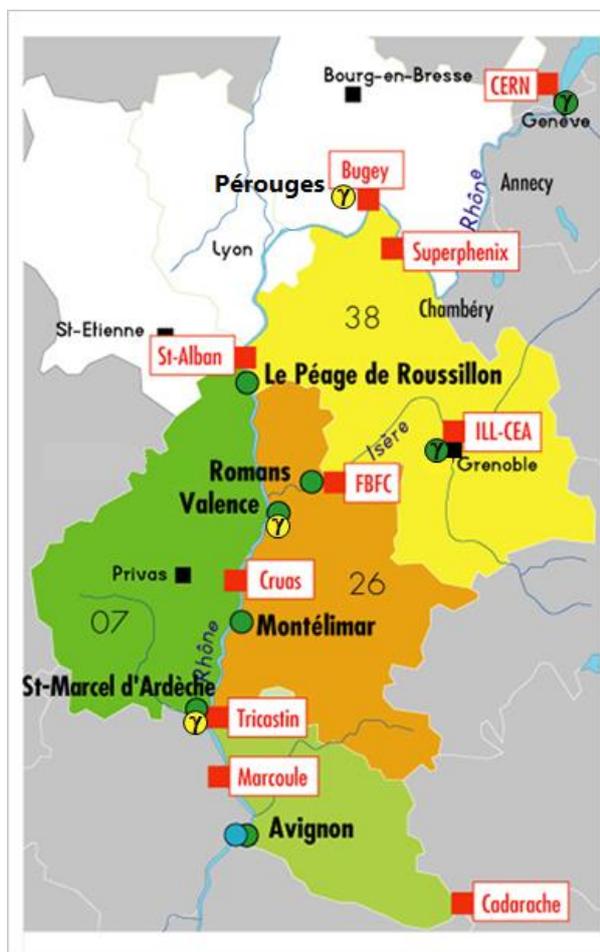


# SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

## RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 22-16

### RAPPORT TRIMESTRIEL JANVIER-FEVRIER-MARS 2022



- 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 2022 .....	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 ambiant .....	6
II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique .....	8
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
<b>FOCUS : CONTAMINATION DE L'AIR – EVALUER LES DOSES LIEES A L'INHALATION DE GAZ ET AEROSOLS RADIOACTIFS (1)</b>	<b>17</b>
ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD	22
LABORATOIRE CRIIRAD	24

	EMETTEUR	APPROBATION
<b>Nom - Fonction</b>	<b>J. Motte (responsable du service balises)</b>	<b>J. Syren (responsable du service radon)</b>
<b>Date</b>	<b>13/09/2022</b>	<b>13/09/2022</b>
<b>Signature</b>		

# SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

## I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Premier trimestre 2022

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du premier trimestre 2022.

BALISE DETECTION	Péruges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		99,7%	99,8%	99,2%	99,7%
Iode (Air)		0%	99,8%	99,2%	99,7%
Gamma (Air)	99,9%			99,2%	

### 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)			99,4%	99,8%	
Iode (Air)			0%	99,8%	
Gamma (Air)			99,4%		
Spectrométrie Gamma (Air)	100%	100%			
Gamma (Eau)					90%

### 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 Grenoble<sup>1</sup> entre les 22 et 30 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 :

<sup>1</sup> 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 m<sup>3</sup>/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 Valence avec le remplacement de la pompe de prélèvement de débit 5 m<sup>3</sup>/h pour l'unité d'iode dont l'efficacité d'aspiration, testée lors de chaque maintenance, avait diminué de façon significative par rapport à la maintenance précédente (mars 2021).

- **Maintenance corrective de la pompe de la balise aquatique d'Avignon** : lors de leur intervention le 4 janvier 2022 pour nettoyer la cuve encrassée de sédiments en raison d'une forte charge du Rhône, les techniciens du laboratoire de la CRIIRAD ont constaté une fuite de glycérine au niveau de la pompe de prélèvement de l'eau du Rhône. La société prestataire chargée de la maintenance du matériel a pris en charge l'expertise et la réparation de la pompe dans le cadre de la garantie de la maintenance récemment effectuée en septembre 2021. L'expertise a montré une usure anormale des pièces remplacées lors de la récente maintenance, dont le tuyau péristaltique qui était percé. Le transport et la réparation de la pompe en atelier ont été pris en charge par le prestataire, son démontage (le 17 janvier) et son remontage (le 26 janvier) sur site ont été assurés par le laboratoire de la CRIIRAD.

- **Rupture du filtre aérosols (balises de Romans-sur-Isère et Valence)** : suite à l'apparition d'un message d'erreur concernant l'état du filtre constatée par le personnel chargé de vérifier le chargement des données sur la centrale de gestion, le technicien CRIIRAD est intervenu de façon spécifique à la balise à plusieurs reprises au cours du trimestre, les **12, 14 et 19 janvier**, ainsi que les **9 et 12 février**. Il a fallu trois interventions pour résoudre le dysfonctionnement observé au mois de janvier : d'abord le **12 janvier** pour remettre le filtre en place, puis le **14 janvier** pour remplacer le rouleau suite à une deuxième rupture et enfin le **19 janvier** pour effectuer un réglage mécanique de l'embrayage pour l'avancement du filtre. Suite à de nouvelles ruptures observées après le prélèvement du filtre le 7 février, 2 autres interventions ont été effectuées les **9 et 12 février**, au cours desquelles ont été entrepris un démontage et nettoyage complet du système d'avancement du filtre (le 9 février) puis un nouveau réglage de l'embrayage et la mise en place d'un nouveau filtre (le 12 février). Cette dernière intervention a permis de résoudre le dysfonctionnement.

- Par ailleurs, suite à une baisse de débit observée par le personnel du laboratoire en charge de la vérification des données, une rupture de filtre aérosols a été constatée à la balise de Valence le **29 mars**. La remise en place du filtre a permis de résoudre le dysfonctionnement. La rupture du filtre est consécutive au prélèvement mensuel du 28 mars.

- **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises** : au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits à la balise de Montélimar (à deux reprises le 10 janvier et le 1<sup>er</sup> février), à la balise de Valence (à 7 reprises les 9, 11, 19 et 28 janvier, le 26 février ainsi que les 23 et 29 mars), à la balise

aquatique d'Avignon (à une reprise le 2 mars) et à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche (à six reprises le 21 février, les 14, 19, 21, 27 et 29 mars). Le rétablissement de l'alimentation électrique ayant été automatique dans chacun des cas précisés ci-dessus, aucun déplacement de technicien sur site n'a été nécessaire.

- **Absence de communication à la balise aquatique d'Avignon** : un arrêt de communication avec la centrale de gestion est survenu à une reprise à la balise aquatique d'Avignon le 17 février. Un technicien de la Ville d'Avignon est intervenu sur site à la demande de la CRIIRAD et a pu rétablir la communication, par réinitialisation du modem et de l'électronique de la balise.

- **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 arrêtée<sup>2</sup> 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 nécessaire<sup>3</sup>. Les contributions des communautés de communes DRAGA et Entre Bièvre et 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 2 février et le 14 mars** pour remplacer les filtres aérosols respectifs de la balise de Péage-de-Roussillon et de Saint-Marcel-d'Ardèche.

- **le 23 mars** à la balise de Péage-de-Roussillon et **le 24 mars** à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche lors de la maintenance Berthold.

---

<sup>2</sup> 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.

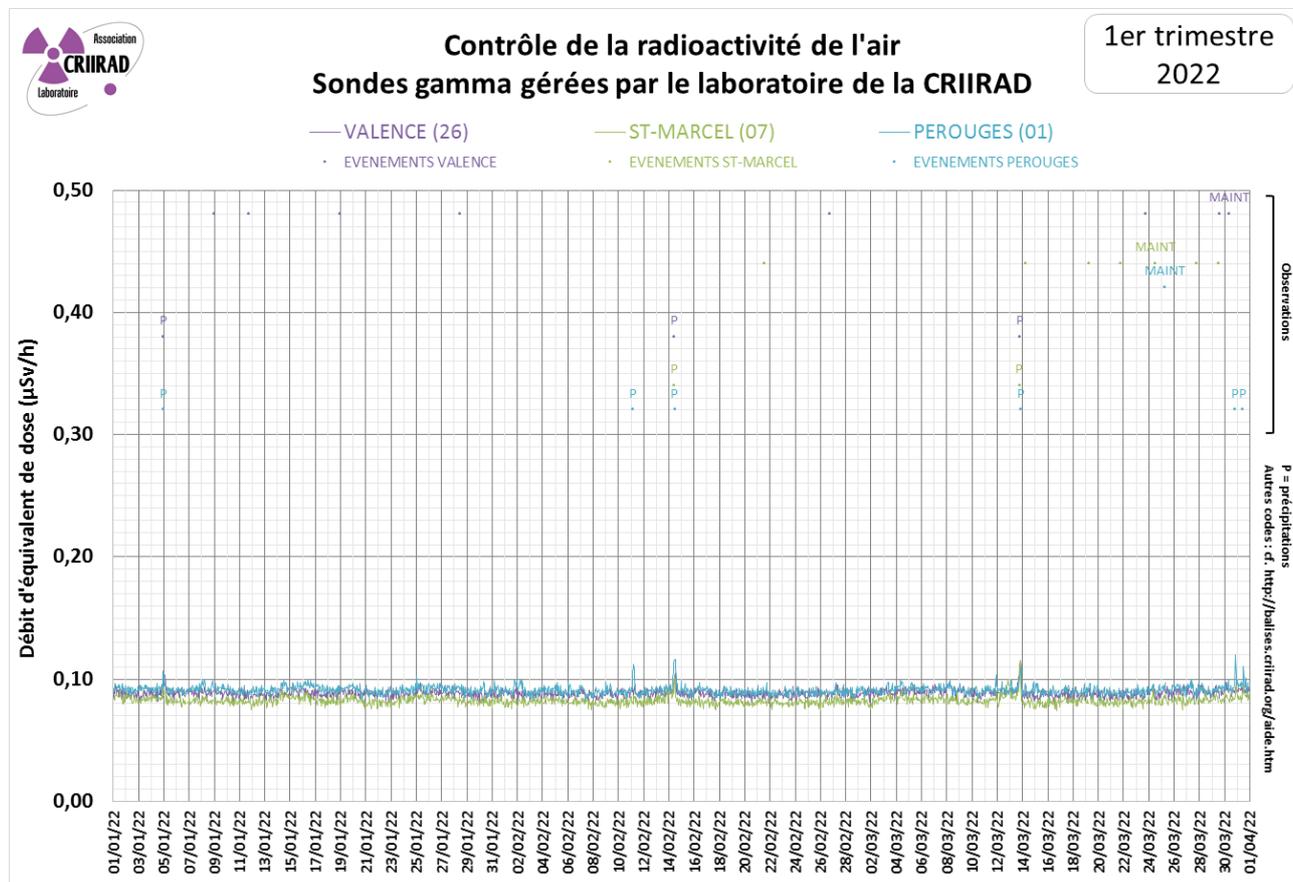
<sup>3</sup> Les filtres seront analysés systématiquement en cas d'alarme sur les mesures directes.

# 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

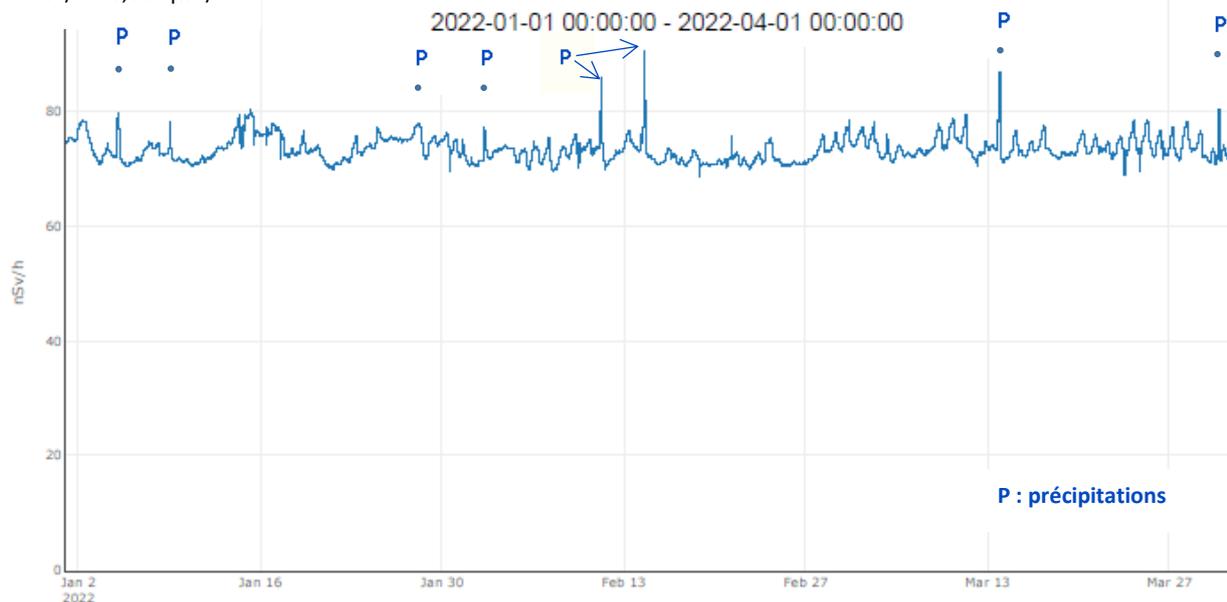


Débit de dose gamma ambiant à Genève

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

### SONDE GAMMA DE GENEVE

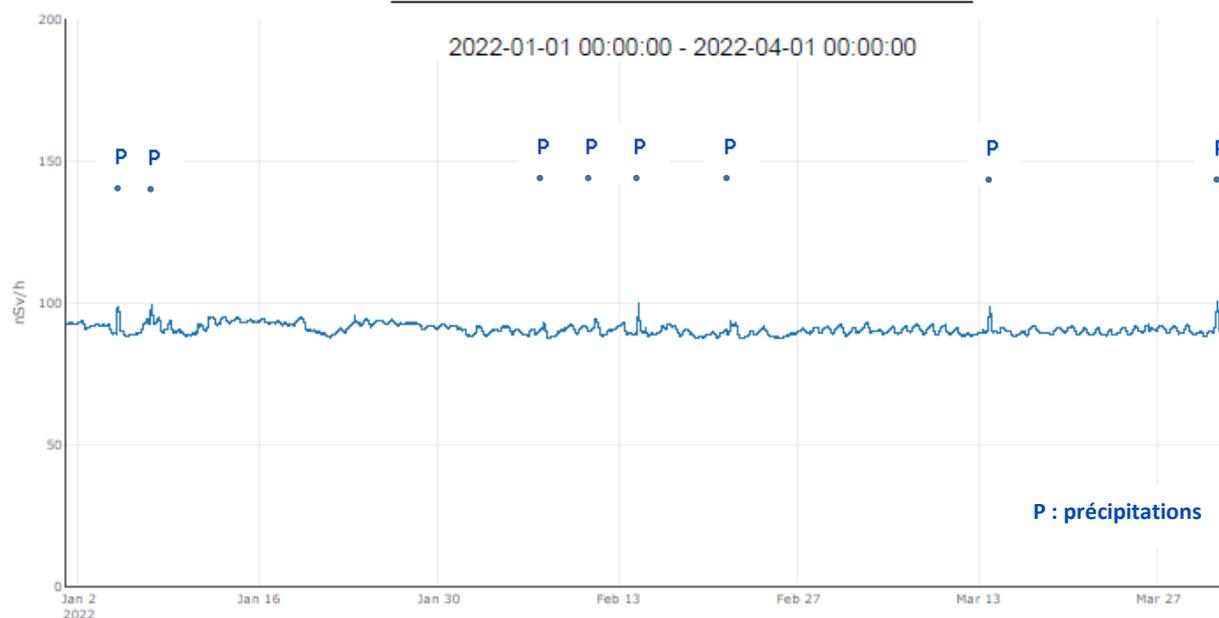
1 nSv/h = 0,001  $\mu\text{Sv/h}$



## Débit de dose gamma ambient à Grenoble

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

### SONDE GAMMA DE GRENOBLE



#### Commentaires

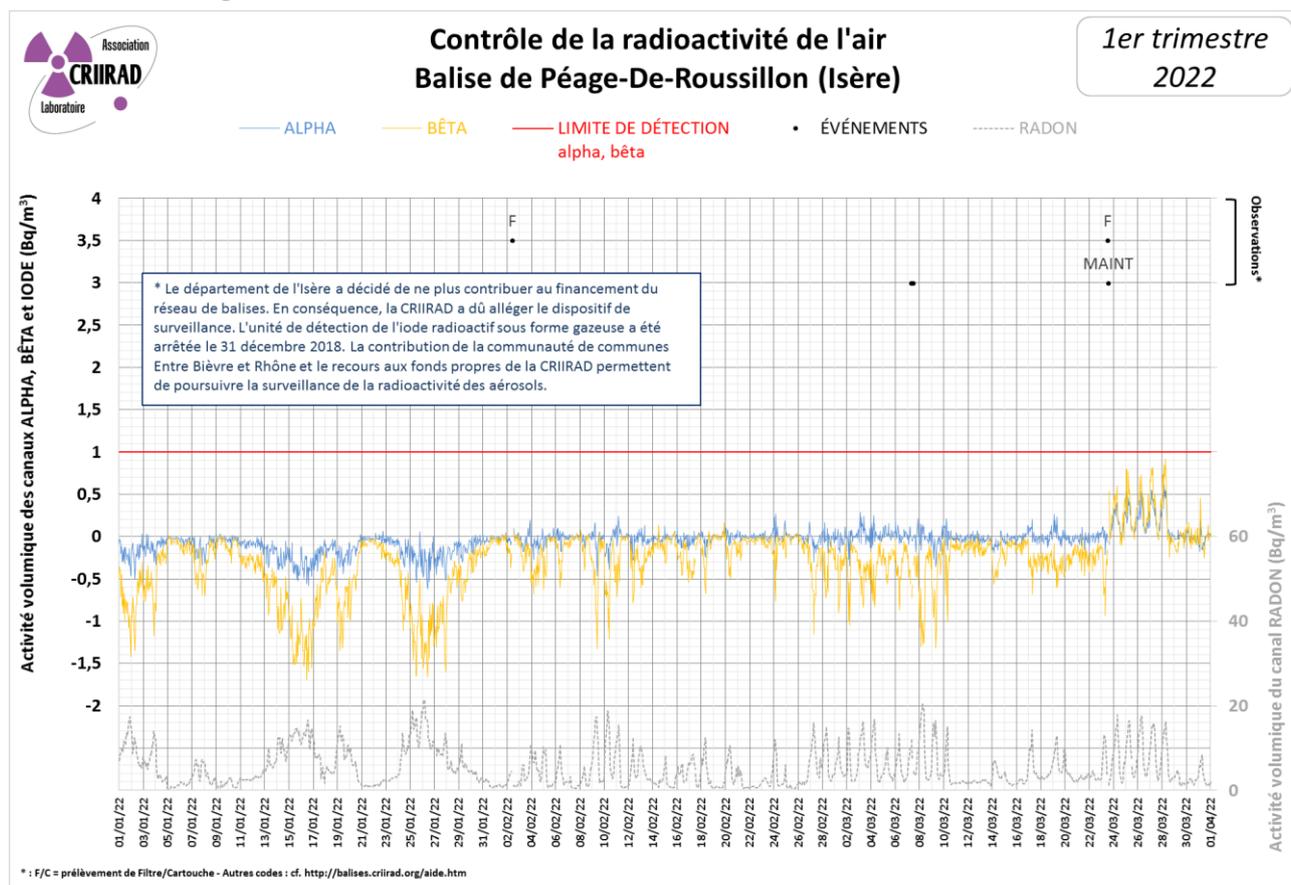
Les débits de dose instantanés sont restés dans une gamme de variation normale pour les 4 sondes de mesure. Sur les secteurs de **Valence, Saint-Marcel d'Ardèche, Pérouges, Genève et Grenoble**, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,07 à 0,10  $\mu\text{Sv/h}$**  (ou de **70 à 100 nSv/h**).

Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 14 février (notamment 0,12  $\mu\text{Sv/h}$  ou 120 nSv/h à Pérouges, 0,091  $\mu\text{Sv/h}$  ou 91 nSv/h à Genève et 0,101  $\mu\text{Sv/h}$  ou 101 nSv/h à Grenoble), le 13 mars (notamment 0,12  $\mu\text{Sv/h}$  ou 120 nSv/h à Valence et Saint-Marcel d'Ardèche) ainsi que le 31 mars. Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma<sup>4</sup> 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.

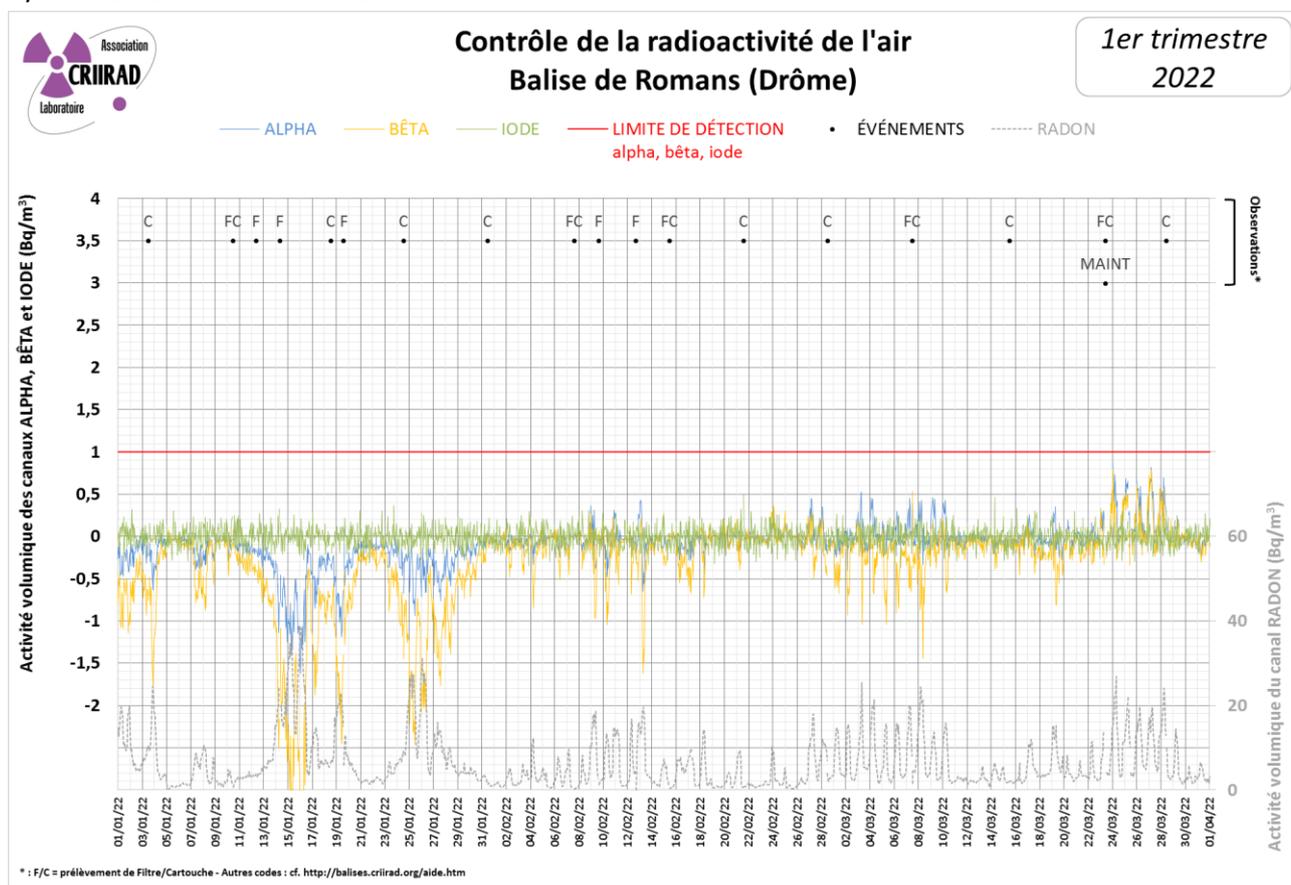
<sup>4</sup> Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

## II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

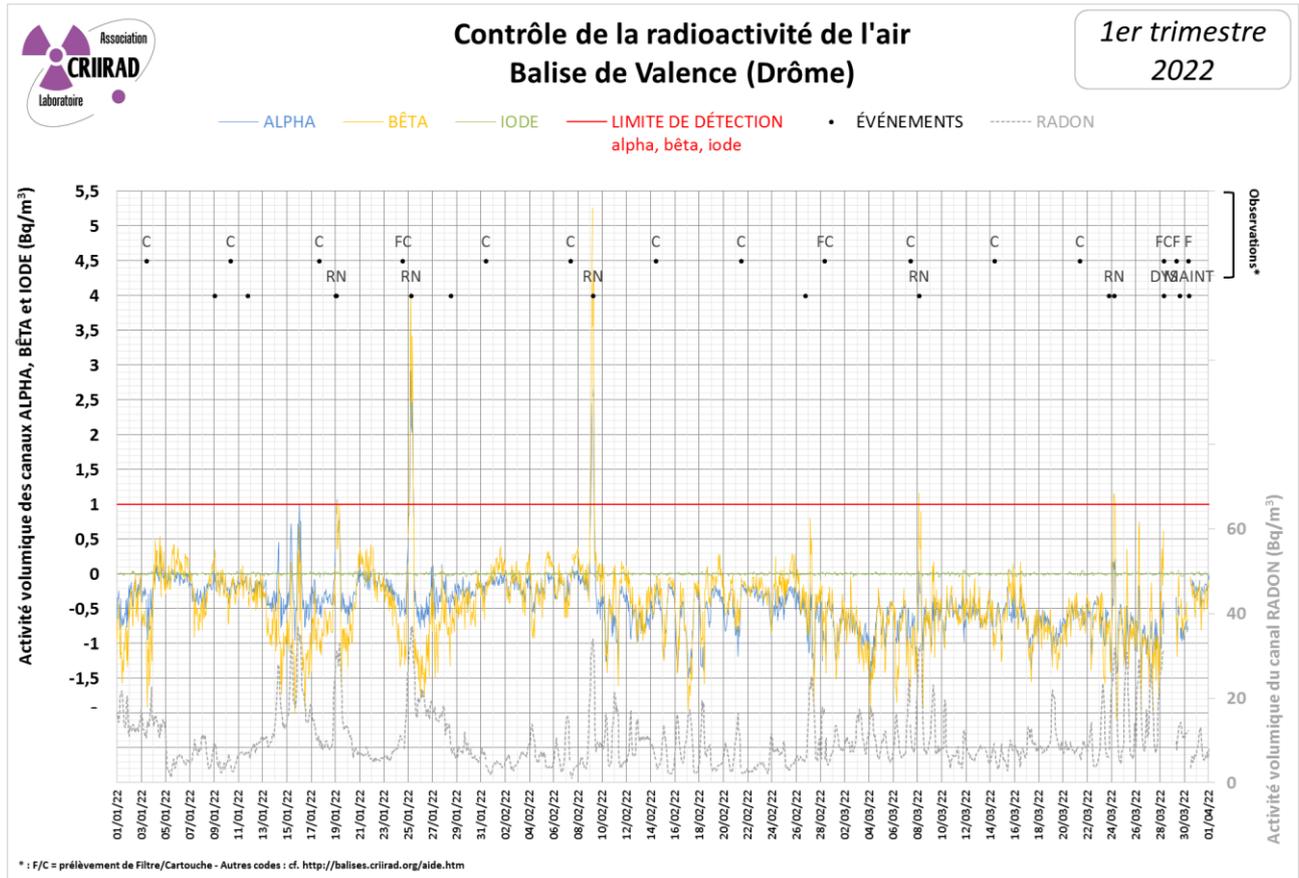
### A/ Balise de Péage de Roussillon



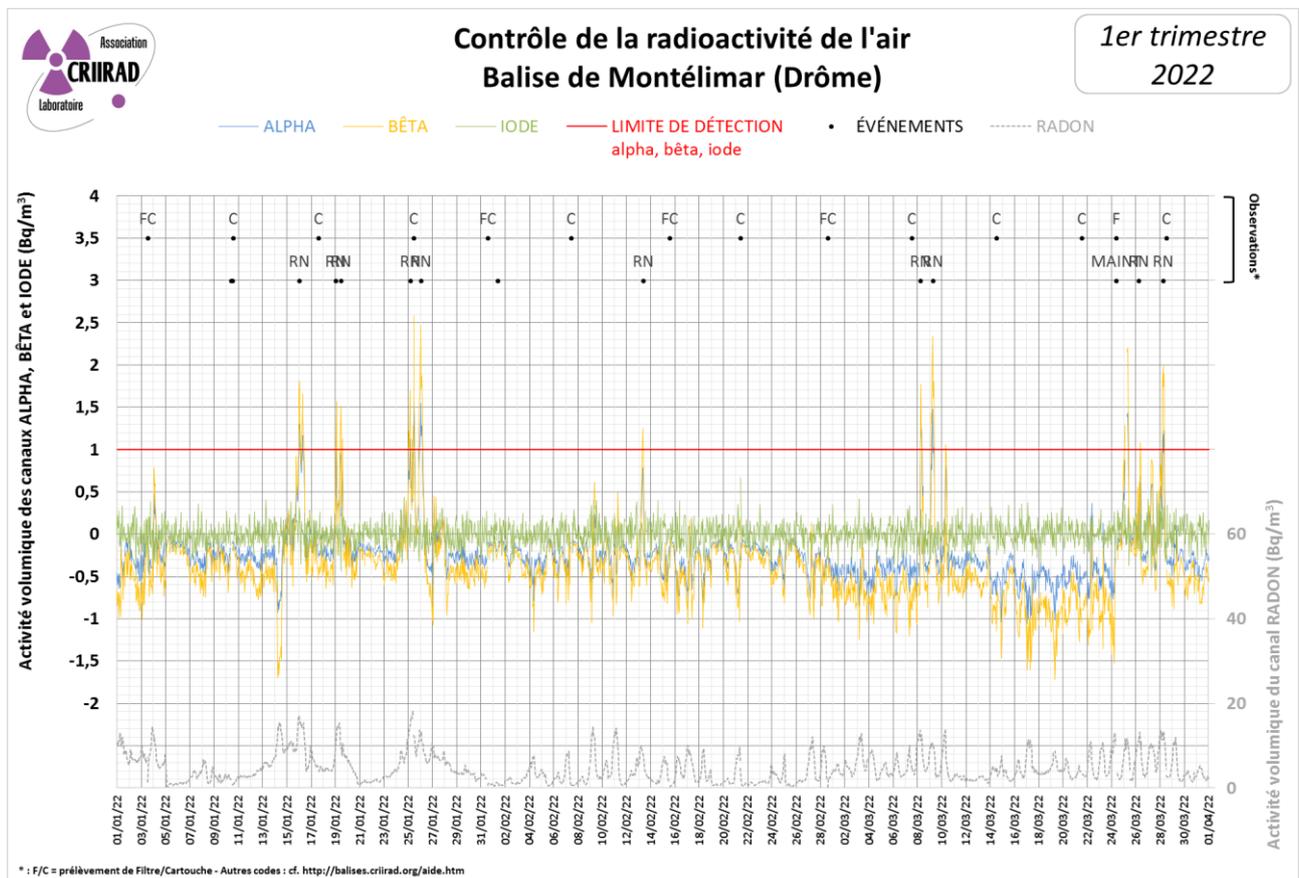
### B/ Balise de Romans-sur-Isère



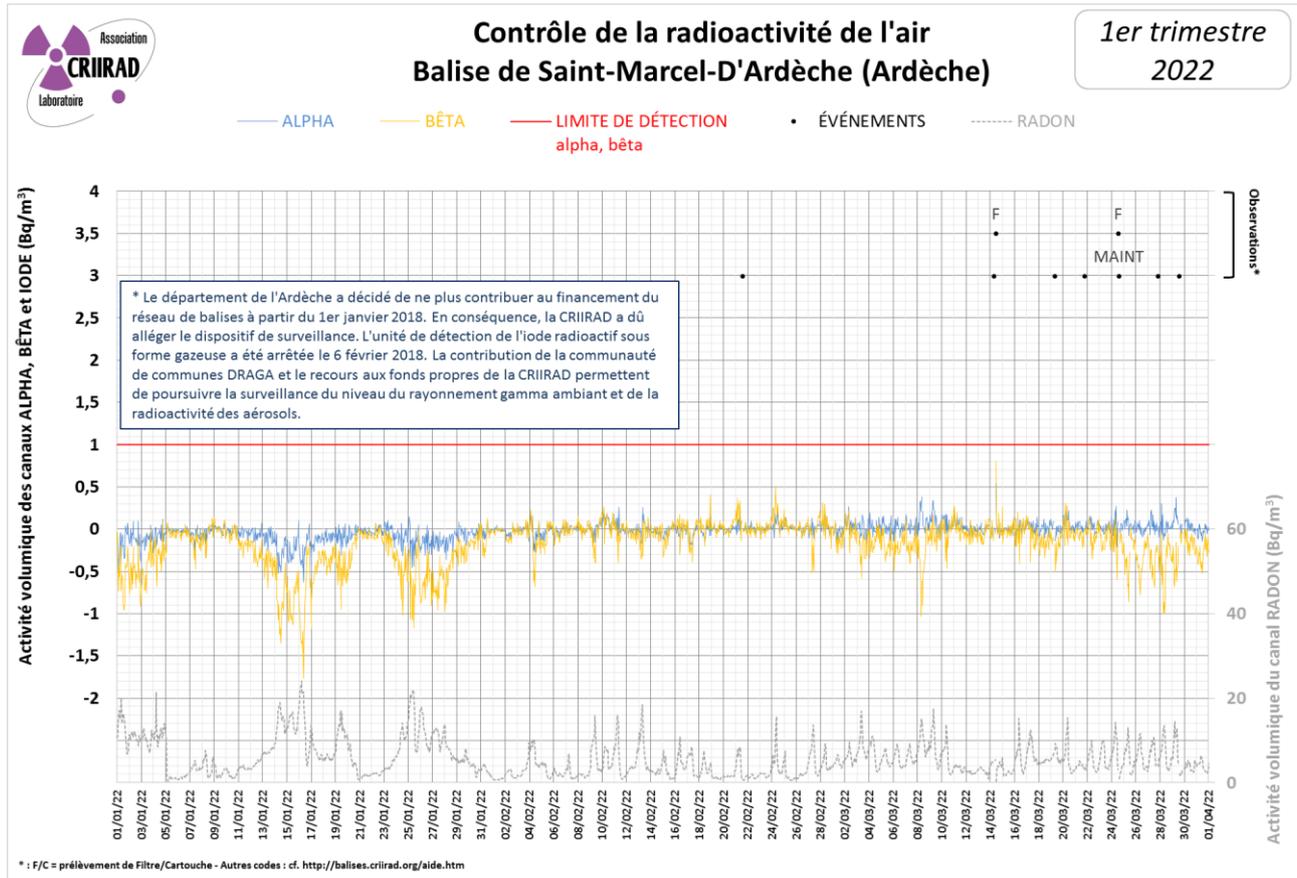
C/ Balise de Valence



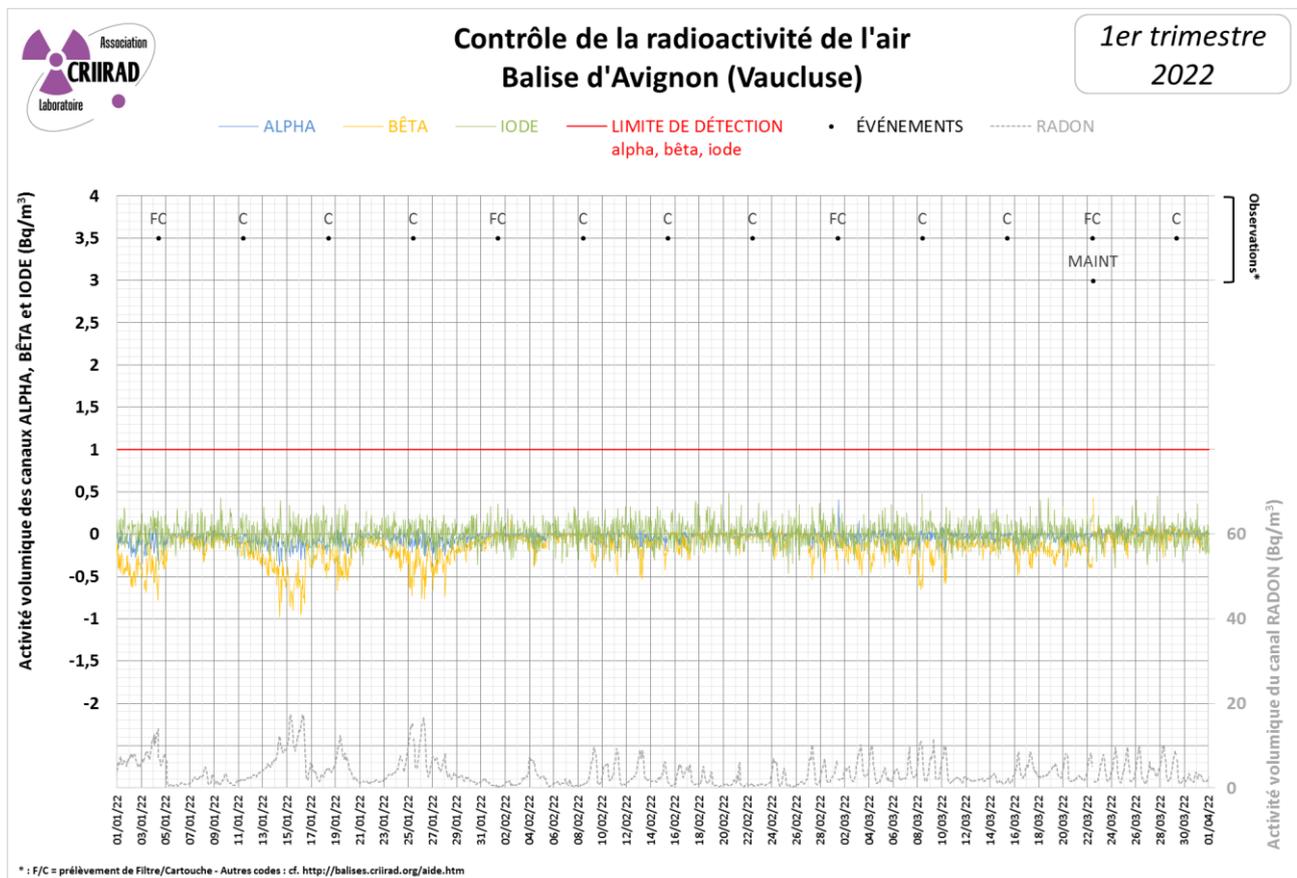
D/ Balise de Montélimar



## E/ Balise de Saint-Marcel d'Ardèche



## F/ Balise d'Avignon



## Commentaires

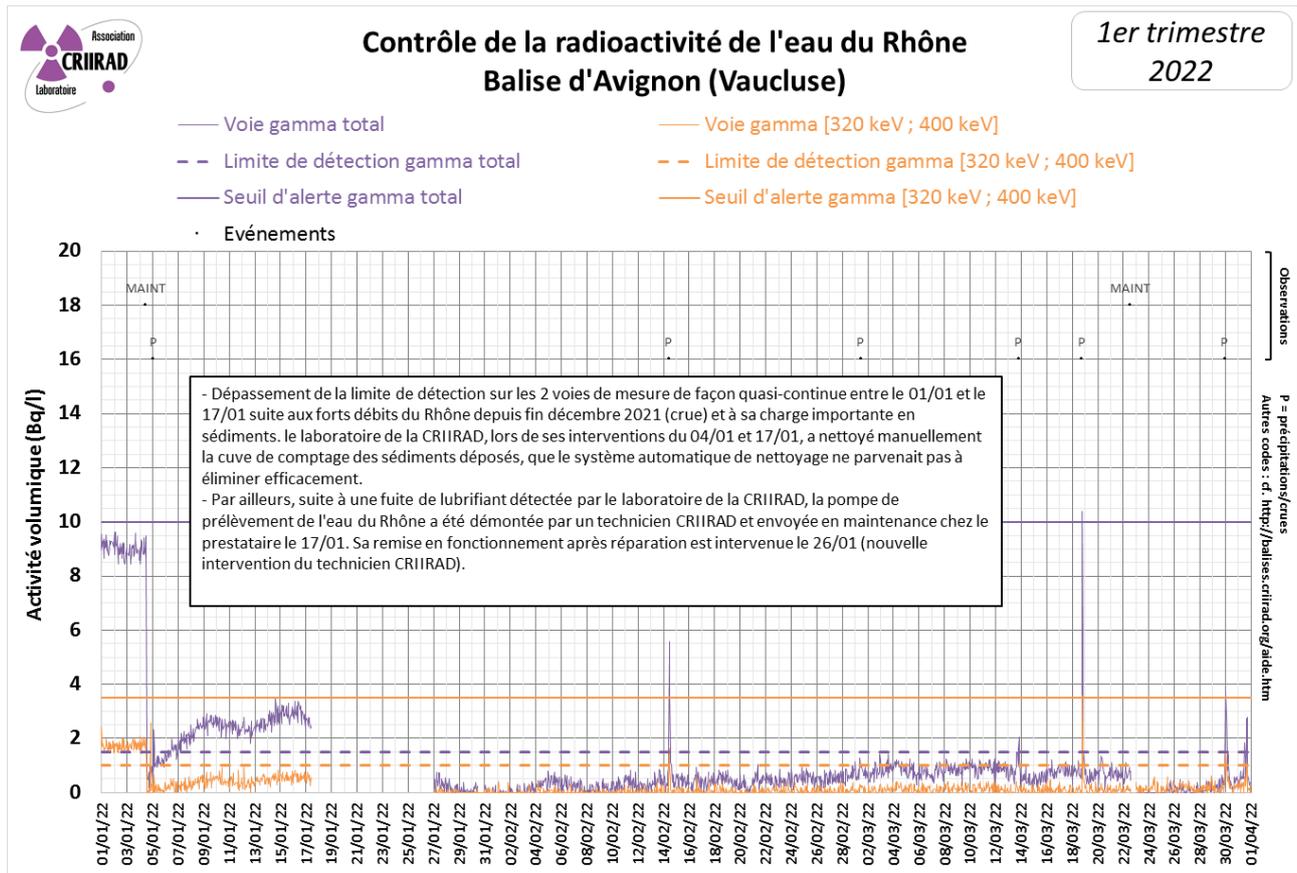
Aucune anomalie radiologique n'a été enregistrée par les balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique.

A noter que la limite de détection ( $1 \text{ Bq/m}^3$ ) a été dépassée à plusieurs reprises (voir graphiques en page 9) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct des balises atmosphériques de **Valence** (les 19 et 25 janvier, le 9 février ainsi que les 8 et 24 mars) et de **Montélimar** (les 16, 19, 25 et 26 janvier, le 13 février ainsi que les 9, 26 et 28 mars). 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 radon<sup>5</sup> (le 25 janvier, des activités volumiques maximales en radon de  $37 \text{ Bq/m}^3$  et de  $19 \text{ Bq/m}^3$  ont été mesurées respectivement à la balise de Valence et à la balise de Montélimar).

---

<sup>5</sup> 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  $10 \text{ Bq/m}^3$ ). 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.

Des dépassements de la limite de détection ont été observés de façon quasi-continue entre le 1<sup>er</sup> et le 17 janvier sur la voie gamma total (1,5 Bq/l) et entre le 1<sup>er</sup> et le 4 janvier sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (1 Bq/l). D'autres dépassements plus ponctuels ont été observés à d'autres reprises au cours du trimestre<sup>6</sup>.

Le seuil d'alerte (10 Bq/l) été dépassé à une reprise le 18 mars sur les 2 voies de mesure (activités maximales : 10,5 Bq/l sur la voie gamma total et 3,5 Bq/l sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] le 18 mars). Ce dépassement 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 3 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. Un épisode de type « crue » s'est vérifié également sur la période du 1<sup>er</sup> au 17 janvier avec des dépassements quasi-continus notamment sur la voie gamma total.

<sup>6</sup> Le 14 février, les 18, 30 et 31 mars pour les 2 voies de mesure et le 13 mars pour la voie gamma total.

Durant cet épisode, le débit et la charge du Rhône étaient particulièrement élevés suite à un épisode pluvieux fin 2021 combiné à une fonte conséquente de la neige en montagne.

A noter l'intervention du laboratoire de la CRIIRAD le 4 janvier pour nettoyer la cuve de comptage, le 22 mars pour assister le prestataire lors de la maintenance de la balise (hors pompe) ainsi que les 17 et 26 janvier pour l'entretien de la pompe (cf. page 4 pour les détails).

# 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 <sup>3</sup> )	Césium 134 (microBq/m <sup>3</sup> )	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m <sup>3</sup> )
		du	au					
Filtre à aérosols (piégeage des poussières atmosphériques)	Romans	13/12/21 13:29	10/01/22 10:56	10/01/2022	10/01/22	< 10,0	< 15,0	< LD
	Romans	10/01/22 11:02	07/02/22 13:46	07/02/2022	08/02/22	< 4,0	< 7,0	< LD
	Romans	07/02/22 14:17	07/03/22 11:08	07/03/2022	07/03/22	< 11,0	< 16,0	< LD
	Valence	27/12/21 09:04	24/01/22 13:07	24/01/2022	25/01/22	< 7,0	< 9,0	< LD
	Valence	24/01/22 13:15	28/02/22 08:14	28/02/2022	28/02/22	< 9,0	< 13,0	< LD
	Valence	28/02/22 08:24	28/03/22 06:59	28/03/2022	28/03/22	< 9,0	< 7,0	< LD
	Montélimar	06/12/21 10:13	03/01/22 12:40	03/01/2022	05/01/22	< 9,0	< 15,0	< LD
	Montélimar	03/01/22 12:45	31/01/22 13:46	31/01/2022	01/02/22	< 5,0	< 8,0	< LD
	Montélimar	31/01/22 13:53	28/02/22 13:39	28/02/2022	28/02/22	< 6,0	< 10,0	< LD
	Avignon	07/12/21 10:25	04/01/22 09:40	04/01/2022	06/01/22	< 6,0	< 9,0	< LD
	Avignon	04/01/22 10:25	01/02/22 08:29	01/02/2022	03/02/22	< 8,0	< 10,0	< LD
Avignon	01/02/22 08:43	01/03/22 10:19	01/03/2022	01/03/22	< 8,0	< 11,0	< 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 <sup>3</sup> )	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m <sup>3</sup> )
		du	au				
Cartouche de charbon actif (piégeage spécifique de la forme gazeuse de l'iode 131)	Romans	03/01/22 11:05	10/01/22 10:56	10/01/2022	11/01/22	< 100	< LD
	Romans	31/01/22 11:04	07/02/22 13:46	07/02/2022	08/02/22	< 110	< LD
	Romans	28/02/22 11:20	07/03/22 11:08	07/03/2022	08/03/22	< 120	< LD
	Valence	17/01/22 15:56	24/01/22 13:07	24/01/2022	25/01/22	< 140	< LD
	Valence	21/02/22 11:19	28/02/22 08:14	28/02/2022	28/02/22	< 230	< LD
	Valence	21/03/22 08:47	28/03/22 06:59	28/03/2022	28/03/22	< 300	< LD
	Montélimar	28/12/21 10:13	03/01/22 12:40	03/01/2022	05/01/22	< 130	< LD
	Montélimar	25/01/22 10:21	31/01/22 13:46	31/01/2022	01/02/22	< 120	< LD
	Montélimar	21/02/22 09:55	28/02/22 13:39	28/02/2022	01/03/22	< 120	< LD
	Avignon	22/02/22 09:26	01/03/22 10:19	01/03/2022	02/03/22	< 90	< 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 01/03/2022.

#### 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	01/03/22 11:00	01/03/22	31 681	< 0,10	< 0,09	< 4,9

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	01/03/2022 11:00	19/04/2022	25/04/2022	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 – EVALUER LES DOSES LIEES

## A L'INHALATION DE GAZ ET AEROSOLS RADIOACTIFS (1)

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

L'évaluation des doses comporte 3 étapes :

- 1/ Déterminer l'activité volumique (Bq/m<sup>3</sup>) des radionucléides présents dans l'air ambiant
- 2/ Estimer l'activité inhalée (Bq) en fonction de la durée d'exposition et du débit respiratoire
- 3/ Déterminer la dose efficace (Sv) à partir des coefficients de dose

En cas de rejet accidentel d'un panache radioactif dans l'atmosphère, les personnes se trouvant dans le passage des masses d'air contaminées sont exposées aux rayonnements ionisants du fait de l'inhalation de gaz et aérosols radioactifs<sup>7</sup>.

Pour évaluer les doses liées à cette exposition, la première étape consiste à connaître le niveau de contamination de l'air, c'est-à-dire l'**activité volumique** (en becquerels par mètre cube ou Bq/m<sup>3</sup>) des radionucléides qu'il contient. Bien que cela puisse s'avérer complexe, il est également important de tenir compte de l'évolution temporelle de l'activité de l'air.

En faisant des hypothèses quant à la **durée d'exposition** au panache (en heures) et au **débit respiratoire** des personnes exposées (en mètres cube par heure ou m<sup>3</sup>/h), il est possible d'estimer l'**activité inhalée** (en Bq).

Multipliés par des coefficients de dose (en sieverts par becquerel ou Sv/Bq), ces résultats permettent de déterminer la **dose efficace** associée à l'inhalation des substances radioactives.

### Connaître la radioactivité de l'air

La principale méthode employée pour mesurer l'activité volumique des radionucléides présents dans l'air ambiant est la spectrométrie gamma. Cette technique permet d'identifier les radionucléides contenus dans l'air à partir de l'énergie des rayonnements gamma qu'ils émettent, et de les quantifier, en Bq/m<sup>3</sup>.

Ce type de mesure peut être réalisé :

- en laboratoire, sur des échantillons de filtres ayant collecté les gaz et poussières de l'air ambiant pendant une période déterminée. C'est le cas de 6 balises atmosphériques gérées par le laboratoire de la CRIIRAD dans la vallée du Rhône entre le sud de Lyon et Avignon ;

- directement dans l'air ambiant, au moyen de sondes de spectrométrie gamma. C'est le cas des stations de mesure gérées par le laboratoire de la CRIIRAD à Genève et Grenoble.

Pour plus d'informations : <http://balises.criirad.org/>

La spectrométrie gamma ne permet toutefois pas de détecter les radionucléides qui n'émettent pas ou trop peu de rayonnements gamma, par exemple le strontium 90 ou le plutonium 239, radionucléides pouvant être rejetés en cas d'accident nucléaire et qui ne peuvent être mesurés qu'avec des techniques spécifiques.

Remarque : un radiamètre grand public (par exemple un compteur Geiger-Müller) n'est pas adapté pour quantifier les radionucléides contenus dans l'air.

### Évaluer les doses

Afin de **convertir une activité (en Bq) en une dose efficace (en Sv)**, des coefficients de « **dose efficace engagée** » par unité incorporée ont été définis par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR)<sup>8</sup> et repris dans les réglementations de l'Union Européenne<sup>9</sup> et de la Suisse<sup>10</sup>.

### Qu'est-ce qu'une « dose efficace engagée » ?

La « dose efficace » est la grandeur utilisée pour estimer les effets biologiques des rayonnements ionisants. Une dose est dite « efficace » lorsqu'elle prend en compte l'impact des rayonnements ionisants sur tous les organes, en fonction de leur sensibilité aux rayonnements et des types de rayonnement qui les atteignent.

Une dose est dite « engagée » lorsqu'elle prend en compte l'impact des rayonnements ionisants émis par les radionucléides pendant les 50 ans suivant leur absorption pour les adultes et jusqu'à l'âge de 70 ans pour les enfants.

Par exemple, pour un enfant de 5 ans, le coefficient de dose efficace engagée du plutonium 239 est de

<sup>7</sup> Le risque est maximal pendant le passage du panache mais il existe également des expositions ultérieures (remise en suspension de la contamination du sol, feux de forêts contaminées, ...).

<sup>8</sup> ICRP, 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119.

<sup>9</sup> Directive 96/29.

<sup>10</sup> Ordonnance sur la radioprotection du 26 avril 2017 (814.501).

27  $\mu\text{Sv/Bq}^{11}$ . Si l'enfant inhale 10 Bq de Pu 239, il sera exposé à 270  $\mu\text{Sv}$ . Cette valeur rend compte de la dose de rayonnement qui sera délivrée par ces 10 Bq à tous les organes radiosensibles où le plutonium 239, radionucléide de longue période qui reste pratiquement fixé à vie dans l'organisme, se concentre (notamment le poumon, les surfaces osseuses, le foie, la moelle osseuse, les gonades), et ce jusqu'à 70 ans (soit pendant 65 ans).

### Des coefficients variables

Des coefficients ont été établis pour chaque radionucléide.

Ils varient selon la voie d'exposition (inhalation, ingestion), la catégorie (public, travailleurs) et, dans le cas du public, la tranche d'âge (moins d'1 an, 1 à 2 ans, 2 à 7 ans, 7 à 12 ans, 12 à 17 ans et plus de 17 ans).

Cette fiche concerne les coefficients « **inhalation** » pour le public. Le tableau ci-après liste les coefficients du césium 137 et du plutonium 239. Les autres coefficients sont consultables dans les textes précités.

Un radionucléide peut être présent dans l'air sous différentes formes physico-chimiques (état gazeux, liquide ou solide ; seul ou incorporé à d'autres substances ; taille et forme de particule variables, ...).

En fonction de ces paramètres, sa rétention dans le système respiratoire et sa vitesse de transfert vers le système sanguin ne sont pas forcément les mêmes. Afin d'en tenir compte, plusieurs coefficients sont donnés pour les différentes formes d'un même radionucléide.

Dans la plupart des cas, trois coefficients sont proposés, selon la vitesse de transfert dans le système sanguin (F pour Fast ou rapide, M pour Moderate ou modéré, S pour Slow ou lente). Les tableaux réglementaires donnent les trois coefficients. En première approche, par précaution, le coefficient le plus élevé peut être utilisé. Il est également possible de consulter la publication 71 de la CIPR qui propose, pour chaque radionucléide, le type (F, M ou S) à utiliser par défaut.

Pour certains radionucléides, des coefficients supplémentaires sont proposés, afin de distinguer les formes gazeuses des formes particulaires (c'est le cas de l'iode qui comporte 5 coefficients).

Coefficients de dose incorporée par inhalation pour les personnes du public								
Radionucléide	Période physique	Type	≤ 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	> 17 ans
			$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$	$\mu\text{Sv/Bq}$
Césium 137	30,0 ans	F	0,0088	0,0054	0,0036	0,0037	0,0044	0,0049
		M	0,0360	0,0290	0,0180	0,0130	0,0110	0,0097
		S	0,110	0,100	0,070	0,048	0,042	0,039
Plutonium 239	24 100 ans	F	210	200	150	120	110	120
		M	80	77	60	48	47	50
		S	43	39	27	19	17	16

Si vous utilisez les tableaux officiels, vous trouverez les coefficients exprimés en Sv/Bq et écrits en affichage scientifique, par exemple  $8,8 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq.

Pour plus de lisibilité, les coefficients peuvent être écrits en millisieverts (mSv) ou microsieverts ( $\mu\text{Sv}$ ) par becquerel, avec : 1 Sv = 1 000 mSv = 1 000 000  $\mu\text{Sv}$ .

Pour convertir les Sv/Bq en  $\mu\text{Sv/Bq}$ , il faut multiplier les valeurs par 1 000 000, Par exemple  $8,8 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq = 0,000000088 Sv/Bq = 0,0088  $\mu\text{Sv/Bq}^{12}$

Les deux autres paramètres à prendre en considération sont la **durée d'exposition** au panache (en heures) ainsi que le **débit respiratoire** (en  $\text{m}^3/\text{h}$ ). Celui-ci dépend du public exposé et du type d'activité (sommeil, station assise, activité physique plus ou moins intense).

En première approche, les valeurs ci-après peuvent être utilisées pour une journée type.

Débit respiratoire moyen ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) en fonction de l'âge					
3 mois	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte
0,119	0,215	0,363	0,638	0,838	0,925

Source : CIPR 71

<sup>11</sup> Dans le cas d'une vitesse de transfert lente dans le système sanguin (cf. ci-après).

<sup>12</sup> Transformation de l'affichage scientifique en affichage classique :  $8,8 \cdot 10^{-9}$  Sv/Bq =  $8,8/10^9$  =  $8,8/1000000000$  (1 suivi de 9 zéros) = 0,000000088 Sv/Bq  
Conversion :  $0,000000088$  Sv/Bq x 1000000 = 0,0088  $\mu\text{Sv/Bq}$

Attention, ces valeurs sont données à titre indicatif mais les débits réels peuvent être nettement différents (pour l'adulte, autour de 0,4 m<sup>3</sup>/h au sommeil et jusqu'à 3 m<sup>3</sup>/h en cas d'effort intense).

Pour des calculs plus fins, des données détaillées sont disponibles dans la publication 66 de la CIPR.

### Exemple de calcul

Entre mars et mai 2011, suite à l'accident nucléaire de Fukushima, des mesures quotidiennes de l'activité volumique en **césium 137** dans l'air ont été effectuées dans la ville de Chiba, près de Tokyo, à 220 km au sud-ouest de la centrale .

La valeur moyenne quotidienne la plus élevée (**7,5 Bq/m<sup>3</sup>**) a été détectée entre le 20 mars 10h05 et le 21 mars 11h40.

Pour calculer **l'activité inhalée par un adulte** se trouvant à Chiba à cette date, il faut multiplier l'activité volumique (7,5 Bq/m<sup>3</sup>) par la durée du prélèvement d'air (25,6 h) , et par le débit respiratoire moyen (0,925 m<sup>3</sup>/h). On obtient un résultat de **178 Bq**.

D'après le tableau ci-dessus, pour le césium 137, le **coefficient de dose** incorporée par inhalation est 0,039 μSv/Bq pour un adulte (hypothèse d'un transfert lent).

L'estimation maximale de la dose efficace liée à **l'inhalation du césium 137 par un adulte se trouvant à Chiba du 20 au 21 mars** est donc :

$178 \text{ Bq} \times 0,039 \text{ } \mu\text{Sv/Bq} \approx \mathbf{6,9 \text{ } \mu\text{Sv}}$ .

Pour évaluer la dose efficace totale liée à l'inhalation des radionucléides présents dans le panache, il faut répéter l'opération :

- pour toute la durée de passage du panache. Dans le cas de Chiba, la dose efficace liée à l'inhalation de césium 137 par un adulte **entre le 14 mars et le 14 mai 2011** est de **9,9 μSv** ;
- pour tous les autres radionucléides présents dans l'air. Dans l'exemple cité, en ajoutant la contribution de **césium 134** (4,2 μSv) et celle de

**l'iode 131** (50,8 μSv) on obtient une dose efficace de **65 μSv**.

Dans le cas d'un **nourrisson**, le débit respiratoire (0,119 m<sup>3</sup>/h) étant 8 fois plus faible que celui d'un adulte, les activités inhalées sont moins importantes. Mais les coefficients de dose étant nettement plus élevés, la dose efficace est quasiment identique à celle d'un adulte (**62 μSv**).

Dans le cas d'un enfant de 5 ans, la dose efficace (**108 μSv**) est plus élevée.

### Des radionucléides plus ou moins toxiques

Les coefficients de dose incorporée par inhalation peuvent fortement différer d'un radionucléide à l'autre.

Pour un adulte, le coefficient de dose maximal lié à l'inhalation de plutonium 239 est de 120 μSv/Bq. Cette valeur est 3 000 fois plus élevée que le coefficient maximal lié à l'inhalation de césium 137 (0,039 μSv/Bq) : l'inhalation d'1 Bq de plutonium 239 délivre la même dose efficace que l'inhalation de 3 000 Bq de césium 137.

Pour évaluer la dose efficace liée au passage d'un panache radioactif, il est important de ne pas négliger les faibles activités, en particulier pour les radionucléides les plus radiotoxiques.

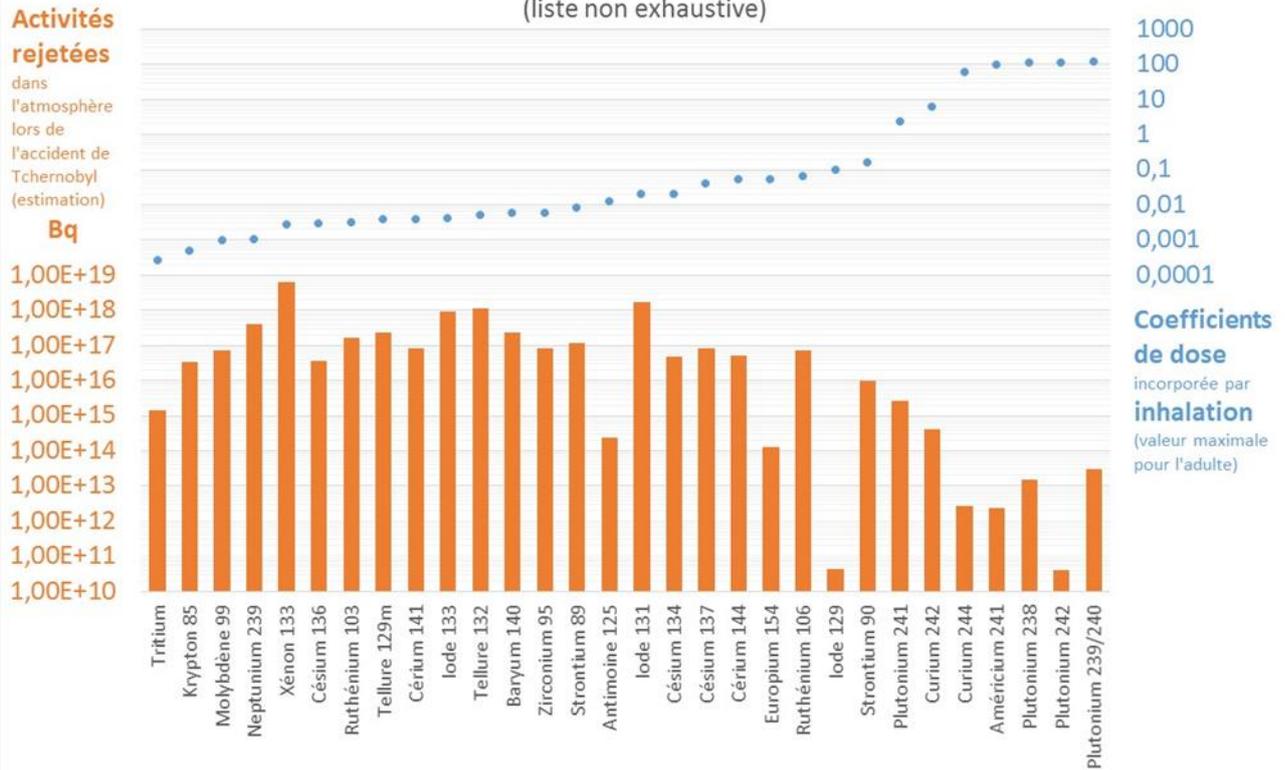
Ceci est illustré par le graphe 1, qui présente les activités rejetées dans l'atmosphère lors de l'accident de Tchernobyl pour 31 radionucléides, et les coefficients de dose associés.

*NB : l'échelle des valeurs est logarithmique. Les valeurs sont multipliées par 10 d'une graduation à l'autre.*

On constate par exemple, que pour le plutonium 238, l'activité rejetée est environ 100 000 fois plus faible que pour l'iode 131. Mais le plutonium 238 présente un coefficient de dose par inhalation 5 000 fois plus élevé que l'iode 131 : malgré les écarts d'activité, sa contribution à l'exposition par inhalation peut donc être non négligeable.

**GRAPHE 1**

Radionucléides rejetés dans l'atmosphère lors de l'accident de Tchernobyl  
(liste non exhaustive)



## Les limites de l'évaluation des doses

Les effets biologiques liés à l'incorporation d'un radionucléide diffèrent en fonction de nombreux paramètres : caractéristiques physico-chimiques du radionucléide, nature des rayonnements émis lors de sa désintégration, organes touchés, caractéristiques anatomiques et physiologiques individuelles, ...

Les coefficients de dose proposés par la CIPR correspondent à la simplification d'une situation complexe et comportent d'importantes incertitudes.

Ces coefficients évoluent logiquement en fonction de l'avancée des connaissances. Les coefficients actuels sont parus au cours des années 1990 ; une refonte est en cours, à partir des bases définies dans la publication 103 de la CIPR (2007).

Compte tenu de ces éléments, les coefficients doivent être pris avec précaution. Il faut souligner que l'évaluation des doses efficaces est effectuée par rapport à une personne de référence<sup>13</sup> et ne rend pas compte des particularités individuelles.

En ajoutant la dose liée à l'inhalation aux doses induites par les autres voies d'exposition (ingestion, exposition interne, ...), on obtient la dose efficace globale qui peut être comparée à des limites et valeurs de référence réglementaires qui sont, pour le public :

- 1 mSv par an en situation normale<sup>14</sup>,
- 100 mSv pour une situation d'urgence,
- 20 mSv par an en phase post-accidentelle.

## Quelques ordres de grandeur

La contamination de l'air consécutive à un accident nucléaire majeur peut concerner la totalité de la surface du globe, mais les ordres de grandeur peuvent sensiblement varier en fonction de plusieurs paramètres, et notamment de l'éloignement du point de rejet.

C'est ce que montre le graphe ci-dessous, qui présente les activités volumiques maximales dans l'air ambiant relevées après les accidents nucléaires de Tchernobyl et Fukushima.

*NB : l'échelle des valeurs est logarithmique, en abscisse comme ordonnée. Les valeurs sont multipliées par 10 d'une graduation à l'autre.*

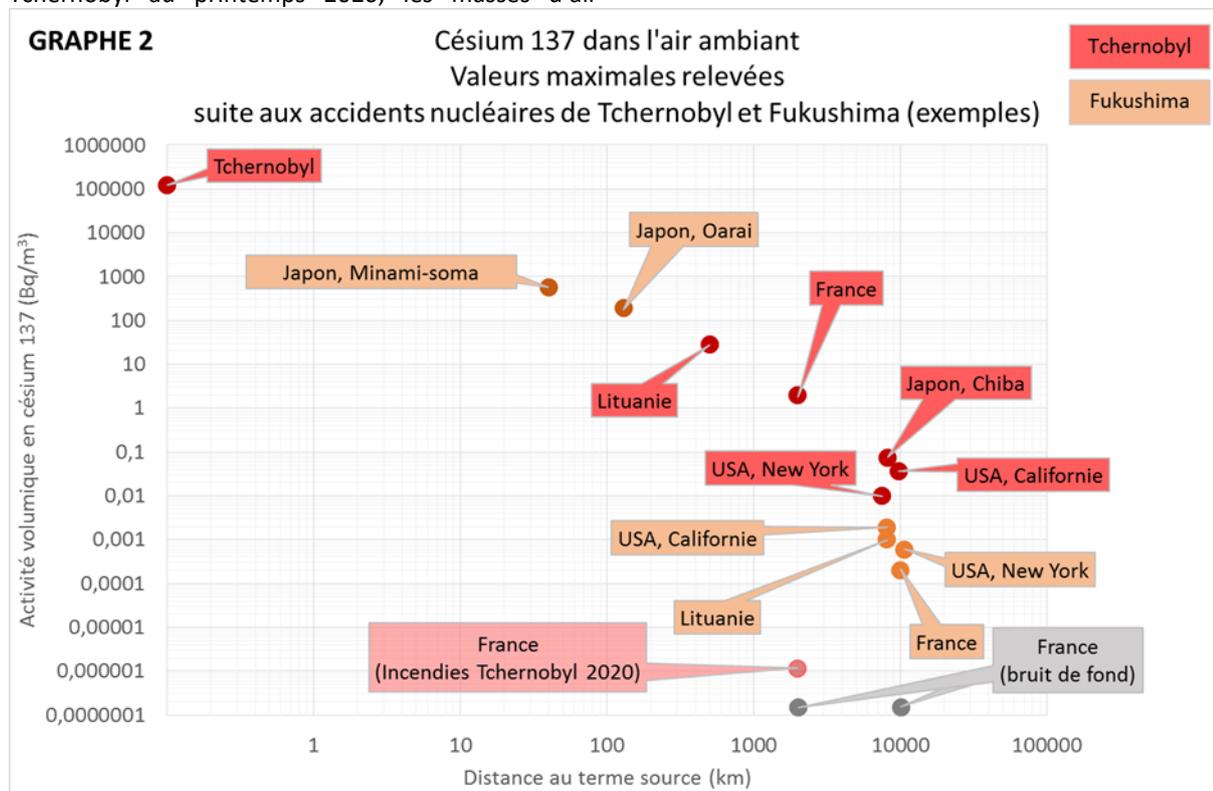
<sup>13</sup> Personne théorique censée représenter l'ensemble des personnes du public (ou des travailleurs), sans distinction de sexe, et dont les caractéristiques anatomiques et physiologiques sont utilisées pour effectuer les calculs de dose.

<sup>14</sup> Cette limite s'applique au cumul des expositions aux rayonnements ionisants générés par l'ensemble des activités nucléaires.

Si on prend le cas de la France, la valeur maximale consécutive à l'accident de Tchernobyl (distant de 2 000 km) a dépassé 1 Bq/m<sup>3</sup>, tandis qu'elle a été inférieure à 0,0001 Bq/m<sup>3</sup> suite à l'accident de Fukushima (distant de 10 000 km).

Par ailleurs, suite aux incendies survenus près de Tchernobyl au printemps 2020, les masses d'air

contaminé par le césium 137 remis en suspension ont atteint la France, à un niveau d'environ 0,000001 Bq/m<sup>3</sup>. Cet ordre de grandeur est 10 fois plus élevé que le **bruit de fond (\*)**, mais 100 fois plus faible que la contamination consécutive à Fukushima et 1 million de fois plus faible que celle suivant la catastrophe de Tchernobyl.



## Sources

### GRAPHE 1

**Coefficients de dose** : CIPR 119

**Activités rejetées** : Steinhäuser G. & al., "Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents : A review of the environmental impacts", Science of the Total Environment 470-471 (2014) 800-817

### GRAPHE 2

**France (Bruit de fond) et France (Incendies Tchernobyl 2020)** : IRSN, Note d'information n°4, Incendies en Ukraine dans la zone d'exclusion autour de la centrale de Tchernobyl : Premiers résultats de mesure en France, 24 avril 2020

**Fukushima (hors Japon)** : Thakur & al., An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere, Science of the Total Environment 458-460 (2013) 577-613

### (\*) Notion de bruit de fond

Des produits radioactifs peuvent être déjà présents dans l'air avant le passage du panache. C'est ce qu'on appelle le bruit de fond. Celui-ci comporte une composante naturelle (l'air contient plusieurs radionucléides naturels : radon et descendants, béryllium 7, ...) et une composante artificielle. Les radionucléides artificiels étaient absents de l'air au début du 20<sup>ème</sup> siècle. A partir de 1945, plusieurs événements ont provoqué une contamination de l'air, les principaux étant les essais nucléaires atmosphériques réalisés de 1945 à 1980, les catastrophes de Tchernobyl le 26 avril 1986 et de Fukushima le 11 mars 2011. Le bruit de fond artificiel diminue globalement dans le temps, principalement en fonction de la décroissance des radionucléides et de leur dépôt (mais des phénomènes de remise en suspension peuvent survenir). S'agissant du césium 137, le bruit de fond dans l'air français était de l'ordre de 1 µBq/m<sup>3</sup> juste avant Tchernobyl, 10 µBq/m<sup>3</sup> dans les années ayant suivi Tchernobyl, 0,1 µBq/m<sup>3</sup> actuellement.

## **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.

<b>CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES</b>	
<b><i>Tableau A / Evénements techniques programmés (prélèvement hebdomadaire aux balises atmosphériques, maintenance,...)</i></b>	
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

<b>CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES</b>	
<b><i>Tableau B / Evénements techniques non programmés (dysfonctionnements techniques, pannes, arrêt balise...)</i></b>	
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

<b>CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES</b>	
<b><i>Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire</i></b>	
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> . Il est placé sous la responsabilité de M. Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.



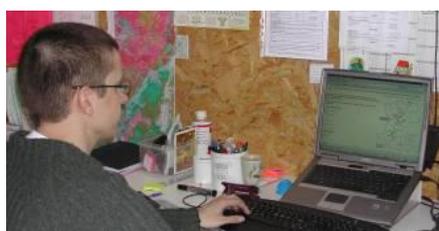
### **RESPONSABLE SCIENTIFIQUE**

Bruno CHAREYRON



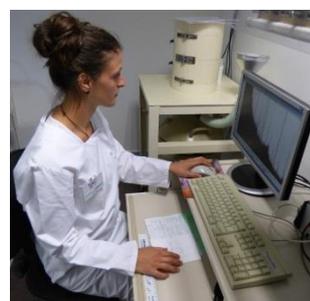
### **RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES**

Jérémie MOTTE



### **RESPONSABLE SERVICE RADON**

Julien SYREN



### **RESPONSABLE SERVICE PREPARATION ET ANALYSES**

Marion JEAMBRUN



### **INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES, ANALYSES**

Stéphane PATRIGEON



### **SCRUTATION DES DONNEES**

Stéphane MONCHÂTRE



### **PREPARATION DES ECHANTILLONS**

Sara ORTUNO



### **RESPONSABLE QUALITE**

Manon CAVALIER

### **EQUIPE D'ASTREINTE**

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