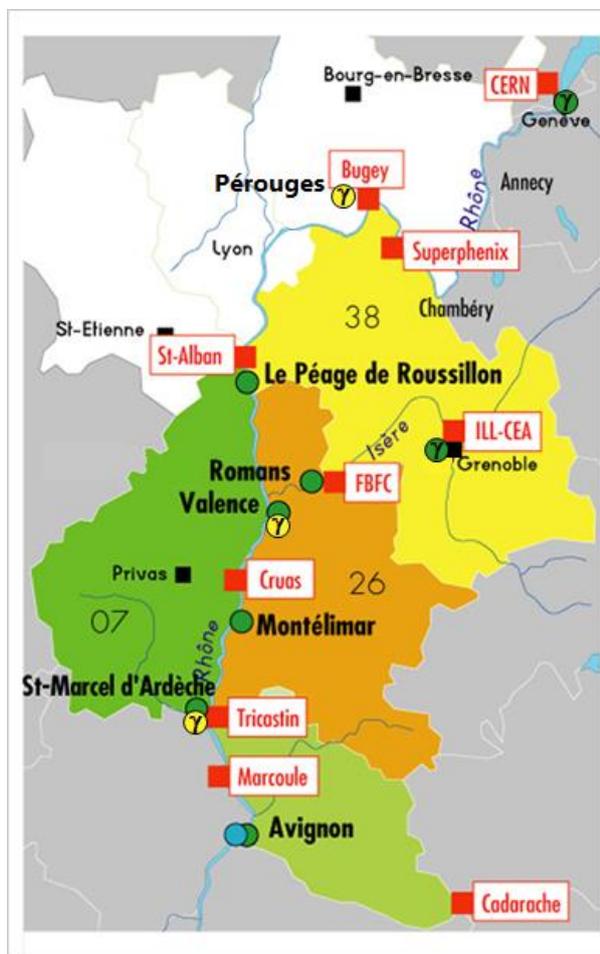


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 21-87

RAPPORT TRIMESTRIEL JANVIER-FEVRIER-MARS 2021



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



Communes du réseau Montilien

Aleyrac	Cliusclat	Dieulefit
La Bégude de	Larnas	Le Poët-Laval
Mazenc	Loriol-sur-Drôme	Rochebaudin
Saint-Bauzile	Saint-Montan	Souspierre

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 2021	3
II/ A signaler au cours du trimestre	3
RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	7
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant	7
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	13
I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma	13
II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma.....	13
III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône.....	14
EN SAVOIR PLUS sur les balises	15
FOCUS : CONTAMINATION DE L'AIR – REJETS RADIOACTIFS DANS L'AIR EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE (1)	16
ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD	18
LABORATOIRE CRIIRAD	20

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	21/06/2021	21/06/2021
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Premier trimestre 2021

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du premier trimestre 2021.

BALISE DETECTION	Péruges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		99%	99,8%	97%	99,7%
Iode (Air)		0%	99,8%	97%	99,7%
Gamma (Air)	99,9%			97%	

Légende

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

BALISE DETECTION	Genève	Grenoble	Saint-Marcel d'Ardèche	Avignon Air	Avignon Eau
Alpha/Bêta (Air)			99%	99,8%	
Iode (Air)			0%	99,8%	
Gamma (Air)			99%		
Spectrométrie Gamma (Air)	100%	93%			
Gamma (Eau)					92%

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

- **Maintenance des balises (hors Genève et Grenoble)** : 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 de celles de Genève et de Grenoble¹ entre les 22 et 31 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 :

¹ La maintenance de ce matériel est effectuée par le fabricant qui est un autre prestataire. Ce dernier préconise une fréquence de vérification de la sonde de spectrométrie gamma portée à 3 ans, ou a minima à 5 ans.

- 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,...).

Des actions spécifiques ont été menées :

- sur la balise d'air d'Avignon avec le réglage du paramétrage d'un capteur défectueux pour le filtre aérosols.
- sur la balise de Romans avec le remplacement d'un composant défectueux sur une carte électronique.

• **Maintenance de la pompe de la balise aquatique d'Avignon** : la pompe de prélèvement de l'eau du Rhône de la balise aquatique d'Avignon nécessite une maintenance effectuée à une fréquence de 18 mois. Celle-ci, réalisée par un prestataire, consiste, au niveau de la pompe, à remplacer le tuyau péristaltique, faire la vidange du lubrifiant de la partie péristaltique ainsi que la vidange et le remplacement de l'huile de la partie réducteur de la pompe. La société prestataire (Albin Pump) n'envoyant plus de personnel sur site, l'entretien de la pompe se fait désormais dans ses ateliers situés à Montélimar. Il est donc nécessaire d'arrêter la balise pendant plusieurs jours. La partie logistique (démontage, remontage et transport de la pompe jusqu'à la société) est assurée par le laboratoire de la CRIIRAD. La pompe a été démontée et livrée au prestataire dans ses locaux le 9 mars. Après expertise et entretien de la pompe par ce dernier, le laboratoire de la CRIIRAD a pu, le 16 mars, de nouveau transporter la pompe et la remettre en fonctionnement.

• **Rupture du filtre aérosols (balise atmosphérique d'Avignon)** : le 7 janvier lors de la scrutation journalière à distance des résultats des balises qu'elle gère, la CRIIRAD a constaté une baisse du débit de la pompe à aérosols de la balise d'Avignon, laissant suggérer une rupture du filtre. A la demande du laboratoire CRIIRAD, un technicien de la Ville s'est rendu sur site le jour même et a confirmé la rupture du filtre ainsi que le début de son colmatage au niveau du détecteur aérosols. Cette rupture fait suite au prélèvement mensuel du filtre aérosols effectué le 5 janvier. Après manipulation et retrait du filtre coincé sous le détecteur, le technicien a remis en fonctionnement le système d'avancement du filtre.

• **Dysfonctionnement de l'électronique de la balise de Valence** : des dysfonctionnements ont été constatés par le personnel du laboratoire CRIIRAD avec des réinitialisations automatiques intempestives de l'électronique de la balise entre le 2 et le 14 janvier², chacune de ces réinitialisations entraînant des périodes d'absence de mesures de l'ordre de 2 heures. Les dysfonctionnements ont été résolus le 15 janvier par le remplacement de l'alimentation électrique de la partie électronique de la balise.

• **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises** : au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits à la sonde de Genève (à deux reprises le 11 février et le 12 mars), à la balise de

² Ces réinitialisations se sont produites à 8 reprises, les 2, 3, 4, 5, 9, 11, 13 et 14 janvier.

Montélimar (à une reprise le 27 janvier) et à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche (à huit reprises les 7, 14 et 18 janvier, les 3 et 14 février ainsi que les 11 et 18 mars). Le rétablissement de l'alimentation électrique a été automatique dans chacun des cas précisés ci-dessus, aucun déplacement de technicien sur site n'a par conséquent été nécessaire.

- **Absences de communication avec les dispositifs de mesure (Grenoble, Péage de Roussillon et Saint-Marcel d'Ardèche)** : La communication a été interrompue entre la centrale de gestion et la sonde de **Grenoble** le 12 janvier en fin d'après-midi. Dès le 13 janvier, le laboratoire de la CRIIRAD a demandé aux services techniques de la Ville une intervention pour vérifier l'état de l'alimentation électrique au niveau du dispositif de mesure. Après déplacement d'un technicien sur place, il s'est avéré que, suite à des travaux, l'alimentation électrique avait été interrompue et non rétablie à la fin de l'opération. Après contact et relance de l'entreprise chargée des travaux par le technicien de la Ville, l'alimentation électrique de la sonde a finalement été rétablie par l'entreprise le 18 janvier en début de matinée. D'autres interruptions ponctuelles de l'alimentation électrique ont été constatées au niveau du même dispositif le 20 janvier, le 3 février, les 12, 18 et 19 mars (avec une durée d'absence d'alimentation électrique de moins de 3 heures).

Des travaux électriques ont concerné également le local accueillant la balise du **Péage-de-Roussillon** le 9 février après-midi. L'alimentation électrique a été interrompue pour ces travaux et n'a pas été remise en fonctionnement au niveau du dispositif de mesure qui ne communiquait plus avec la centrale de gestion le 10 février. A la demande du laboratoire de la CRIIRAD, les services techniques de la Ville de Péage-de-Roussillon sont intervenus pour rétablir l'alimentation électrique à la balise.

Au cours de ces périodes d'absence d'alimentation électrique (Grenoble et Péage-de-Roussillon), aucune valeur n'a bien sûr été enregistrée par les dispositifs de mesure.

Une absence de communication avec la centrale de gestion a été également constatée au niveau de la balise de Saint Marcel d'Ardèche le 23 février. Les vérifications menées par le laboratoire de la CRIIRAD ont permis de constater que le problème provenait de la ligne téléphonique. L'opérateur de téléphonie contacté a pu rétablir la ligne le 24 février. Aucune donnée n'a été perdue pendant la période d'absence de communication, la balise étant restée sous alimentation électrique.

- **Fonctionnement des balises de Saint Marcel d'Ardèche et de Péage de Roussillon** : les Départements de l'Ardèche et de l'Isère ont décidé en 2018 de ne plus contribuer au financement du réseau de balises, ce qui a entraîné une diminution des budgets de fonctionnement respectifs de la balise de Saint-Marcel d'Ardèche et de celle du Péage de Roussillon. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger le dispositif de surveillance des 2 balises (dès février 2018 à Saint-Marcel d'Ardèche et à partir de début 2019 au Péage-de-Roussillon). L'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse a été arrêtée³ 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 nécessaire⁴. Les contributions des communautés de communes DRAGA et Entre Bièvre et

³ 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 du taux de radiation gamma ambiant (pour la balise de Saint Marcel d'Ardèche) ou de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

⁴ Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

Rhône ainsi que le recours aux fonds propres de la CRIIRAD permettent de poursuivre la surveillance en continu du niveau du rayonnement gamma ambiant (balise de Saint Marcel d'Ardèche) et de la radioactivité des aérosols (unité de détection Alpha/bêta (air)) pour les 2 balises. A noter que le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu :

- **le 15 février** pour remplacer le filtre aérosols des 2 balises.

- **le 23 mars** à la balise de Péage-de-Roussillon et **le 25 mars** à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche lors de la maintenance Berthold.

• **Dépassements de la limite de détection des voies alpha, bêta direct (balises atmosphériques de Valence, Romans et Montélimar)** : la limite de détection (1 Bq/m^3) a été dépassée à plusieurs reprises (voir graphiques en pages 9 et 10) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct des balises atmosphériques de **Valence** (les 15 et 26 février ainsi que les 1^{er}, 25 et 29 mars), de **Romans** (le 29 mars) et de **Montélimar** (les 19, 20, 27 et 28 janvier, les 3, 4, 24 et 26 février, entre le 1^{er} et le 5 mars ainsi que les 29, 30 et 31 mars). Le laboratoire de la CRIIRAD a pu vérifier que ces épisodes de dépassements n'étaient pas liés à une contamination, mais à des pics d'activité volumique en radon⁵ (par exemple lors des dépassements alpha et/ou bêta direct du 29 mars sur les 3 balises, des activités volumiques maximales en radon de 12, 16 et 23 Bq/m^3 ont été respectivement mesurées à Montélimar, Romans et Valence).

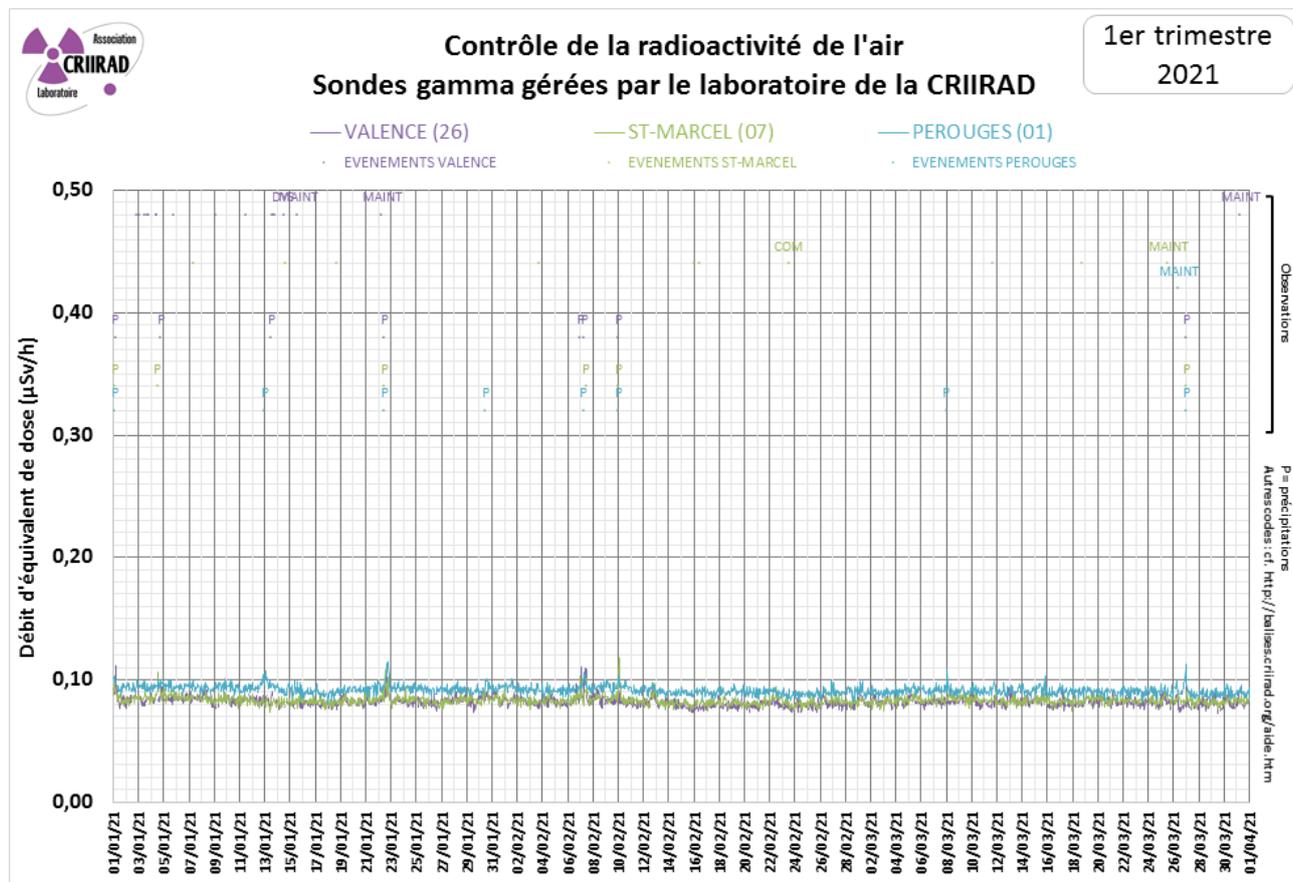
⁵ Il faut savoir que les voies alpha, bêta direct et radon sont mesurées par un seul détecteur. Un paramétrage fin permet de discriminer les impulsions mesurées par ce détecteur et de les imputer aux différentes voies : alpha artificiel, bêta artificiel direct, radon (naturel). Ce paramétrage est réglé 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.

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 à Valence, Saint-Marcel d'Ardèche, Pérouges

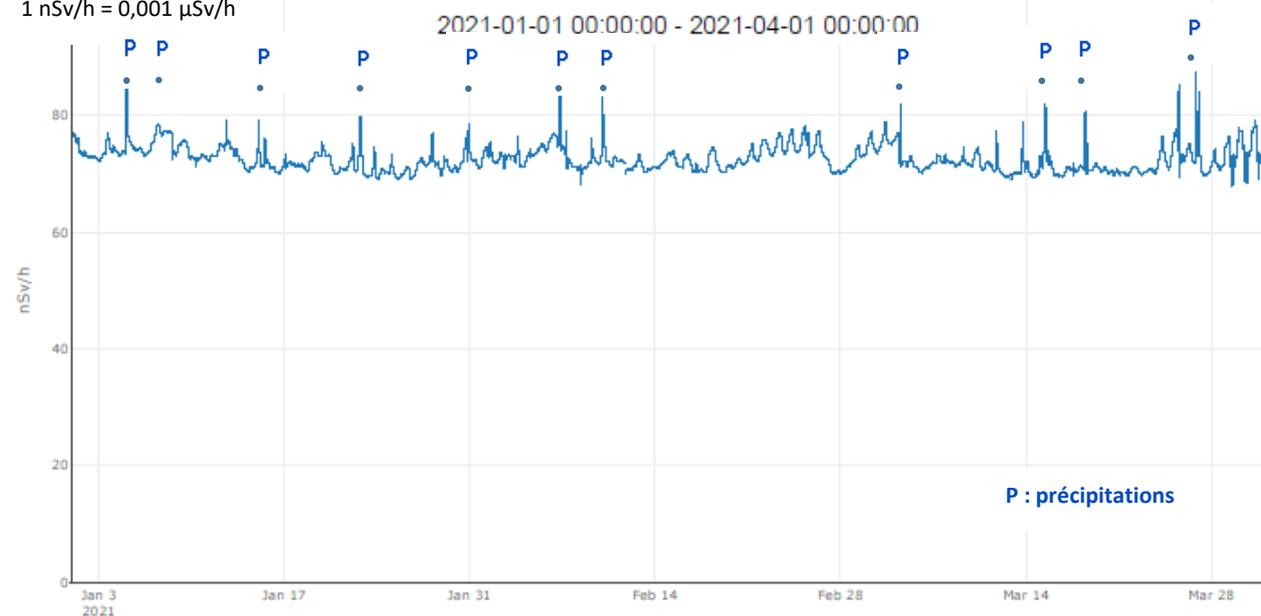


Débit de dose gamma ambiant à Genève

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

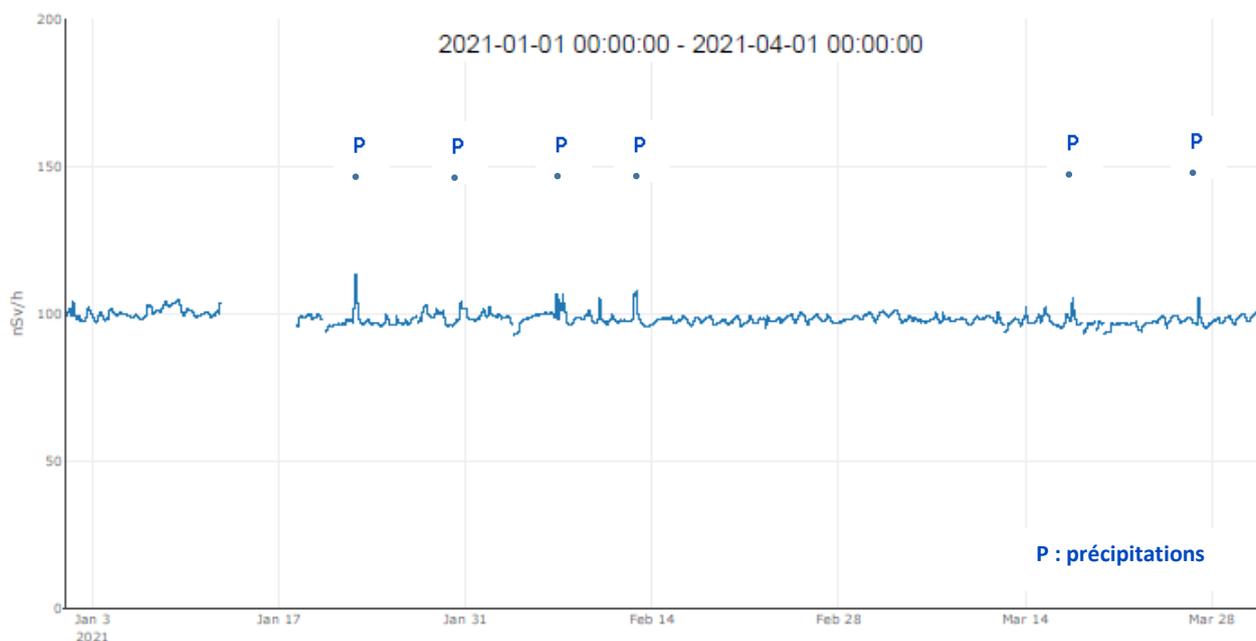
SONDE GAMMA DE GENEVE

1 nSv/h = 0,001 µSv/h



Débit de dose gamma ambient à Grenoble

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]] **SONDE GAMMA DE GRENOBLE**



Commentaires

Les débits de dose instantanés sont restés dans une gamme de variation normale pour les 4 sondes de mesure. Sur les secteurs de **Valence, Saint-Marcel d'Ardèche, Pérouges, Genève et Grenoble**, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,07 à 0,10 $\mu\text{Sv/h}$ (ou de 70 à 90 nSv/h)**.

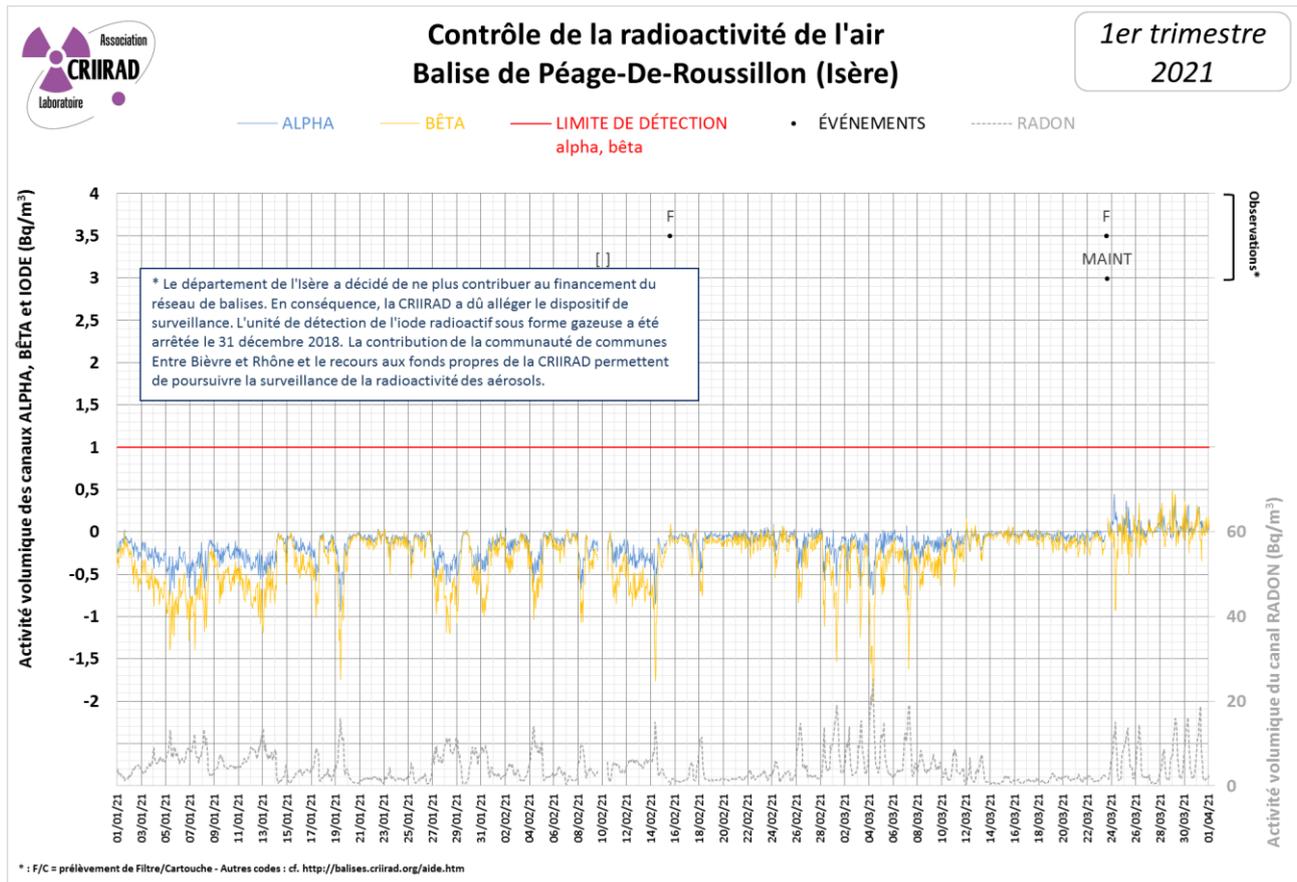
Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 5 janvier à Genève (0,09 $\mu\text{Sv/h}$ ou 90 nSv/h en lecture sur le graphe), le 22 janvier (notamment 0,11 $\mu\text{Sv/h}$ ou 110 nSv/h à Grenoble et Saint-Marcel d'Ardèche), le 7 février (0,11 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence et Pérouges) ainsi que le 26 mars. Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma⁶ 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 l'absence de données pour la sonde gamma de Grenoble entre les 12 et 18 janvier en raison de l'absence d'alimentation électrique au niveau du dispositif de mesure (cf. page 5 pour les détails).

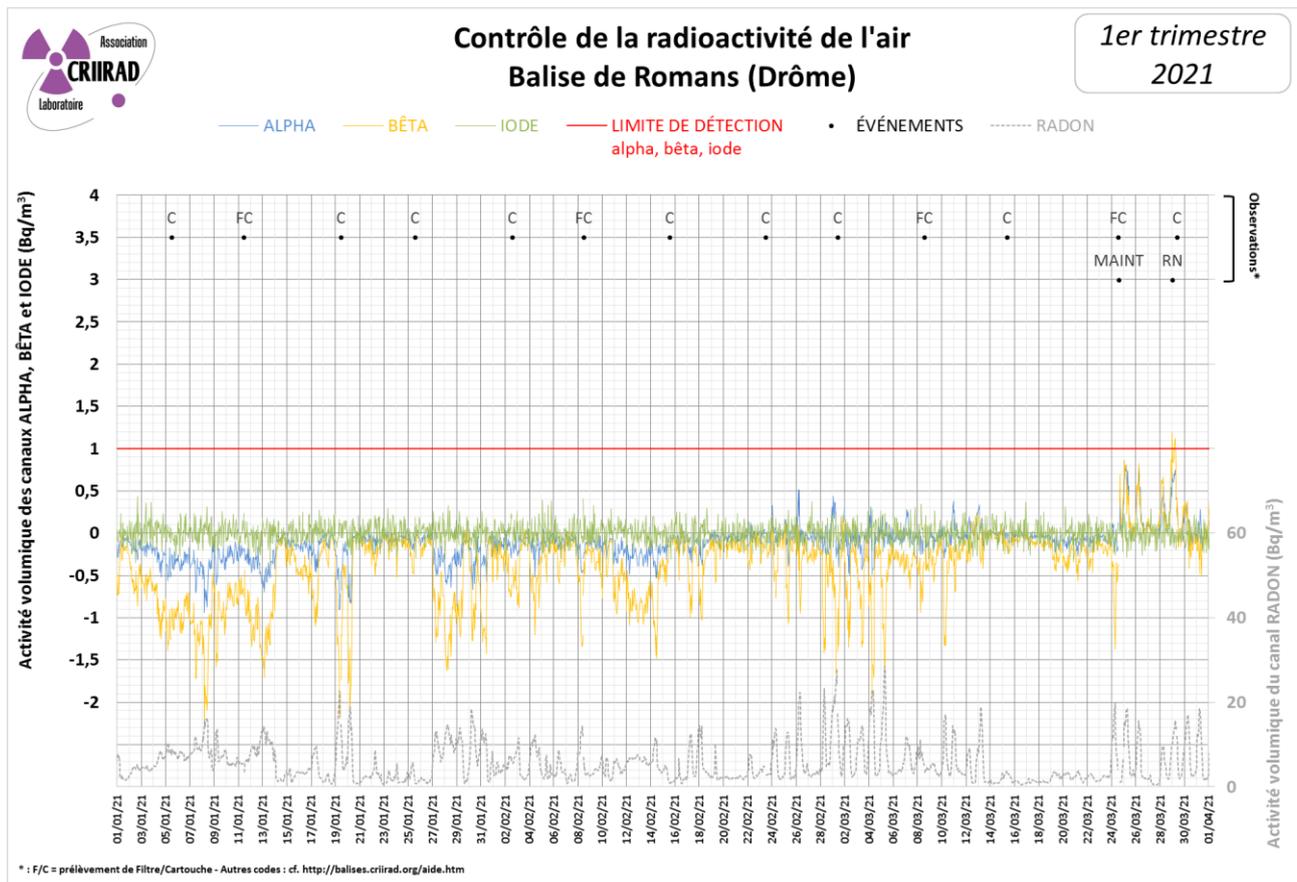
⁶ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

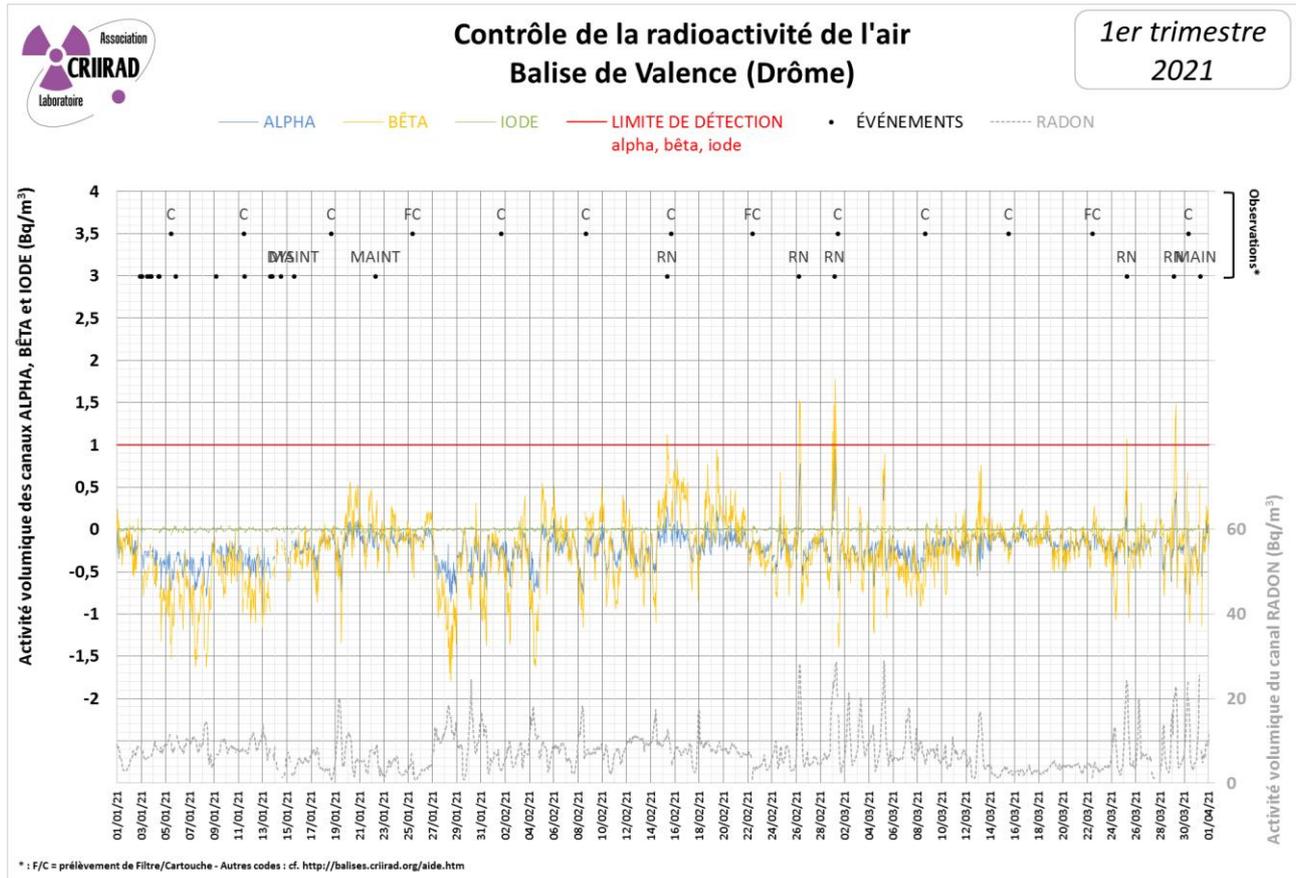
A/ Balise de Péage de Roussillon



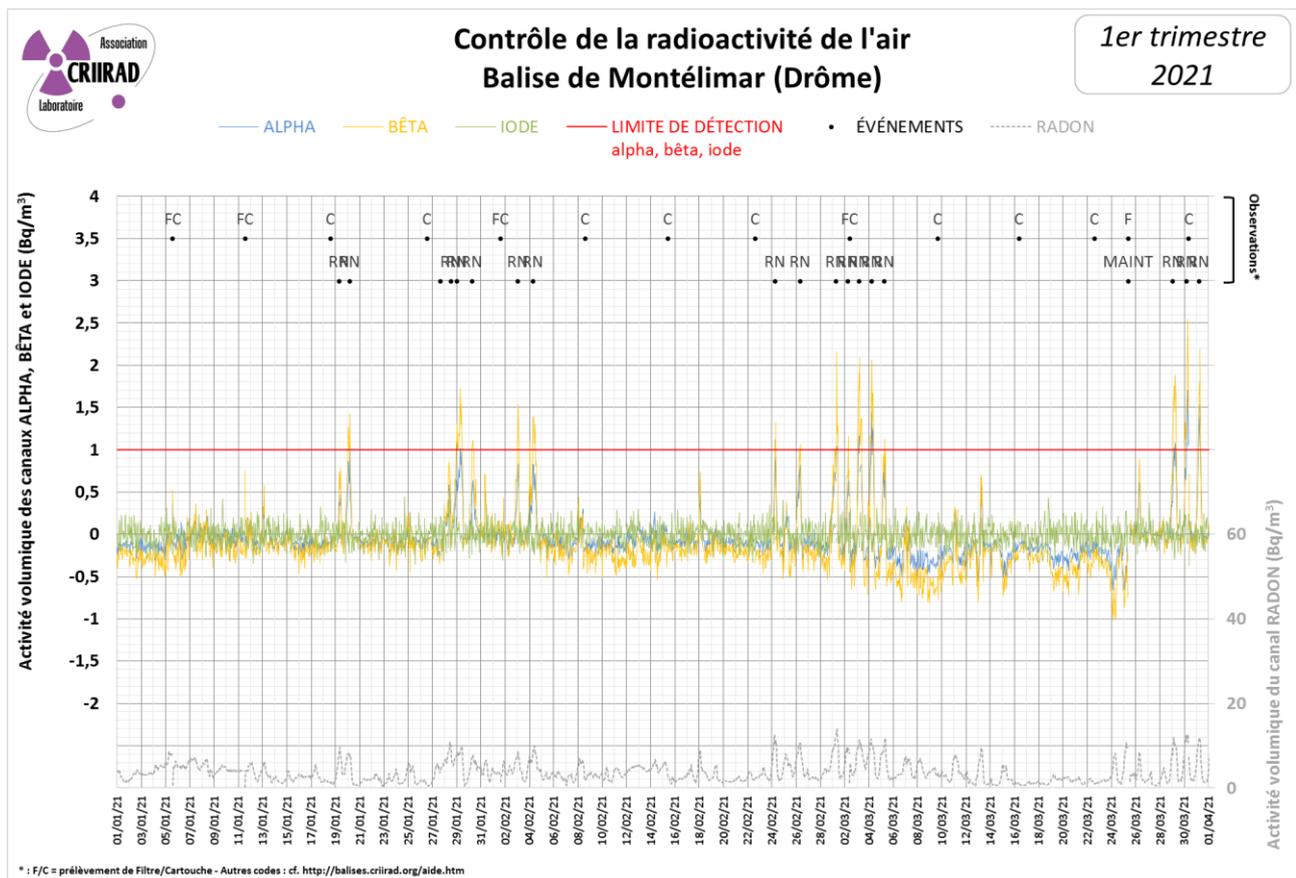
B/ Balise de Romans-sur-Isère



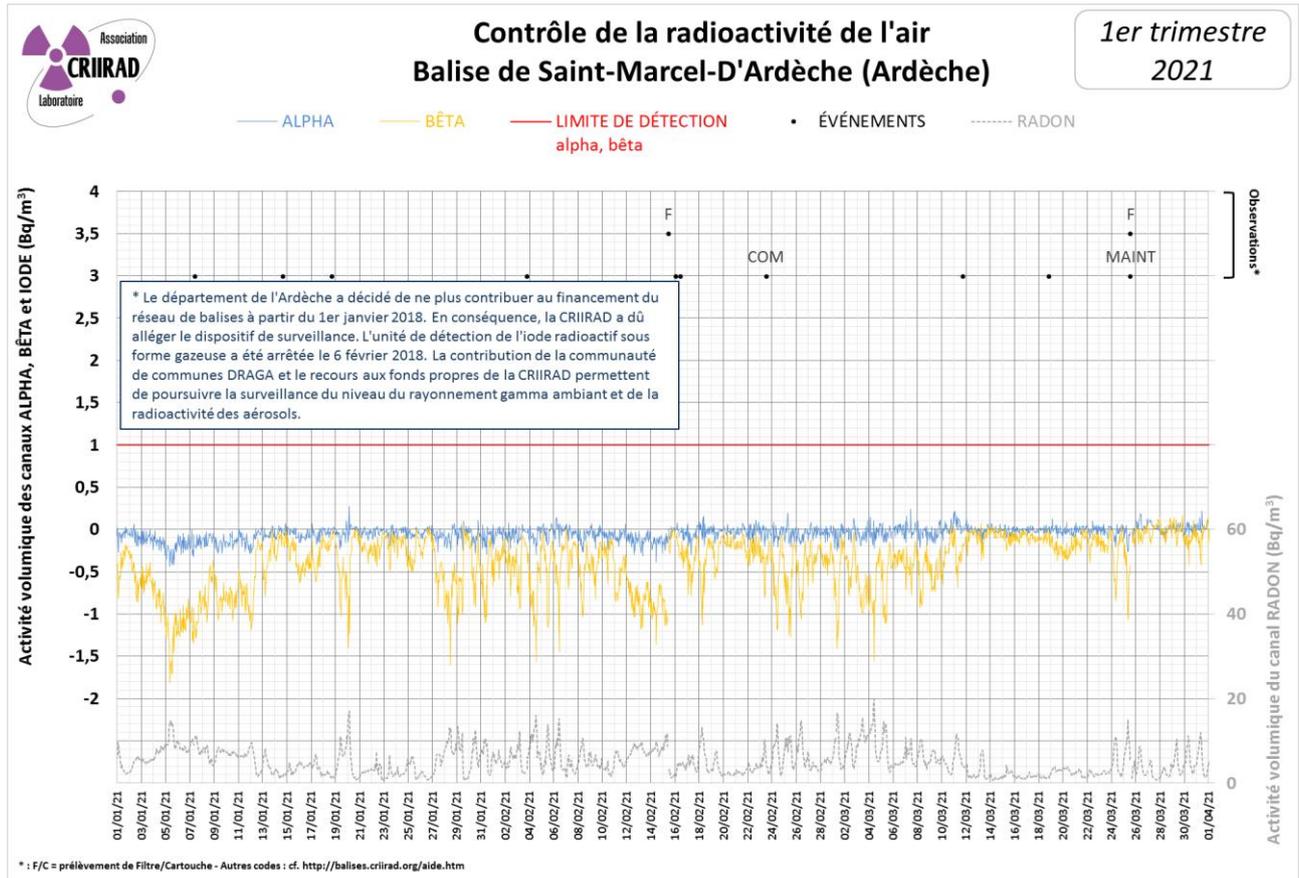
C/ Balise de Valence



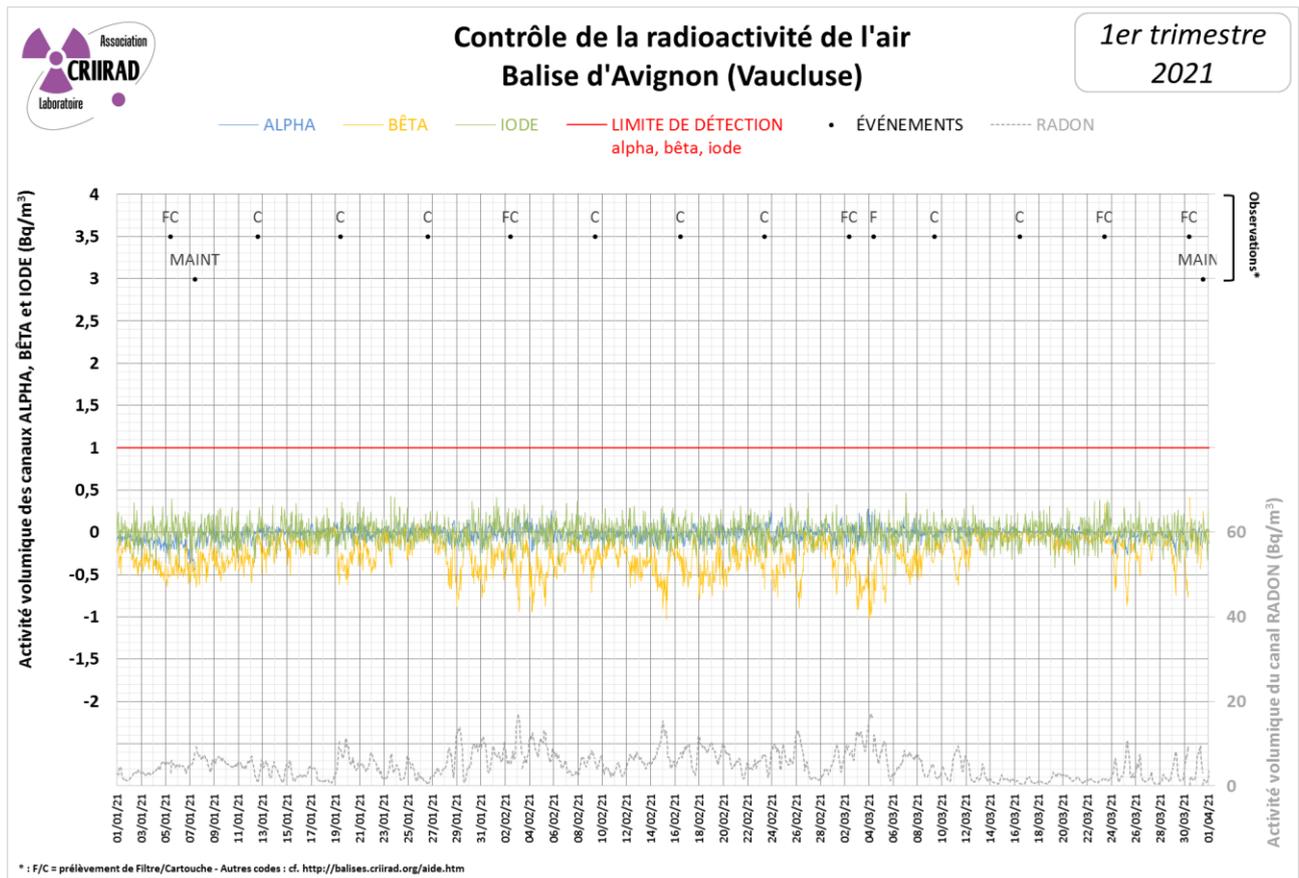
D/ Balise de Montélimar



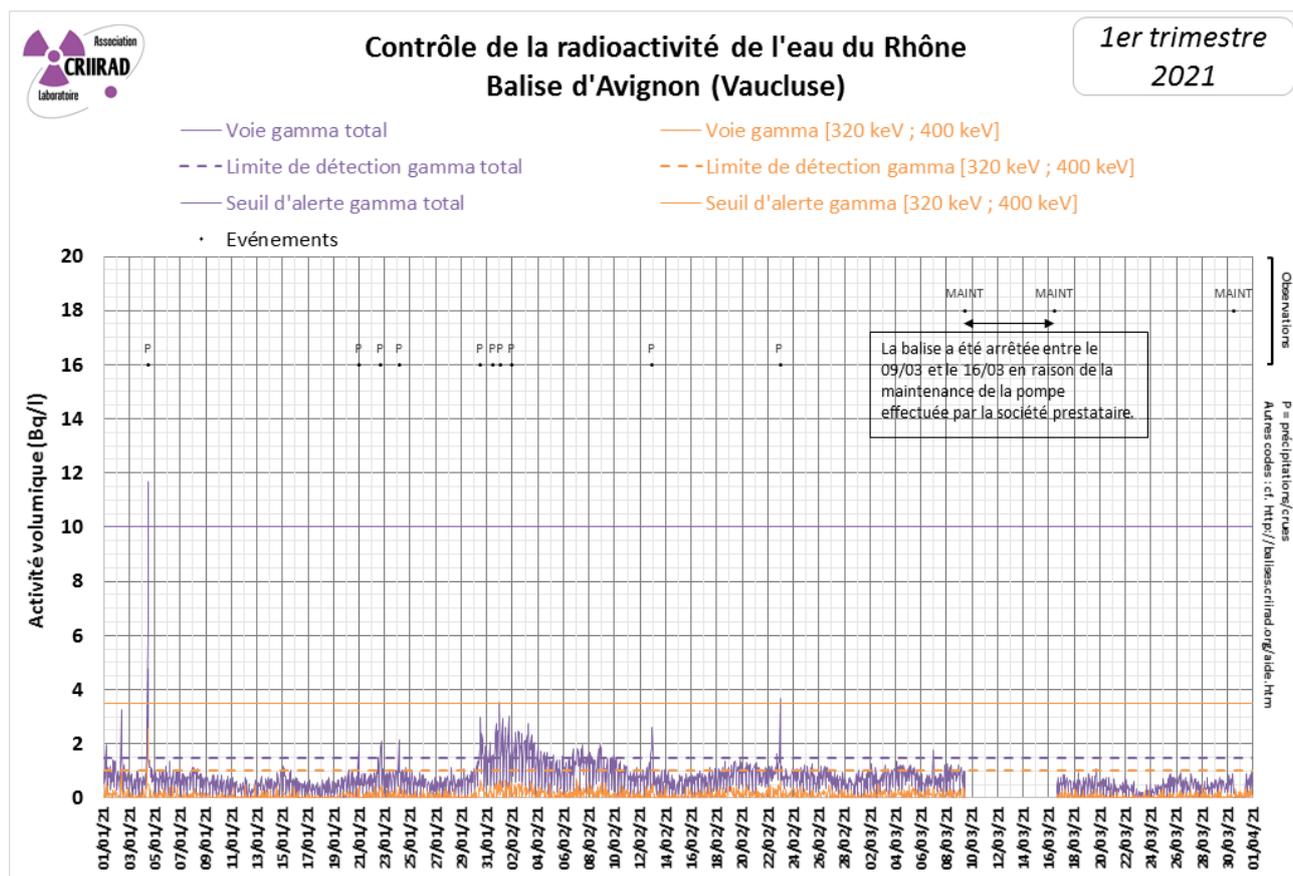
E/ Balise de Saint-Marcel d'Ardèche



F/ Balise d'Avignon



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.

Des dépassements de la limite de détection ont été observés de façon ponctuelle sur la voie gamma total (1,5 Bq/l) et sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (1 Bq/l) à plusieurs reprises au cours du trimestre⁷. Le seuil d'alerte (10 Bq/l) été dépassé à une reprise le 4 janvier sur la voie gamma total (activité maximale : 11,7 Bq/l le 17 janvier). La valeur maximale sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] a également été mesurée le 2 janvier (2,6 Bq/l).

Le dépassement de seuil d'alerte observé sur la voie gamma total le 4 janvier a provoqué un déclenchement de l'alarme d'astreinte. Les techniciens ont pu vérifier l'origine naturelle du phénomène (suite à de fortes pluies) : le ratio des activités volumiques « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » a été de 4,5 dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux. L'expérience montre que ce ratio est en effet 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.

Aucune donnée n'a été mesurée entre le 9 et le 16 mars en raison de l'entretien de la pompe (cf. page 4).

⁷ Les 2 et 4 janvier pour les 2 voies de mesure, les 1^{er}, 20, 22, 24 janvier, entre le 30 janvier et le 9 février, les 12 et 22 février et le 6 mars.

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	07/12/20 09:13	11/01/21 10:58	11/01/2021	11/01/21	< 8,0	< 14,0	< LD
	Romans	11/01/21 11:03	08/02/21 10:52	17/02/2021	18/02/21	< 12,0	< 11,0	< LD
	Romans	08/02/21 10:57	08/03/21 13:29	08/03/2021	08/03/21	< 19,0	< 15,0	< LD
	Valence	28/12/20 09:12	25/01/21 08:22	25/01/2021	25/01/21	< 9,0	< 12,0	< LD
	Valence	25/01/21 08:29	22/02/21 08:25	22/02/2021	22/02/21	< 9,0	< 13,0	< LD
	Valence	22/02/21 08:35	22/03/21 09:50	22/03/2021	22/03/21	< 11,0	< 15,0	< LD
	Montélimar	30/11/20 09:25	05/01/21 13:35	05/01/2021	06/01/21	< 8,0	< 6,0	< LD
	Montélimar	05/01/21 13:41	01/02/21 14:02	01/02/2021	01/02/21	< 9,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	01/02/21 14:07	02/03/21 09:23	02/03/2021	03/03/21	< 5,0	< 7,0	< LD
	Avignon	01/12/20 08:59	05/01/21 09:05	06/01/2021	07/01/21	< 9,0	< 14,0	< LD
	Avignon	05/01/21 09:14	02/02/21 09:14	04/02/2021	04/02/21	< 10,0	< 15,0	< LD
Avignon	02/02/21 09:29	02/03/21 08:11	03/03/2021	05/03/21	< 5,0	< 7,0	< 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 7 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	05/01/21 11:23	11/01/21 10:58	11/01/2021	12/01/21	< 130	< LD
	Romans	02/02/21 14:03	08/02/21 10:52	08/02/2021	09/02/21	< 130	< LD
	Romans	01/03/21 09:38	08/03/21 13:29	08/03/2021	09/03/21	< 110	< LD
	Valence	18/01/21 15:25	25/01/21 08:22	25/01/2021	26/01/21	< 170	< LD
	Valence	15/02/21 16:18	22/02/21 08:25	22/02/2021	23/02/21	< 180	< LD
	Valence	15/03/21 10:16	22/03/21 09:50	22/03/2021	23/03/21	< 160	< LD
	Montélimar	29/12/20 13:09	05/01/21 13:35	05/01/2021	06/01/21	< 130	< LD
	Montélimar	26/01/21 13:15	01/02/21 14:02	01/02/2021	02/02/21	< 130	< LD
	Montélimar	22/02/21 13:53	02/03/21 09:23	02/03/2021	04/03/21	< 90	< LD
	Avignon	23/02/21 08:49	02/03/21 08:11	02/03/2021	04/03/21	< 70	< 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 02/03/2021.

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	02/03/21 12:00	08/03/21	31 249	< 0,16	< 0,11	< 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 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	02/03/2021 12:00	08/03/2021	11/03/2021	2,1 ± 1,0

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 : Du tritium est détecté avec une activité de **2,1 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 : CONTAMINATION DE L'AIR – REJETS RADIOACTIFS

DANS L'AIR EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAIRE (1)

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

Dans ce premier volet, sont présentés la nature et les propriétés des radionucléides produits dans le cœur du réacteur nucléaire. Le second volet dans le prochain bulletin trimestriel abordera les rejets de substances radioactives dans l'atmosphère en situation accidentelle.

Radionucléides produits dans le cœur du réacteur nucléaire

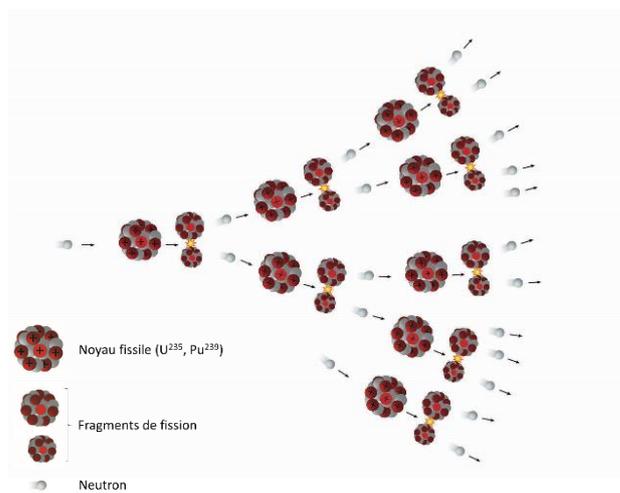
Quels sont les radionucléides produits ?

Pour produire de l'électricité, une centrale nucléaire utilise la chaleur dégagée dans le cœur du réacteur par les réactions de fission sur des atomes fissiles, notamment d'uranium 235 et de plutonium 239 présents dans le combustible nucléaire.

- Lorsque le noyau d'un atome fissile absorbe un neutron, il a la propriété d'éclater en 2 fragments (rarement 3), que l'on nomme **fragments de fission**. L'éclatement s'accompagne de la libération d'une grande quantité d'énergie et de l'émission de neutrons (2 ou 3 en moyenne par fission) qui pourront provoquer de nouvelles fissions, entretenant ainsi la réaction en chaîne. Les fragments issus de la fission sont des produits radioactifs très instables qui vont se désintégrer et donner naissance à d'autres produits très radioactifs. Se forment ainsi des chaînes de désintégration qui finiront par aboutir à un descendant stable. Les fragments de fission et leurs descendants radioactifs sont désignés sous le terme de **produits de fission** (notés PF). De très nombreux produits de fission ont des périodes radioactives très courtes du fait de leur grande instabilité et vont très rapidement disparaître. La désintégration de certains d'entre eux entraîne la production de substances radioactives à longue période qui vont entraîner une contamination de l'environnement sur le long terme. Plusieurs **centaines de produits de fission** sont créés dans le cœur d'un réacteur.

Parmi les produits de fission importants pour la radioprotection on peut citer : le krypton 85, le xénon 133, les iodes 131 et 133, le tellure 132, les césiums 136 et 137, le ruthénium 106, le strontium 90,...

L'illustration de la page ci-contre présente le schéma d'une réaction en chaîne sur des atomes fissiles.



- D'autres composés artificiels, les **transuraniens**, sont produits dans le combustible. Ce sont des éléments chimiques dont le numéro atomique est supérieur à celui de l'uranium. On citera par exemple le neptunium 239, les plutoniums 239 et 240 ou bien encore l'américium 241. Ils résultent de l'absorption de neutrons par les atomes lourds.

- Les neutrons produits lors des réactions de fission sont très pénétrants. En interagissant avec les atomes des matériaux présents dans la cuve du réacteur (béton, métaux, eau) ils peuvent rendre radioactifs, « activer », des atomes stables. D'où leur nom de **produits d'activation** (notés PA). On peut citer : le carbone 14, les cobalts 58 et 60, le nickel 63, etc.. Se rajoutent des cas particuliers comme le césium 134 formé en partie par activation neutronique du césium 133, isotope stable produit par la désintégration du xénon 133.

Quelles sont les propriétés des différents radionucléides produits ?

- Mode de désintégration et rayonnements émis :

Les produits de fission et d'activation comportent généralement un excès de neutrons. Ils vont donc se désintégrer majoritairement en mode β^- (par transformation d'un neutron en proton et en émettant un électron, voir fiche G1) pour évoluer vers un élément plus stable. Si le noyau formé par la désintégration se trouve dans un état excité (c'est le cas le plus souvent),

des rayonnements gamma ou X sont émis pour évacuer le surcroît d'énergie.

- Exemples de produits de fission émetteur β^- : le césium 137, le strontium 90, le krypton 85, l'iode 131. Le strontium 90 n'émet pratiquement que du rayonnement β (pas de rayonnement gamma, contrairement aux 3 autres isotopes précités).
- Exemples de produits d'activation émetteur β^- : le cobalt 60, le nickel 63, le carbone 14 ou encore le chlore 36.

Les transuraniens, qui ont des noyaux très lourds, se désintègrent en général en émettant une particule α , composée de 2 protons et de 2 neutrons. C'est le cas des plutoniums 239 et 240. Certains transuraniens se désintègrent en émettant une particule β^- : c'est le cas du plutonium 241 qui donne naissance à l'américium 241.

- Période radioactive :

La période radioactive d'un radionucléide est le temps nécessaire pour que son activité soit divisée par 2. Après 2 périodes, elle est divisée par 4 ; après 3 périodes par 8 ; après 4 périodes par 16 ; etc. La connaissance de l'activité initiale d'un radionucléide, et de sa période, va permettre de suivre l'évolution de son activité dans le temps grâce à la loi de décroissance (voir fiche G1), et donc de pouvoir estimer les risques d'exposition aux radiations qu'il émet. La période radioactive des radionucléides présents dans le réacteur peut être très variable, de quelques fractions de secondes à plusieurs millions voire milliards d'années. Quelques exemples sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Radionucléides	Période radioactive	Radionucléides	Période radioactive
Iode 132	2,3 heures	Strontium 90	28,79 ans
Iode 133	20,8 heures	Césium 137	30 ans
Césium 136	13 jours	Iode 129	15,7 millions d'années
Tellure 132	3,2 jours	Américium 241	432,6 ans
Iode 131	8 jours	Plutonium 240	6 561 ans
Baryum 140	12 jours	Uranium 235	704 millions d'années
Niobium 95	35 jours	Uranium 238	4,5 milliards d'années

Même si la période de certains radionucléides est très courte leur impact peut être très significatif dans les premières heures suivant un accident.

- **Les risques** associés aux radionucléides présents dans les rejets seront fonction du mode d'exposition : irradiation externe, contamination externe ou contamination interne. Lorsque les produits radioactifs sont incorporés, les risques sont notamment fonction de la porte d'entrée (inhalation, ingestion...), de la nature des produits radioactifs, de leur forme physico-chimique, de leur temps de séjour, des organes affectés et de l'âge des personnes exposées (Voir fiches G3, A5, S6, AL3).

Pour rendre compte de ces différences de **radiotoxicité**, la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) a défini des facteurs de dose

(Sv/Bq) qui permettent de convertir l'activité incorporée en dose efficace et d'apprécier ainsi le risque au corps entier. Ils sont établis pour deux voies d'exposition (inhalation et ingestion) et pour plusieurs groupes d'âge. Du fait de la dimension plus petite de leurs organes, et parfois de particularités physiologiques, les coefficients de dose établis pour les enfants sont généralement plus élevés que ceux définis pour les adultes. La discussion sur les incertitudes concernant les facteurs de dose est approfondie dans les fiches A5 et AL3.

Le tableau ci-après présente des exemples de coefficients de dose tirés de la directive Euratom 96/29 du Conseil Communautaire concernant les risques liés à l'ingestion de Cs137, I131 et Pu239 pour un nourrisson (âge inférieur à 1 an) et un adulte (âge supérieur à 17 ans).

Sur ces exemples, on se rend compte de la différence de radiotoxicité entre les 3 radioéléments : pour 1 Bq d'iode 131 ingéré par le nourrisson, la dose reçue sera 8,5 fois plus importante que s'il s'agit du césium 137. Pour le plutonium 239, elle sera 200 fois plus importante.

On voit également l'importance de l'âge. La dose reçue pour chaque becquerel ingéré sera dans tous les cas supérieure pour le nourrisson par rapport à l'adulte (avec un facteur multiplicatif de 1,6 pour le césium 137, 8,2 pour l'iode 131 et près de 17 pour le plutonium 239).

Coefficients de dose incorporée par ingestion pour les personnes du public ($\mu\text{Sv/Bq}$)

Élément	Radionucléide	Période physique	≤ 1 an	> 17 ans
			$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$
Iode	I-131	8,04 jours	0,180	0,022
Césium	Cs-137	30,0 ans	0,021	0,013
Plutonium	Pu-239	24 100 ans	4,200	0,250

Source : Directive Euratom 96/29

ANNEXE : INTERPRETATION DES GRAPHIQUES PRESENTANT LES RESULTATS DU RESEAU 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 ambient (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> . Il est placé sous la responsabilité de M. Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



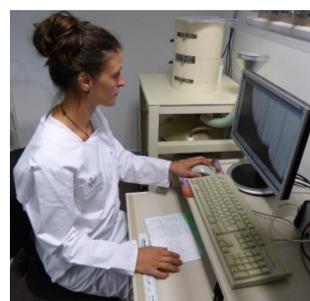
RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES

Jérémie MOTTE



RESPONSABLE SERVICE RADON

Julien SYREN



RESPONSABLE QUALITE

Marion JEAMBRUN



INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES, ANALYSES

Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES

Stéphane MONCHÂTRE



PREPARATION DES ECHANTILLONS

Sara ORTUNO

EQUIPE D'ASTREINTE

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