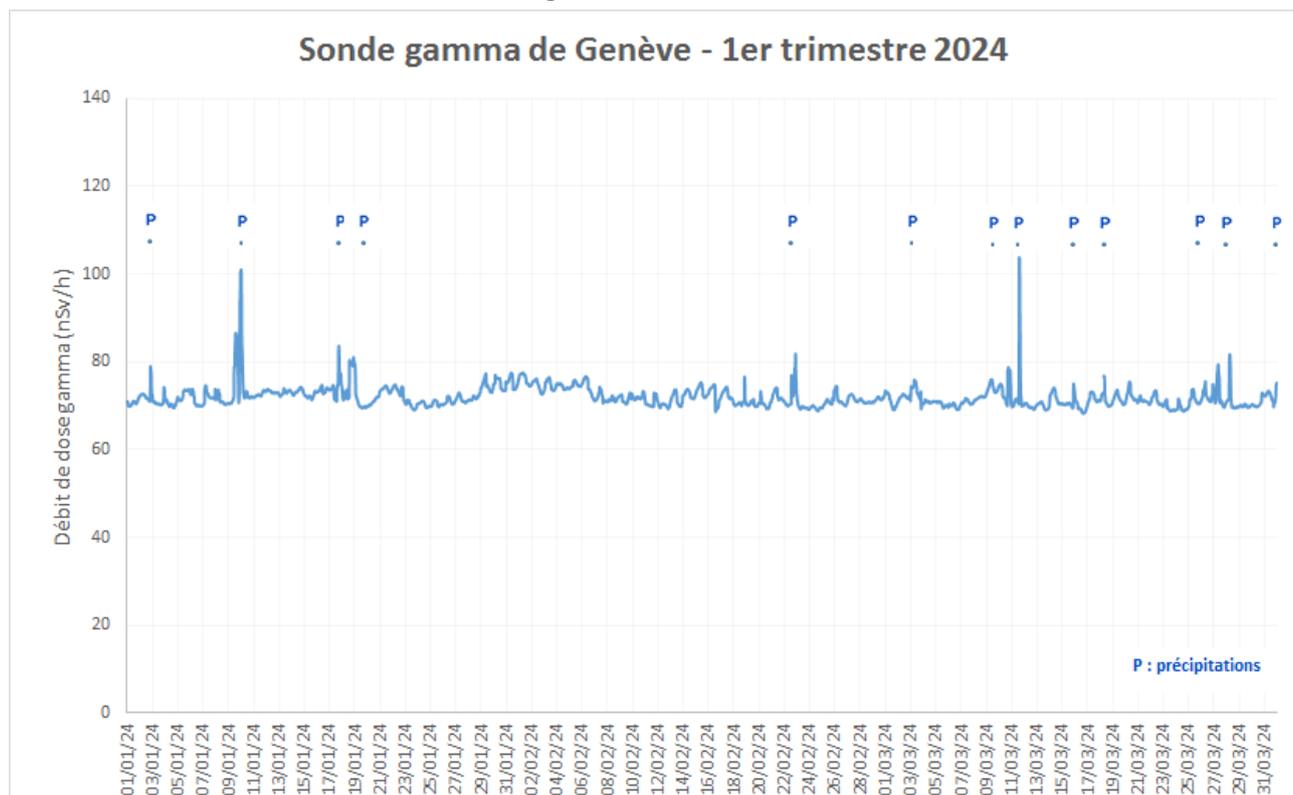
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

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

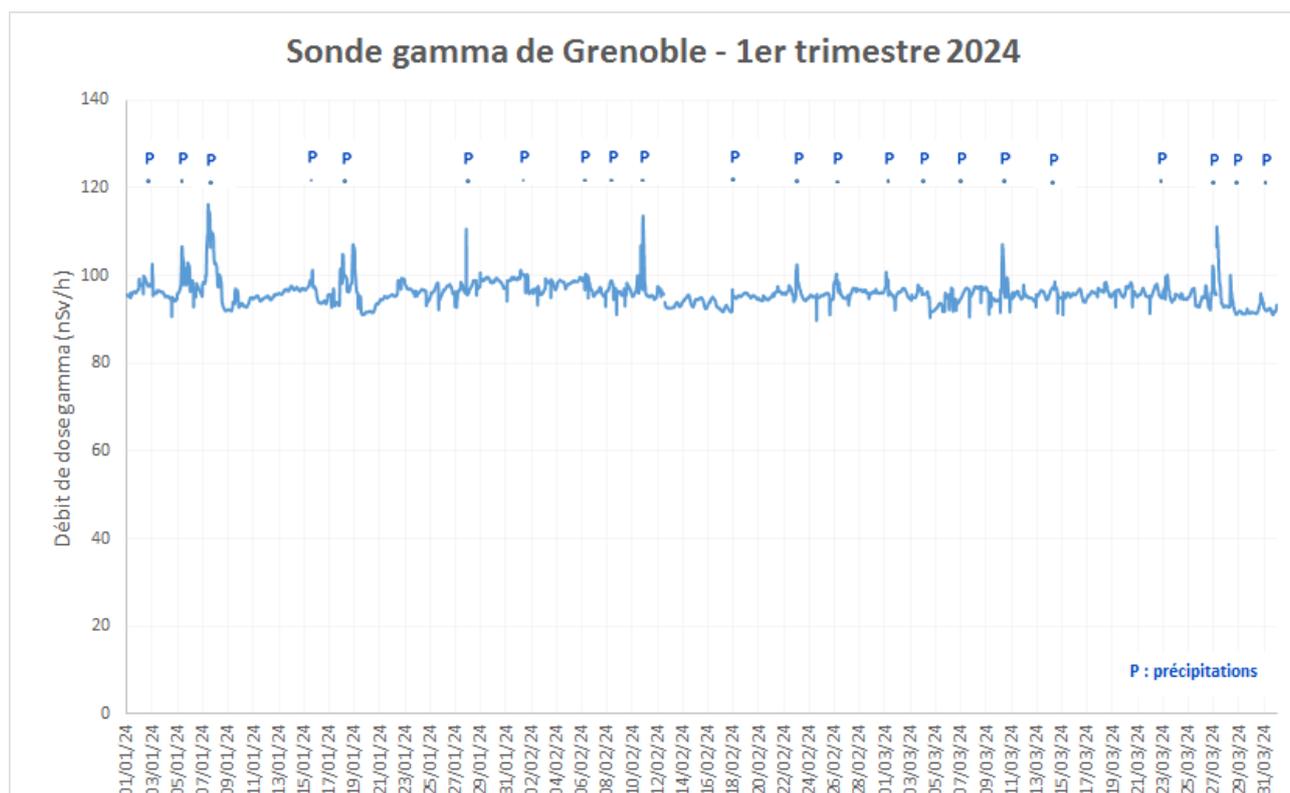
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambient



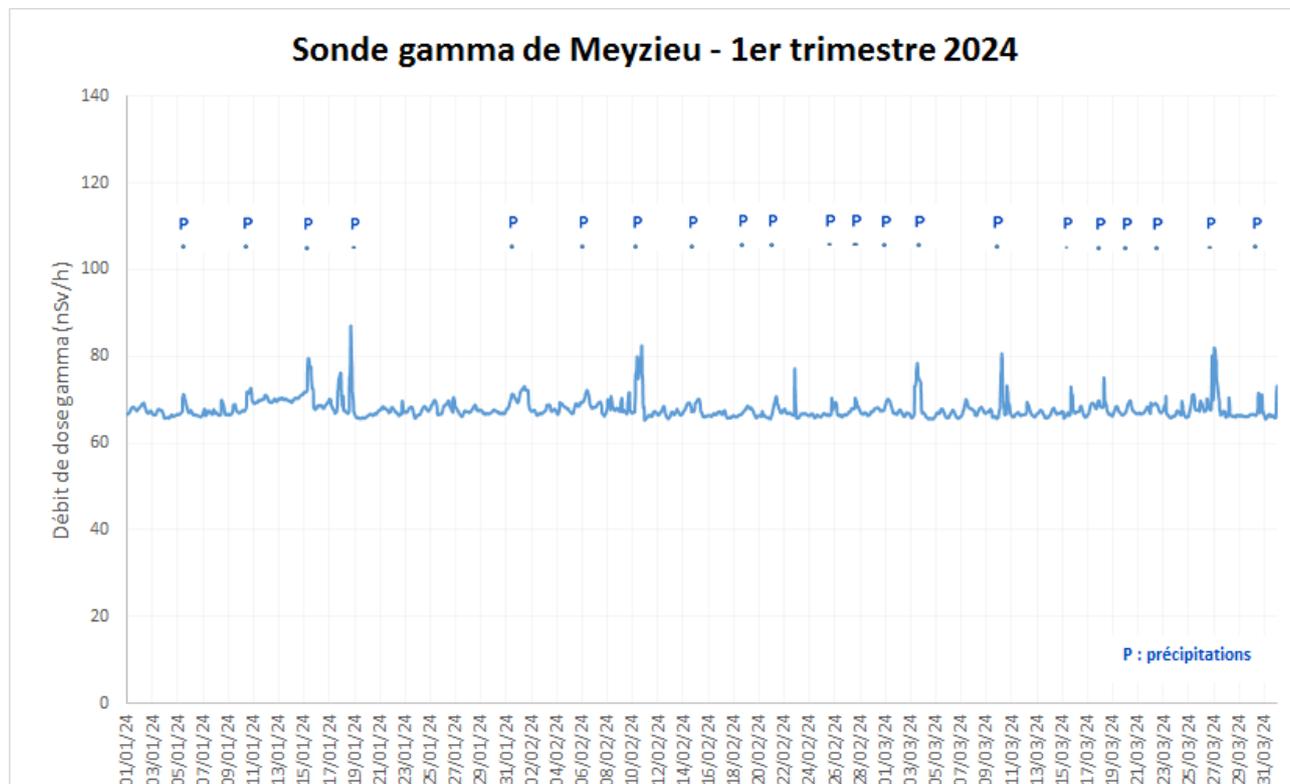
Débit de dose gamma ambiant à Genève



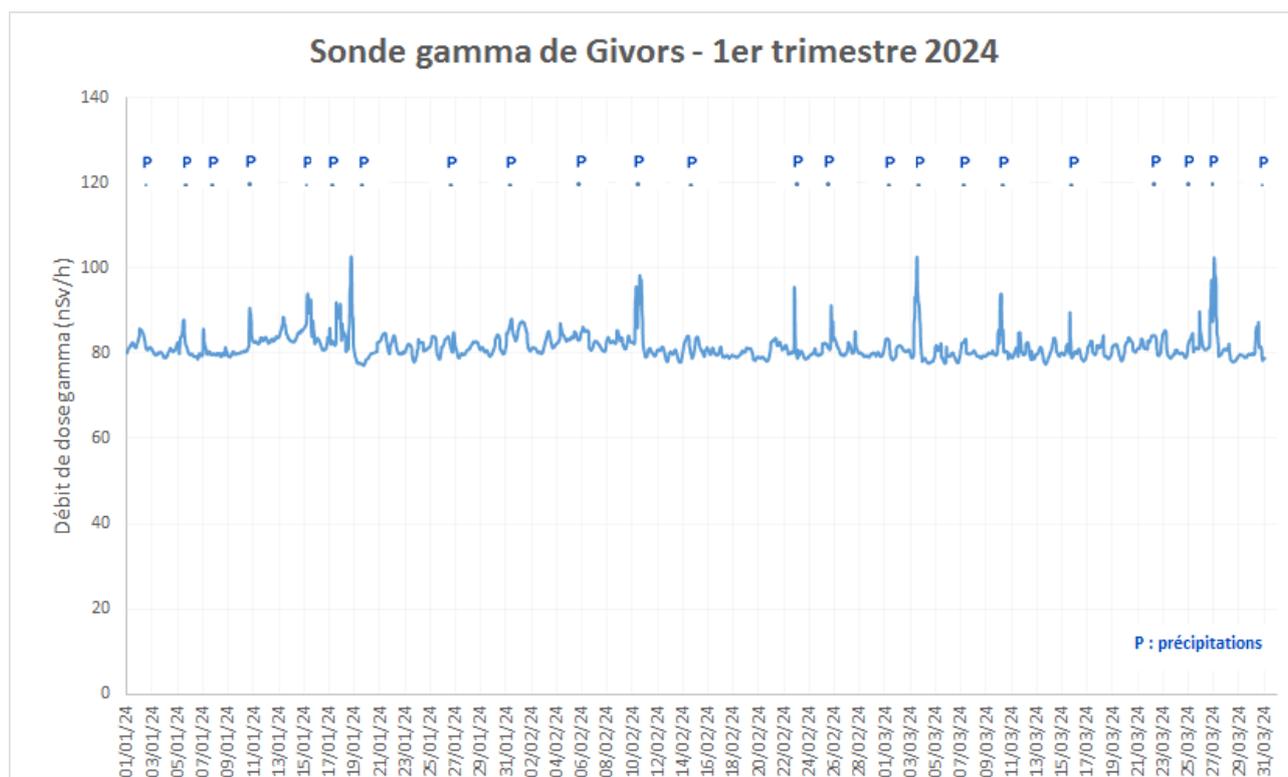
Débit de dose gamma ambient à Grenoble



Débit de dose gamma ambient à Meyzieu



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 7 janvier (notamment 0,116 $\mu\text{Sv/h}$ ou 116 nSv/h à Grenoble) ;
- le 18 janvier (notamment 0,087 $\mu\text{Sv/h}$ ou 87 nSv/h à Meyzieu) ;
- le 10 février ;
- le 3 mars (notamment 0,103 $\mu\text{Sv/h}$ ou 103 nSv/h à Givors) ;
- le 11 mars (notamment 0,104 $\mu\text{Sv/h}$ ou 104 nSv/h à Genève) ;
- le 27 mars (notamment 0,103 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence ou 0,118 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges).

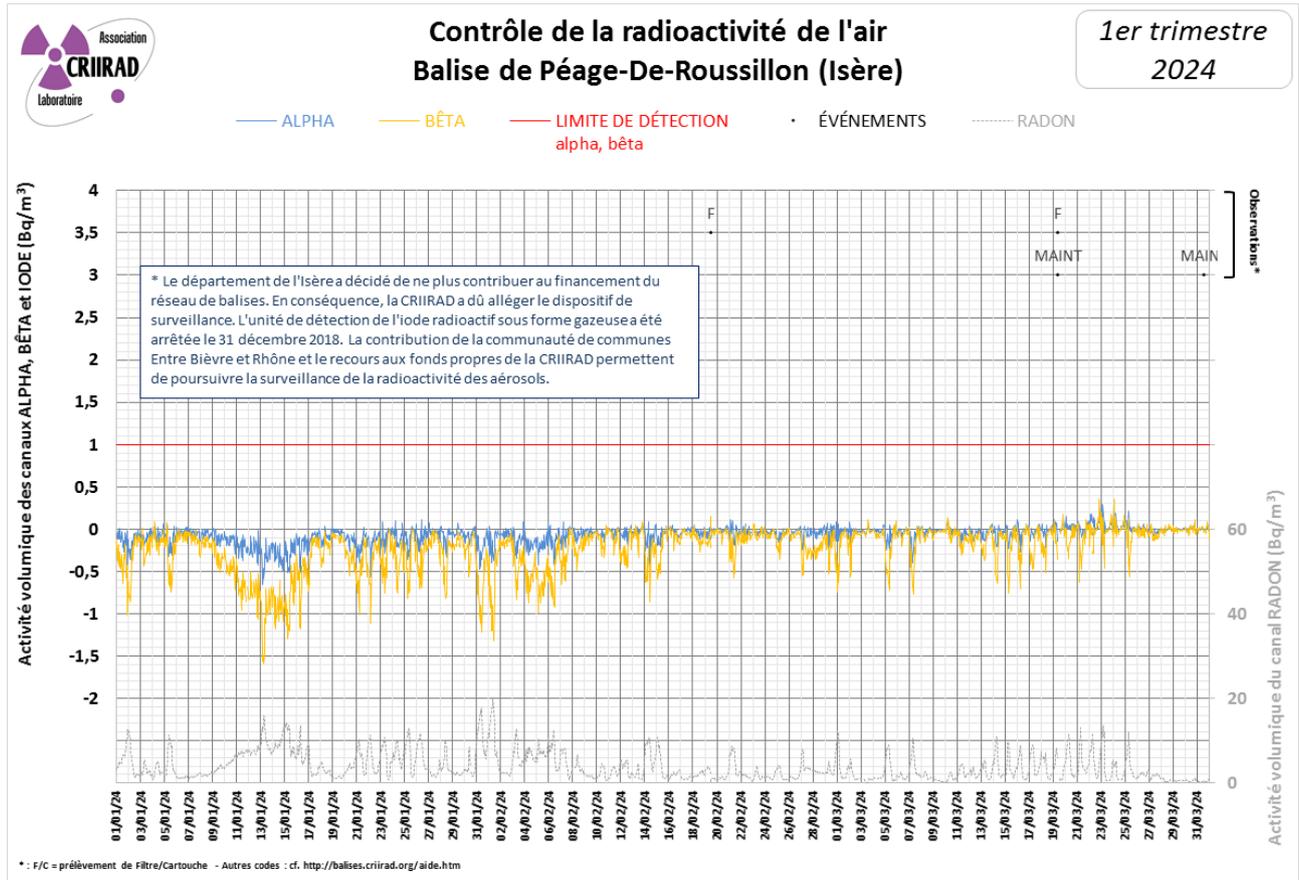
Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma⁵ du radon 222 naturellement présents dans l'air sont lessivés et rabattus au sol, ce qui entraîne une augmentation de courte durée du débit de dose.

A noter qu'aucune donnée n'a été mesurée à Valence entre le 1^{er} janvier et le 20 mars, compte tenu du dysfonctionnement de l'électronique de mesure (voir page 4).

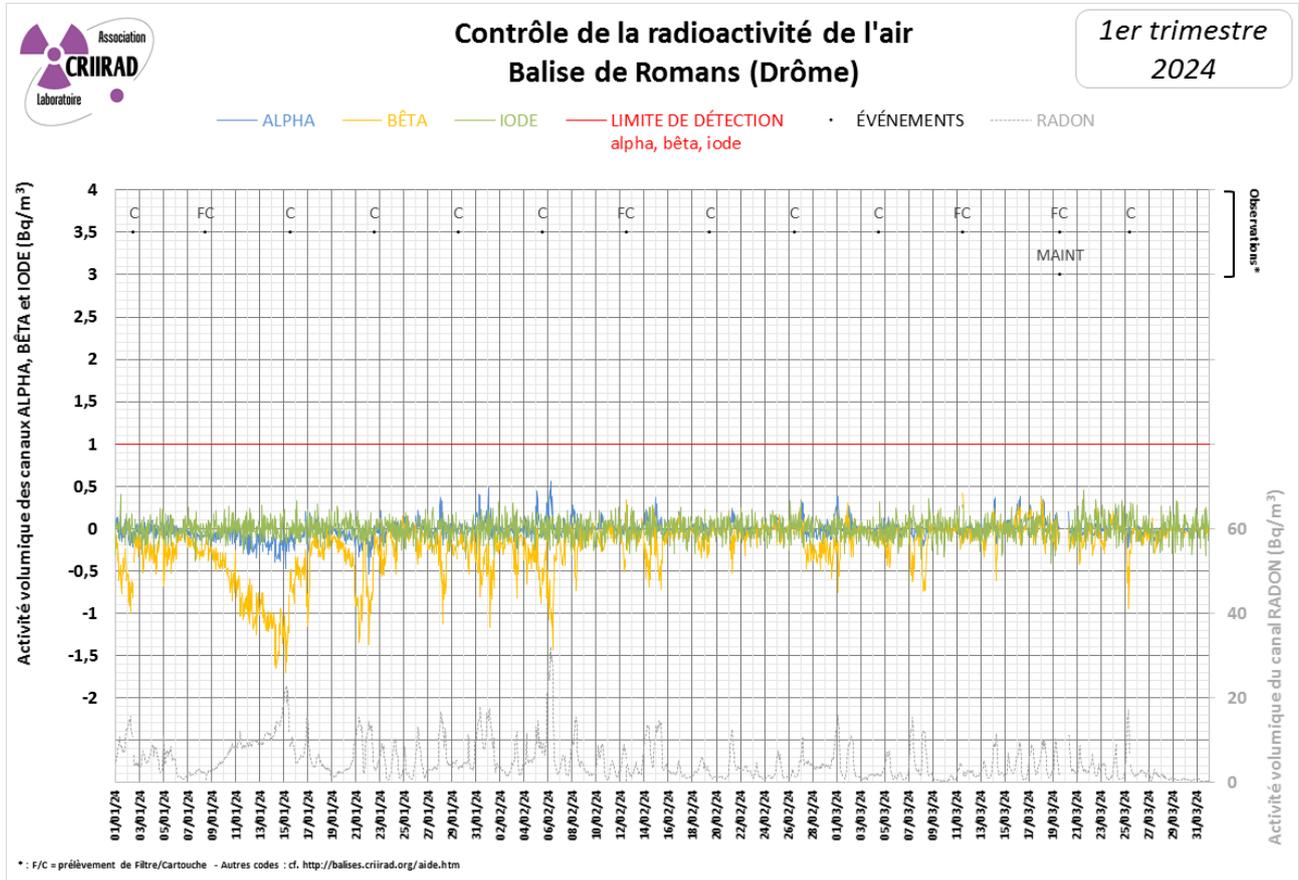
⁵ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

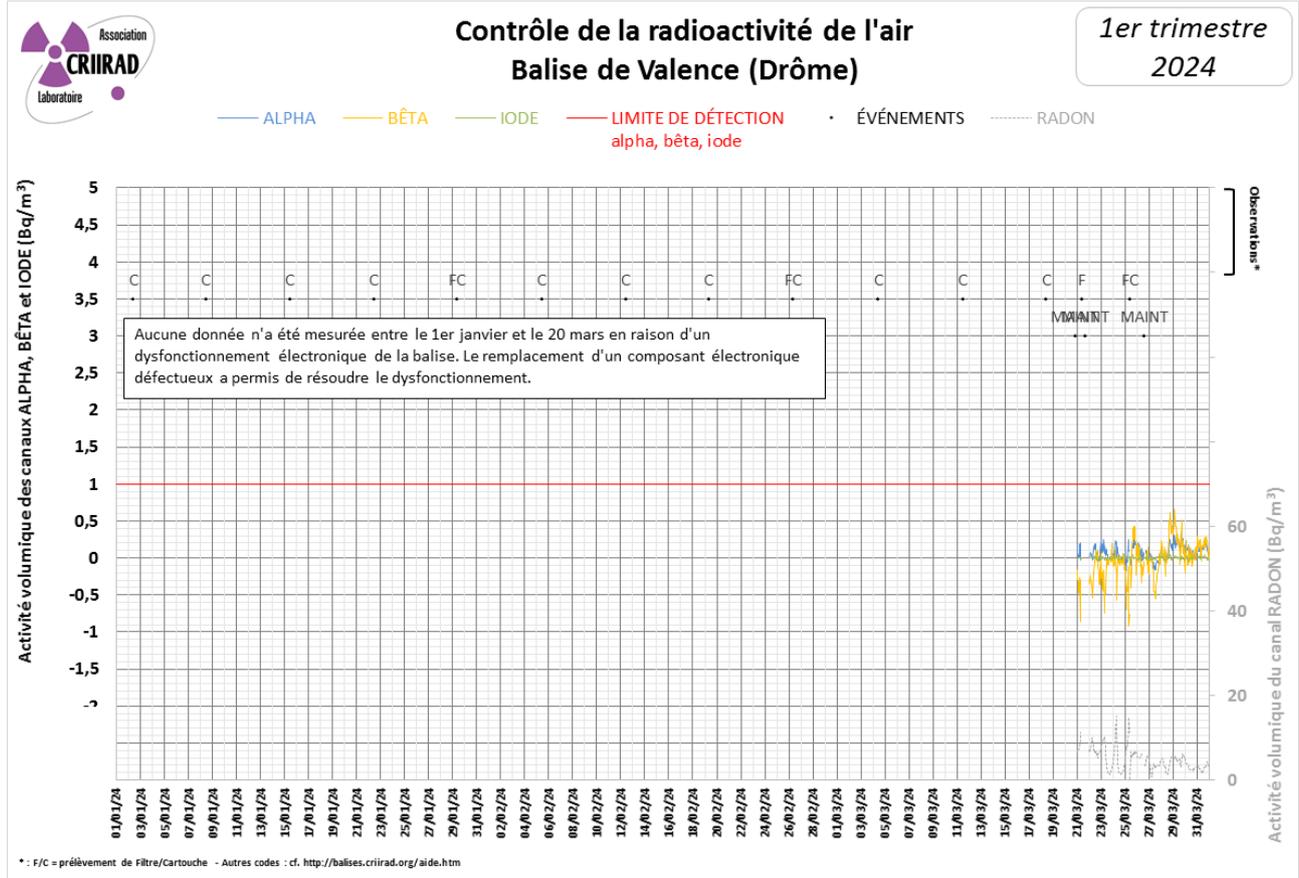
A/ Balise de Péage de Roussillon



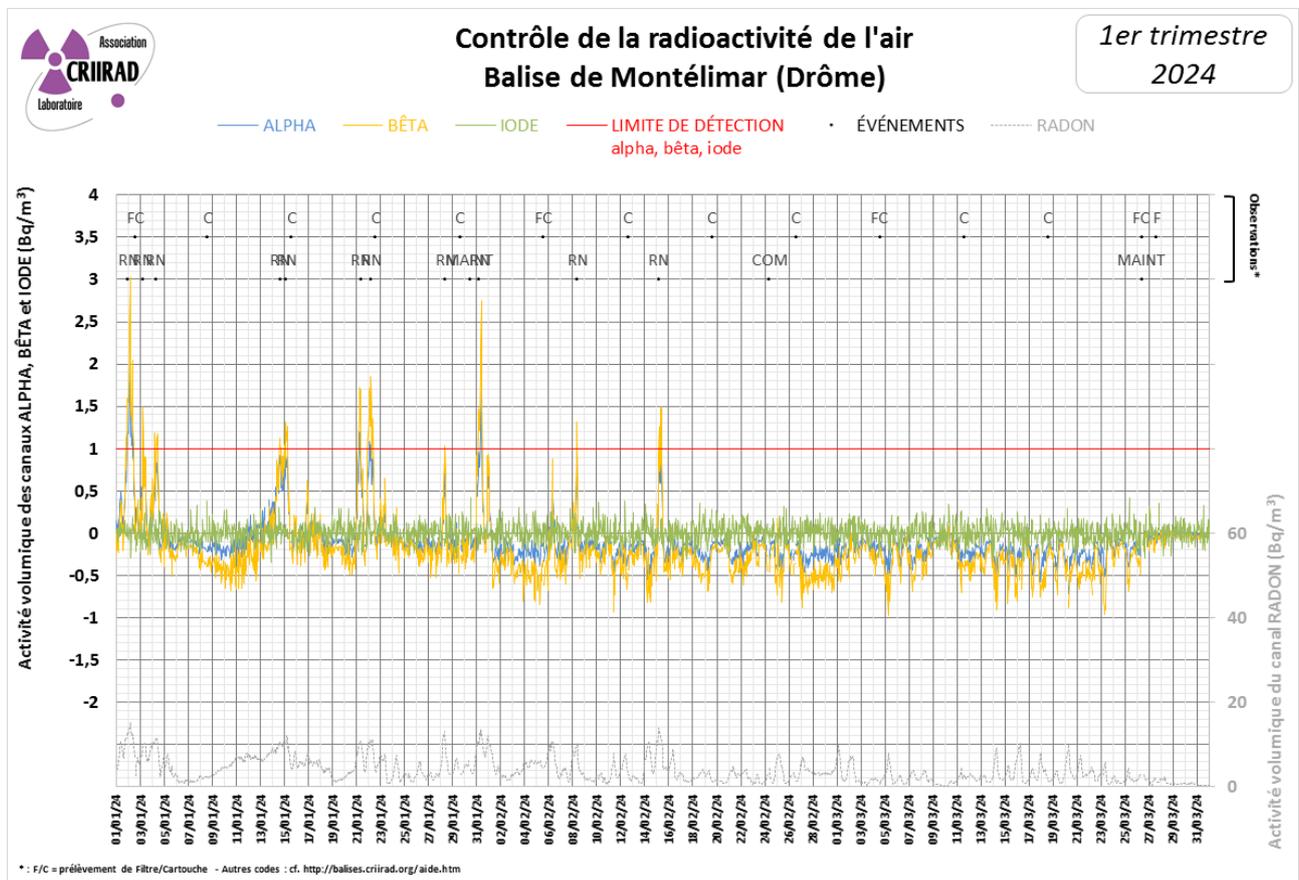
B/ Balise de Romans-sur-Isère

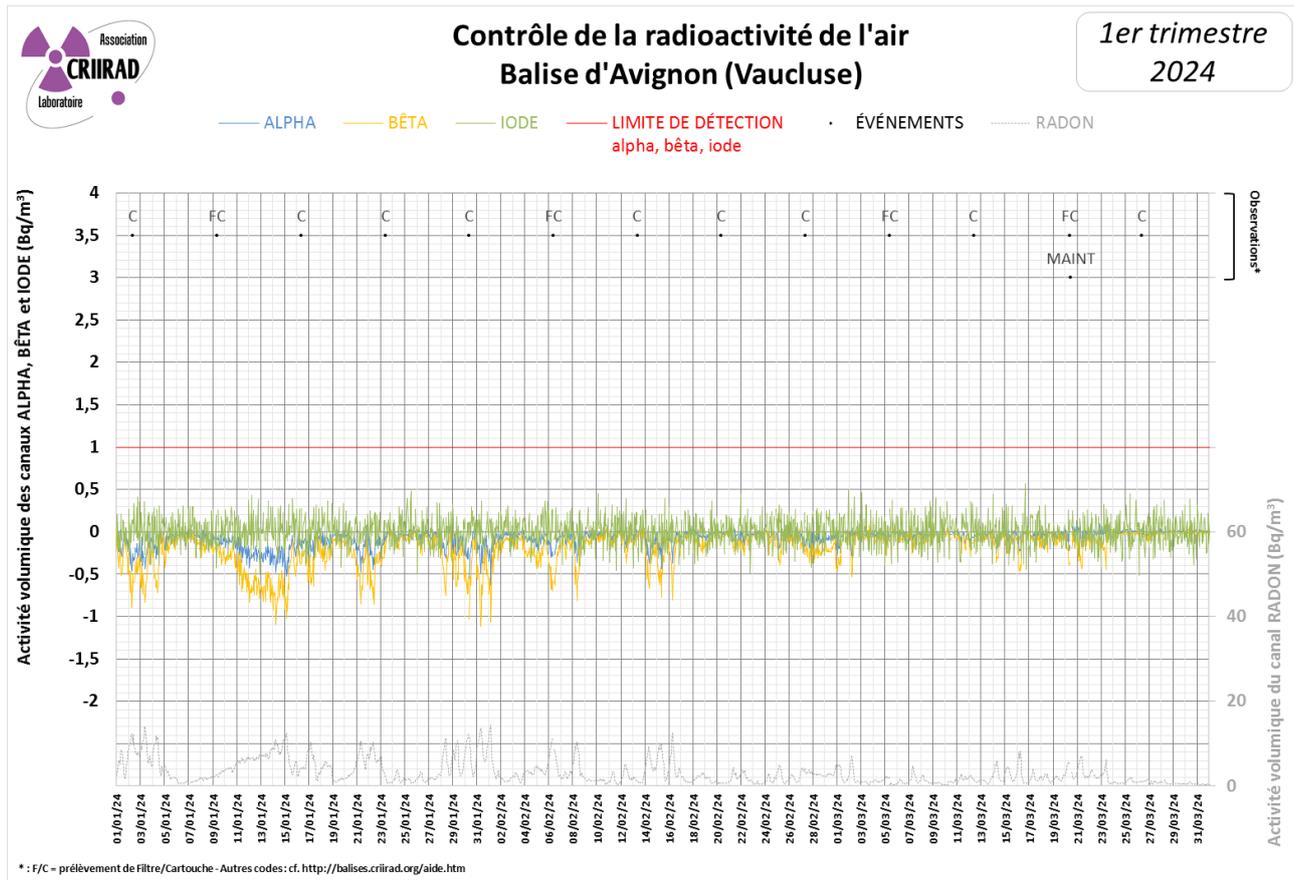


C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar





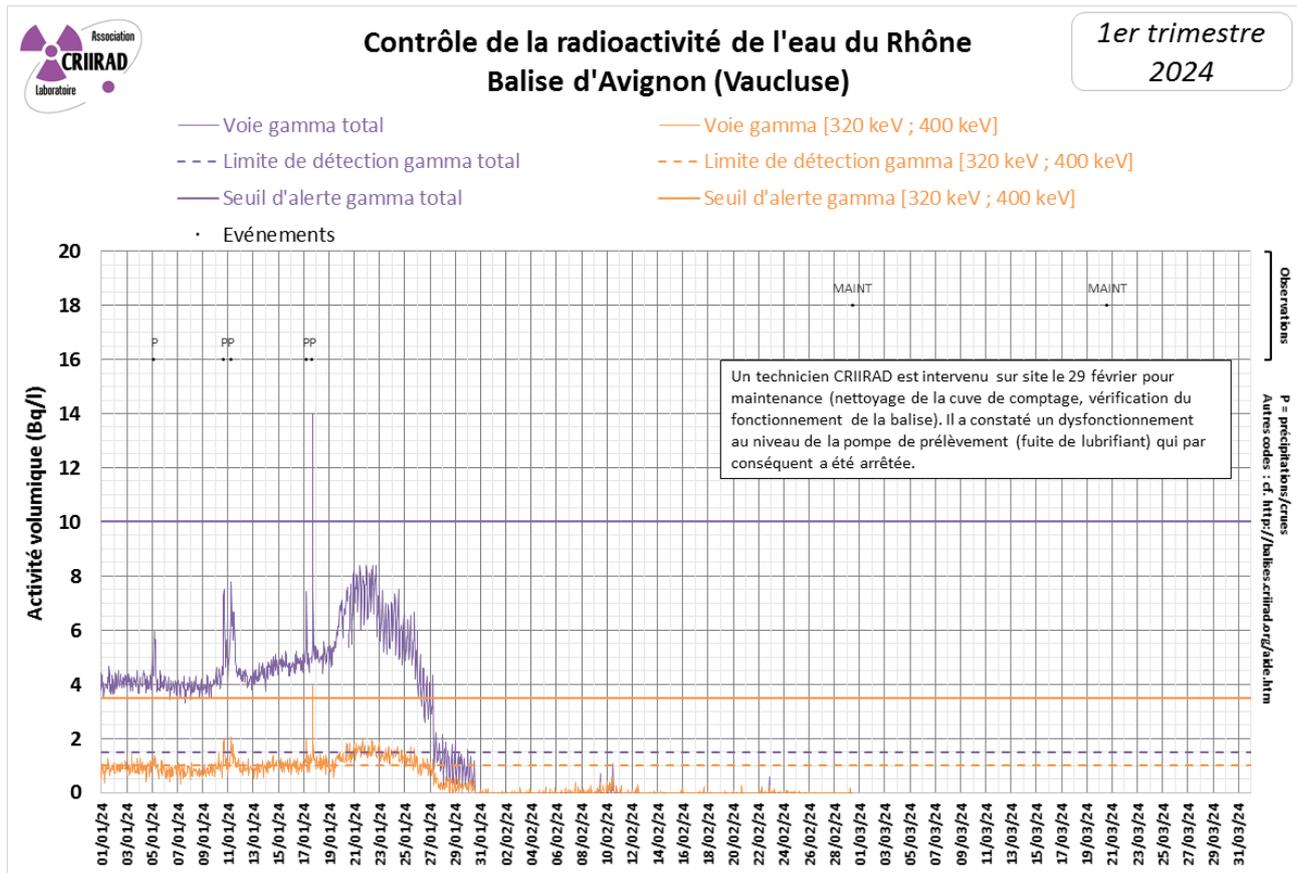
Commentaires

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 graphique en page 10) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct de la balise atmosphérique de **Montélimar** (période entre le 1^{er} et le 4 janvier, les 14, 15, 21, 22, 28 et 31 janvier ainsi que les 8 et 15 février). 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, une activité volumique maximale en radon de 15 Bq/m^3 le 2 janvier à la balise de Montélimar a été mesurée).

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.

Entre le 1^{er} et le 27 janvier, les activités volumiques ont dépassé de façon continue la limite de détection sur la voie de mesure gamma total (1,5 Bq/l) et de façon quasi-continue sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (1 Bq/l). Le seuil d'alerte (10 Bq/l) sur la voie gamma total et sur la voie gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (3,5 Bq/l) a été franchi à une reprise le 17 janvier, alertant le personnel d'astreinte. Les activités maximales ont été de 14 Bq/l sur la voie de mesure gamma total et de 4 Bq/l sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV].

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'alerte⁷ du 17 janvier. Le débit et la charge du Rhône ont très fortement augmenté suite aux différents épisodes pluvieux de l'automne 2023, combinés à une fonte conséquente de la neige en montagne, surtout durant les 3 premières semaines de janvier. 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. A partir du 23 janvier, la concentration en sédiments dans le Rhône a considérablement diminué, ce qui a permis, avec le système de nettoyage automatique de la cuve, de progressivement éliminer les sédiments présents en fond de cuve. Le signal était alors proche du bruit de fond sur les 2 voies de mesure à partir du 31 janvier.

Le technicien du laboratoire CRIIRAD est intervenu le 29 février afin de vérifier le fonctionnement de la balise. Il a constaté au cours de son intervention une légère fuite de glycérine au niveau de la pompe de prélèvement. Cette dernière a été arrêtée par précaution pour éviter un endommagement supplémentaire.

Malgré l'arrêt de la pompe, la maintenance des autres composants de la balise, notamment celle du détecteur de mesure, a pu être effectuée par le prestataire Berthold le 20 mars.

⁷ Le ratio des activités volumiques « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » lors de l'épisode du 17 janvier a été de 3,5, dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux. Pour les autres épisodes de dépassement du 1^{er} au 27 janvier, le ratio s'est plutôt situé dans la fourchette de 4,5 à 6,3, caractéristique d'épisodes 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	11/12/23 11:23	08/01/24 11:23	08/01/2024	09/01/24	< 12,0	< 15,0	< LD
	Romans	08/01/24 11:31	12/02/24 11:28	12/02/2024	13/02/24	< 8,0	< 12,0	< LD
	Romans	12/02/24 11:36	11/03/24 11:24	11/03/2024	11/03/24	< 10,0	< 15,0	< LD
	Valence	26/12/23 08:18	29/01/24 09:03	29/01/2024	30/01/24	< 8,0	< 11,0	< LD
	Valence	29/01/24 09:25	26/02/24 08:13	26/02/2024	26/02/24	< 10,0	< 16,0	< LD
	Valence	26/02/24 08:20	25/03/24 09:39	25/03/2024	25/03/24	< 13,0	< 17,0	< LD
	Montélimar	04/12/23 13:15	02/01/24 13:03	02/01/2024	02/01/24	< 10,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	02/01/24 13:10	05/02/24 13:05	05/02/2024	05/02/24	< 8,0	< 12,0	< LD
	Montélimar	05/02/24 13:13	04/03/24 13:12	04/03/2024	05/03/24	< 10,0	< 14,0	< LD
	Avignon	05/12/23 09:49	09/01/24 09:36	09/01/2024	11/01/24	< 8,0	< 13,0	< LD
	Avignon	09/01/24 09:44	06/02/24 08:53	06/02/2024	12/02/24	< 10,0	< 15,0	< LD
Avignon	06/02/24 09:05	05/03/24 09:05	05/03/2024	07/03/24	< 9,0	< 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	02/01/24 11:24	08/01/24 11:23	08/01/2024	09/01/24	< 220	< LD
	Romans	05/02/24 11:32	12/02/24 11:28	12/02/2024	13/02/24	< 190	< LD
	Romans	04/03/24 11:33	11/03/24 11:24	11/03/2024	12/03/24	< 180	< LD
	Valence	22/01/24 09:46	29/01/24 09:03	29/01/2024	30/01/24	< 140	< LD
	Valence	19/02/24 07:20	26/02/24 08:13	26/02/2024	26/02/24	< 110	< LD
	Valence	18/03/24 10:21	25/03/24 09:39	25/03/2024	26/03/24	< 120	< LD
	Montélimar	26/12/23 12:14	02/01/24 13:03	02/01/2024	03/01/24	< 100	< LD
	Montélimar	29/01/24 13:36	05/02/24 13:05	05/02/2024	06/02/24	< 100	< LD
	Montélimar	26/02/24 13:38	04/03/24 13:12	04/03/2024	05/03/24	< 120	< LD
	Avignon	27/02/24 09:06	05/03/24 09:05	05/03/2024	08/03/24	< 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 05/03/2024.

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)
1er trimestre	05/03/24 12:00	15/03/24	32 517	< 0,16	< 0,07	< 4,2

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	
1er trimestre	05/03/2024 12:00	30/04/2024	07/05/2024	< 2,0

Le tritium étant un radionucléide émetteur bêta pur, il est recherché au moyen d'un comptage par scintillation liquide sur eau brute (sans distillation).

Commentaires :

L'activité en tritium dans l'échantillon est restée inférieure à la limite de détection (<2,0 Bq/l).

Il s'agit seulement de la cinquième analyse trimestrielle depuis 2015 (soit 5 prélèvements sur 37) 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 : CARTOGRAPHIER LE NIVEAU DE RADIOACTIVITE

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

Suite à des retombées radioactives : comment cartographier le niveau de radioactivité sur un terrain ou dans un bâtiment avec un radiamètre ?

Intérêt de réaliser ses propres mesures avec un radiamètre

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

La présente fiche comporte un certain nombre de conseils pour la **réalisation d'une « cartographie » du niveau de radioactivité** sur un terrain soumis à des retombées radioactives.



Mesures radiamétriques au Japon (CRIIRAD, juin 2012)

Ces mesures pourront permettre d'évaluer le **niveau moyen de radiation** sur un terrain donné. Si l'on ne dispose pas d'un radiamètre, une estimation théorique est cependant possible à partir de cartes des retombées. Ces résultats pourront être utiles pour affiner l'évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe.

Ces mesures permettront également de **repérer** 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 accrus d'exposition aux radiations (*une liste est proposée dans la fiche focus du rapport trimestriel précédent, page 17⁸*).

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 proposée dans la fiche du point focus précédent n'est pas exhaustive et pour tenir compte de la complexité des mécanismes de dépôt, d'accumulation et de redistribution dans le temps, des substances radioactives, **il est utile de réaliser ses propres mesures**.

En effet, l'expérience acquise par la CRIIRAD montre que les cartographies officielles des niveaux de retombées, que ce soit en Ukraine ou à Fukushima, sont en général trop « grossières » pour rendre compte de l'hétérogénéité de la contamination ou de l'irradiation externe au niveau d'un seul terrain et à plus forte raison d'une habitation.

Les cartes officielles sont en effet souvent réalisées avec des moyens aéroportés (hélicoptère, désormais drones) qui n'offrent pas le même niveau de « résolution » spatiale que des mesures faites au niveau du sol et à pied.

Par ailleurs, le fait **d'actualiser régulièrement** la cartographie radiamétrique de son terrain, peut permettre de relever des évolutions positives ou négatives permettant de prendre des décisions éclairées. 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.

Choix de l'appareil

Plusieurs types d'appareils de détection de la radioactivité peuvent être utilisés pour réaliser une cartographie du niveau de radiation sur un terrain ou dans un bâtiment, à l'issue des retombées radioactives.

Comme indiqué dans la fiche A1, en cas de retombées suite à une catastrophe sur un réacteur nucléaire, la majorité des substances radioactives rejetées émettent des **rayonnements bêta et gamma**.

On utilisera donc de préférence un **compteur Geiger** ou un **scintillomètre** sensible au rayonnement gamma, ou aux rayonnements bêta et gamma.

Mais il est également possible d'utiliser un **contaminomètre** sensible aux rayonnements alpha, bêta et gamma.

⁸ [Rapport balises CRIIRAD du 4^{ème} trimestre 2024](#)

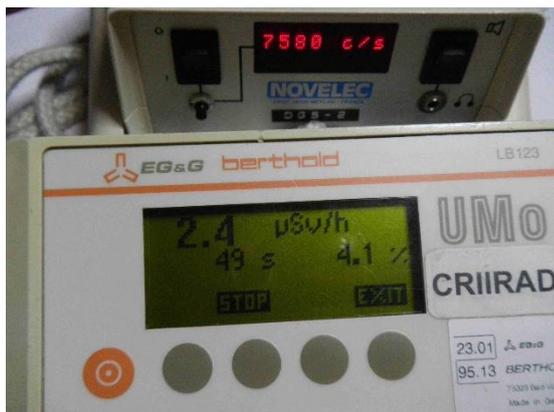
S'il s'agit d'effectuer des calculs de dose, il est préférable d'utiliser un appareil calibré⁹ et dont les résultats sont exprimés en **débit de dose** (nSv/h : **nanoSieverts par heure** ou $\mu\text{Sv/h}$: **microSieverts par heure**).

Plusieurs modèles de compteur Geiger grand public (comme le RADEX proposé par la CRIIRAD) présentent un bon rapport qualité-prix. Il existe des dizaines de modèles de radiamètres disponibles à la vente, de performances très inégales.

Si l'on dispose d'un icptomètre, qui exprime le niveau de radiation en **coups par seconde (c/s)**, il peut tout-à-fait être utilisé. Une calibration expérimentale pourra permettre de convertir les résultats en débit de dose.

Pour des expertises, le laboratoire de la CRIIRAD utilise un équipement de type scintillomètre gamma, dont les résultats sont **exprimés en c/s**. Sa cinétique de mesure est beaucoup plus rapide que celle d'un compteur Geiger classique (mais il est beaucoup plus onéreux).

Le prix des appareils ne devrait pas être un obstacle. A l'échelle d'un quartier ou d'un village, en cas de besoin, les habitants devraient pouvoir voir, auprès de leur mairie, si des appareils peuvent être acquis par la collectivité puis mis à disposition des citoyens.



Mesure du niveau de radiation gamma avec divers radiamètres (flux gamma en c/s et débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$).

Utilisation de l'appareil

La stratégie de contrôle va dépendre des objectifs : vérification du niveau moyen de radiation sur le terrain, repérage des points d'accumulation, vérification de l'efficacité de mesures de décontamination, évaluation de l'exposition externe cumulée sur une journée, etc.

Stratégie de contrôle : aspect spatial

Pour apprécier rapidement le niveau de radiation ambiante, il est plus simple d'effectuer des mesures à environ **1 mètre au-dessus du sol**, c'est-à-dire à la hauteur des organes de reproduction humains.

Les valeurs de débit de dose obtenues seront alors représentatives de l'exposition externe du corps entier

⁹La plupart des appareils sont calibrés sur l'énergie des rayonnements émis par le césium 137.

(pour un adulte). S'il s'agit d'évaluer l'exposition d'un enfant, on préférera des mesures à **50 cm au-dessus du sol**.

En fonction des objectifs poursuivis, on peut souhaiter réaliser des mesures systématiques selon un quadrillage qui dépend de la surface de la zone à contrôler, de la rapidité d'acquisition des mesures de l'appareil et du temps dont on dispose pour effectuer les mesures.

S'il s'agit de cartographier le niveau de radiation sur un terrain plat et nu, qui présente peu de points de repère, on pourra faire les mesures **selon des lignes** que l'on aura matérialisées par un fil attaché entre deux piquets.

Sur les abords de la maison où existent de nombreux points de repère, plutôt que de faire des mesures selon un quadrillage arbitraire, on peut préférer des mesures **par types de zone**. Par exemple : milieu du chemin d'accès à la propriété, bordure de la balançoire, trajet systématique tout autour des bâtiments à 1 mètre de distance des murs extérieurs, etc.

La réalisation de mesures à 1 mètre au-dessus du sol, permet d'avoir assez rapidement une vision globale du niveau de radiation ambiante et des secteurs qui présentent des risques accrus.



Mesure du taux de radiation à 1 m du sol (CRIIRAD, 2011)

Pour un travail plus minutieux, il est utile de réaliser des mesures directement **au contact du sol** afin de localiser plus précisément des « points d'accumulation ». Cela permettra en outre d'évaluer plus précisément les doses pour les situations où des personnes sont très proches du sol (enfant en bas-âge, activités de jardinage, etc.). L'interprétation des résultats de mesure de débit de dose au contact du sol peut être complexe. Il faut garder à l'esprit que ces résultats ne sont pas utilisables directement pour évaluer la dose au corps entier car ils conduiraient à une forte surestimation.

Les deux stratégies : mesures à 1 mètre du sol ou mesure au contact du sol sont complémentaires.

Lorsque c'est possible, la CRIIRAD recommande d'ailleurs de réaliser les deux types de mesures.



Mesure du taux de radiation au contact du sol (CRIIRAD, 2012)

Stratégie de contrôle : aspect temporel

Si l'on dispose d'un appareil très réactif, comme un scintillomètre, on peut réaliser des mesures en **mode dynamique** (on fait des mesures en continu en marchant au pas et non pas des mesures en restant immobile à chaque station de mesure).

Il est pertinent de commencer alors par parcourir assez rapidement le secteur à contrôler afin d'apprécier la variabilité des résultats. Cela permet ensuite d'adapter le nombre de points de mesure en statique (position immobile) et de choisir leur emplacement en fonction des résultats des mesures en dynamique. Si par exemple sur une portion de terrain on observe des variations notables du niveau de radiation en fonction de l'emplacement, on pourra juger pertinent de réaliser des mesures statiques en 3 points correspondant aux secteurs avec les valeurs les plus faibles, moyennes et les plus fortes. Si par contre sur une portion de terrain, le « balayage dynamique » montre une situation homogène, on ne réalisera les mesures statiques qu'en un point (par exemple au centre de cette portion de terrain).

En revanche si l'on dispose d'un simple compteur Geiger, il est en général préférable de réaliser les mesures en **mode statique** (on se place à un endroit et on ne bouge plus tant que la mesure n'est pas terminée).

Protection de l'appareil

Lorsque l'on pose un radiamètre au contact du sol, il est préférable de l'insérer au préalable dans un **sachet en plastique** afin de le protéger de l'humidité et de limiter le risque que des substances radioactives présentes sur le sol ne pénètrent dans l'appareil ce qui pourrait être en particulier le cas s'il présente des fentes ou des parties non étanches (autour des interrupteurs par exemple). Un sachet en plastique ne modifiera pas le

résultat de la mesure pour ce qui concerne les rayonnements gamma.



Compteur Geiger protégé dans un sachet

Influence des conditions de mesure

Il est utile de faire attention à l'influence que peuvent avoir, des sources de radiation mobiles ou des écrans mobiles situés à proximité.

Par exemple, si on fait des mesures à l'intérieur d'un bâtiment, à 1 mètre au-dessus du sol, non loin d'une porte ou d'une fenêtre. Il est probable que si une personne s'interpose entre le radiamètre et l'extérieur, la valeur mesurée soit plus faible que s'il n'y a personne. **Le corps humain** va en effet atténuer une partie des rayonnements gamma émis par les substances radioactives déposées à l'extérieur. Il en va de même pour l'opérateur lui-même dès lors que son corps est interposé entre une source de rayonnements gamma particulière et le radiamètre.

Dans la majorité des cas concrets liés à des retombées après une catastrophe nucléaire, compte tenu de la forte énergie des rayonnements gamma émis, l'interposition d'un corps humain ne devrait pas diminuer¹⁰ le résultat de mesure de plus de **20 %**.

Mais on peut se trouver dans des situations où un objet plus massif, par exemple une **voiture**, est présent au moment où l'on fait des mesures en un point donné et atténue par sa présence les radiations provenant d'une source proche.

Afin de bien garder en mémoire les situations au moment des mesures, il est donc utile de faire un maximum de **photographies** avec plusieurs angles de prises de vues.

Temps d'acquisition

En mode statique, on se place avec le radiamètre au niveau du point de mesure que l'on a choisi (que ce soit dans le cas des mesures avec l'appareil tenu à 1 mètre du sol, 50 cm du sol, ou posé sur le sol) et on lance l'acquisition de la mesure.

¹⁰Voir la séquence au temps t= 27 minutes du film « Invisibles retombées » https://www.youtube.com/watch?v=UaH5heMIC_k

Certains appareils proposent des dispositifs de visualisation des résultats qui font apparaître la valeur moyenne du résultat au bout d'un temps prédéfini ou parfois d'un temps évalué automatiquement par l'appareil pour garantir une précision suffisante.

La mesure d'un taux de radiation ambiant, qu'il soit exprimé en coups par seconde ou en microSieverts par heure, est en effet d'autant plus précise que le nombre de rayonnements détectés par l'appareil est élevé. Pour une même précision de la mesure, il faut parfois effectuer un comptage de **quelques minutes** à un endroit où le niveau de radiation est banal (et correspond par exemple à la radioactivité naturelle, soit de l'ordre de 0,1 µSv/h). Mais ce temps peut être ramené à quelques dizaines de secondes si le niveau de radiation est vraiment élevé (quelques µSv/h et plus).

Lorsque cela est possible, il est prudent de réaliser **plusieurs mesures successives** au même endroit (par exemple trois mesures). En cas d'incohérence entre les résultats, on peut suspecter une instabilité de l'appareil ou un artefact de mesure.

Traçabilité des mesures

On reportera le résultat de la (ou des) mesure(s) dans un document avec d'autres informations utiles dont une liste non exhaustive est proposée ci-dessous :

- Nom de code du point, par exemple P1 (penser à le repérer sur un plan ou un croquis du lieu) ;
- Nom du radiamètre, N° de série ;
- Nom de l'opérateur ;
- Hauteur de mesure (contact du sol, 1 mètre au-dessus du sol, autre cas) ;
- Date et heure de la mesure ;
- Résultat des mesures ;
- Unité de mesure (c/s, nSv/h, µSv/h) ;
- Nature du sol (terre battue, goudron, béton, rocher, pelouse, prairie, neige, autre) ;
- Géométrie : sol plat, point d'accumulation ;
- Conditions météorologiques : vent, pluie.

Il est utile de reporter les résultats de mesure sur un plan ou un croquis et de les examiner globalement pour déterminer par exemple :

- si la valeur moyenne du taux de radiation est cohérente avec les résultats officiels ; ou
- si les variations entre valeurs les plus faibles et les plus élevées sont logiques, compte tenu des informations données dans le focus du rapport trimestriel précédent à propos des « points d'accumulation ».

Ces résultats permettent de calculer les doses cumulées que l'on risque de subir en vivant sur ce terrain et, dans le cas où l'on décide de rester, de prendre des décisions sur le traitement de certains points d'accumulation, afin de limiter les doses.

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.



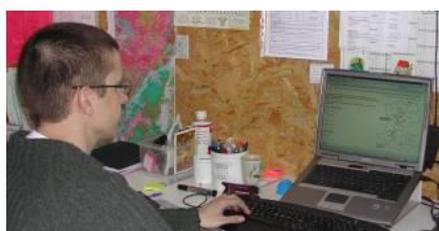
CONSEILLER SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



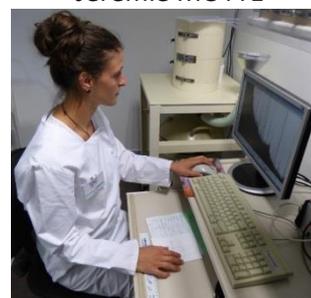
**RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION
DES BALISES**

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.