

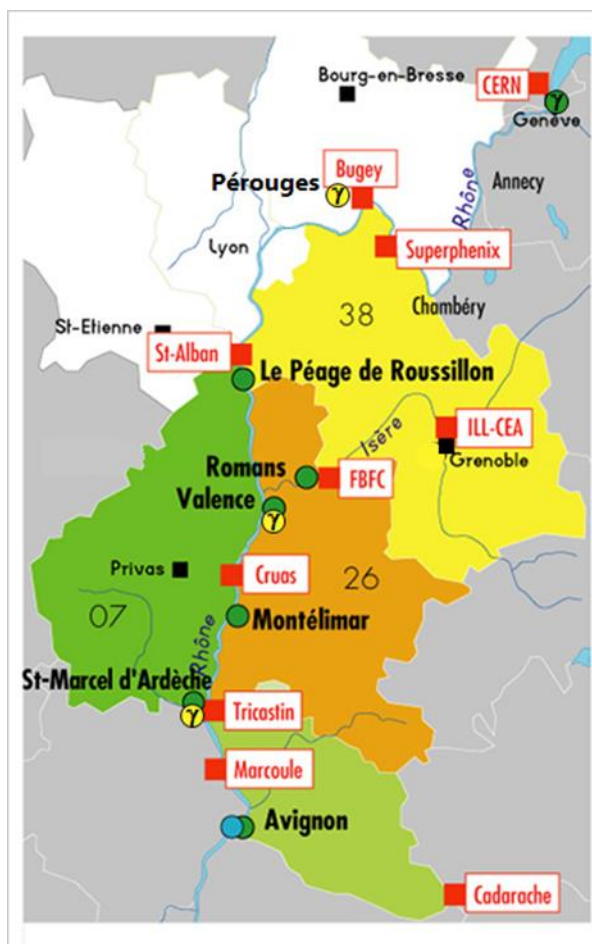
# SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

## RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 23-25

RAPPORT TRIMESTRIEL

AVRIL-MAI-JUIN 2023



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

REGION  
SUD

PROVENCE  
ALPES  
CÔTE D'AZUR

- LA  
D R O  
M E -  
LE DÉPARTEMENT

Département  
VAUCLUSE

grand  
avignon  
communauté d'agglomération

AVIGNON  
www.avignon.fr

valence  
romans  
AGGLO

terr  
d'energies  
Communauté de Communes  
du Montélimar

montélimar  
agglomération

dragage  
LABORATOIRE DE CHIMIE

... SUBVENTIONNE  
... PAR LA  
VILLE DE GENÈVE

Pérouges

Association  
CRIIRAD  
Laboratoire


### 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 - Deuxième 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 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	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
<b>FOCUS : CONTAMINATION DE L'AIR – INTERET ET LIMITES DE LA PROPHYLAXIE PAR L'IODE STABLE</b>	16
<b>LABORATOIRE CRIIRAD</b>	22

	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>26/09/2023</b>	<b>26/09/2023</b>
<b>Signature</b>		




# SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD








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

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




BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar	Saint-Marcel d'Ardèche
Alpha/Bêta (Air)		 96,2%	 99,7%	 99,4%	 99,5%	
Iode (Air)			 99,7%	 99,4%	 99,5%	
Gamma (Air)	 99,7%			 99,4%		 77%

### 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%	
Gamma (Air)						
Spectrométrie Gamma (Air)	 0%	 99,8%	 100%	 100%		
Gamma (Eau)						 19%

### Légende

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

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

## II/ A signaler au cours du trimestre

- **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises :** au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits à la balise de Romans-sur-Isère (à trois reprises les 5, 6 et 14 juin), à la sonde gamma de Pérourges (à 2 reprises les 2 et 16 juin), à la balise de Montélimar (à 5 reprises le 26 avril, les 9 et 25 mai, les 11 et 20 juin), à la balise de Valence (à 7 reprises le 12 avril, les 2 et 15 mai, les 12, 15, 24 et 30 juin). Ces arrêts, d'une durée inférieure à 3 heures, n'ont pas nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

Des perturbations de l'alimentation électrique ont concerné le local de la balise de Péage de Roussillon, et par conséquent le bon fonctionnement de la balise, suite à la présence d'un matériel défectueux dans le même local et des réparations qui y ont été menées (voir rapport trimestriel précédent). Le local n'était plus alimenté électriquement entre le 1<sup>er</sup> avril 0h TU et le 3 avril 6h TU suite au défaut, puis entre le 17 avril 9h TU et le 18 avril 8h TU. Les services techniques de la Ville de Péage de Roussillon ont rétabli l'alimentation électrique dans les 2 cas. A la suite de chacune des périodes d'arrêt, il a été nécessaire d'intervenir à la balise pour réinitialiser la communication : le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu le 5 avril suite à la première interruption et les services techniques de la Ville de Péage de Roussillon sont intervenus à la seconde, à la demande de la CRIIRAD, le 18 avril. Deux nouveaux arrêts ponctuels de l'alimentation électrique (moins de 2 heures d'interruption de mesure pour ces 2 arrêts) ont concerné la balise le 24 juin mais ceux-ci n'ont pas nécessité d'intervention du laboratoire de la CRIIRAD.

- **Absences de communication aux balises** : des arrêts de communication avec la centrale de gestion sont survenus à la balise de Péage-de-Roussillon à 4 reprises les **5 et 18 avril**, suite aux périodes d'arrêts de l'alimentation électrique (voir paragraphe précédent), ainsi que **le 23 mai et le 5 juin**, suite à des épisodes orageux. Des interventions techniques sur site ont été à chaque fois nécessaires pour rétablir la communication, par réinitialisation du modem et de l'électronique de la balise. Ces opérations ont été effectuées par un technicien du laboratoire CRIIRAD pour 3 de ces interventions, le 5 avril, le 23 mai et le 5 juin et par les services techniques de la Ville de Péage de Roussillon pour celle du 18 avril.

- **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 arrêtée<sup>1</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>2</sup>. 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 à 3 reprises au cours du trimestre pour des opérations de réinitialisation de la communication le **5 avril, le 23 mai et le 5 juin** (voir précédemment). Au cours de l'intervention du **5 juin**, un nouveau filtre aérosols a été mis en place et la climatisation pour la période estivale a été mise en fonctionnement dans le local.

- **Arrêt temporaire de la sonde de spectrométrie gamma de Genève (suite absence de communication)** : le chargement des données de la sonde sur le logiciel de supervision, situé dans les locaux CRIIRAD, est interrompu depuis le 23 mars (voir bulletin précédent). Le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu sur site le 6 avril et a démonté la sonde pour la tester dans ses locaux. Les tests effectués par le laboratoire de la CRIIRAD ont montré que le dysfonctionnement provenait de la carte SIM fournie par la Ville de Genève, et plus

<sup>1</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 de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

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

spécifiquement à des anomalies du réseau de l'opérateur de téléphonie mobile. A la date de rédaction de ce rapport, la CRIIRAD est en attente de la Ville de Genève d'une nouvelle carte SIM, suite au basculement de la flotte de téléphonie mobile auprès d'un autre opérateur. Par conséquent, aucune donnée n'a été mesurée au cours du trimestre.

- **Arrêt de la pompe de la balise aquatique d'Avignon (fuite de lubrifiant)** : cette fuite avait été constatée le 29 mars par le technicien CRIIRAD lors de la maintenance annuelle effectuée par la société Berthold (voir bulletin trimestriel précédent). La société prestataire, Albin Pump, a pris en charge le transport et la réparation de la pompe, à l'exception du coût d'un consommable facturé à la Ville d'Avignon, propriétaire de la pompe. Le démontage de la pompe sur site pour son transport a été effectué le 23 mai par le laboratoire de la CRIIRAD. Après réparation, la pompe a de nouveau été installée sur site et remise en fonctionnement par le laboratoire de la CRIIRAD, le 13 juin. Aucune valeur n'a été mesurée entre le 1<sup>er</sup> avril et le 13 juin, période d'arrêt de la balise.
- **Sonde de spectrométrie gamma de Grenoble** : le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu le 4 avril sur site pour effectuer une mise à jour du paramétrage de la sonde (opération nécessitant un branchement direct au dispositif). Cette opération a entraîné par la suite une absence de mesures pendant environ 2 heures.
- **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 ambiant<sup>3</sup>. Le recours aux fonds propres de la CRIIRAD permet de poursuivre cette surveillance. Suite à un épisode orageux le 9 juin, la communication du dispositif avec la centrale de gestion a été interrompue. Le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu pour ce dysfonctionnement le **13 juin** et a constaté que l'alimentation de l'électronique de la balise était hors service. Compte tenu du coût de la pièce à remplacer et du financement du dispositif sur les seuls fonds propres de la CRIIRAD, il a été décidé de laisser à l'arrêt la sonde pour le moment, dans l'attente de la mise en place d'un financement pérenne pour son fonctionnement.

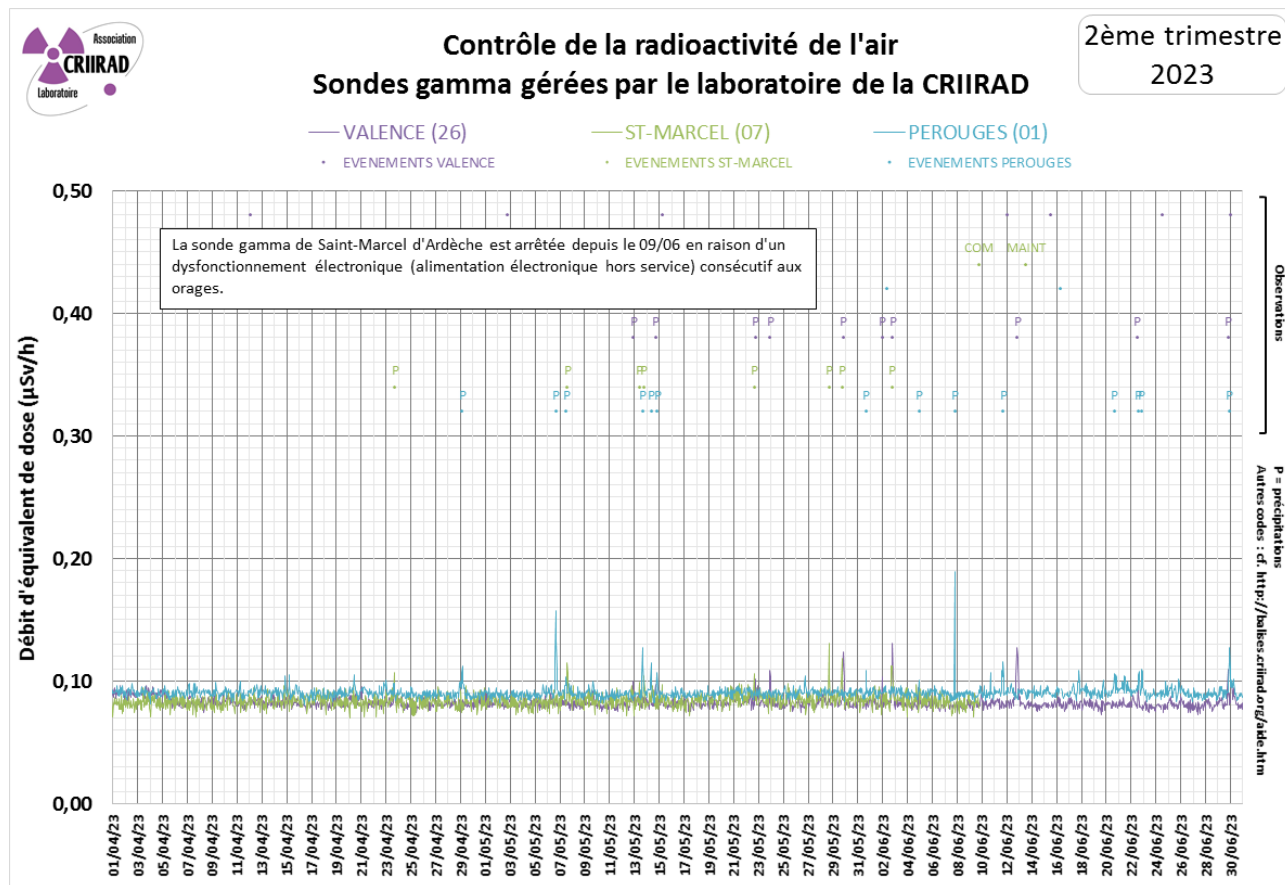
---

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

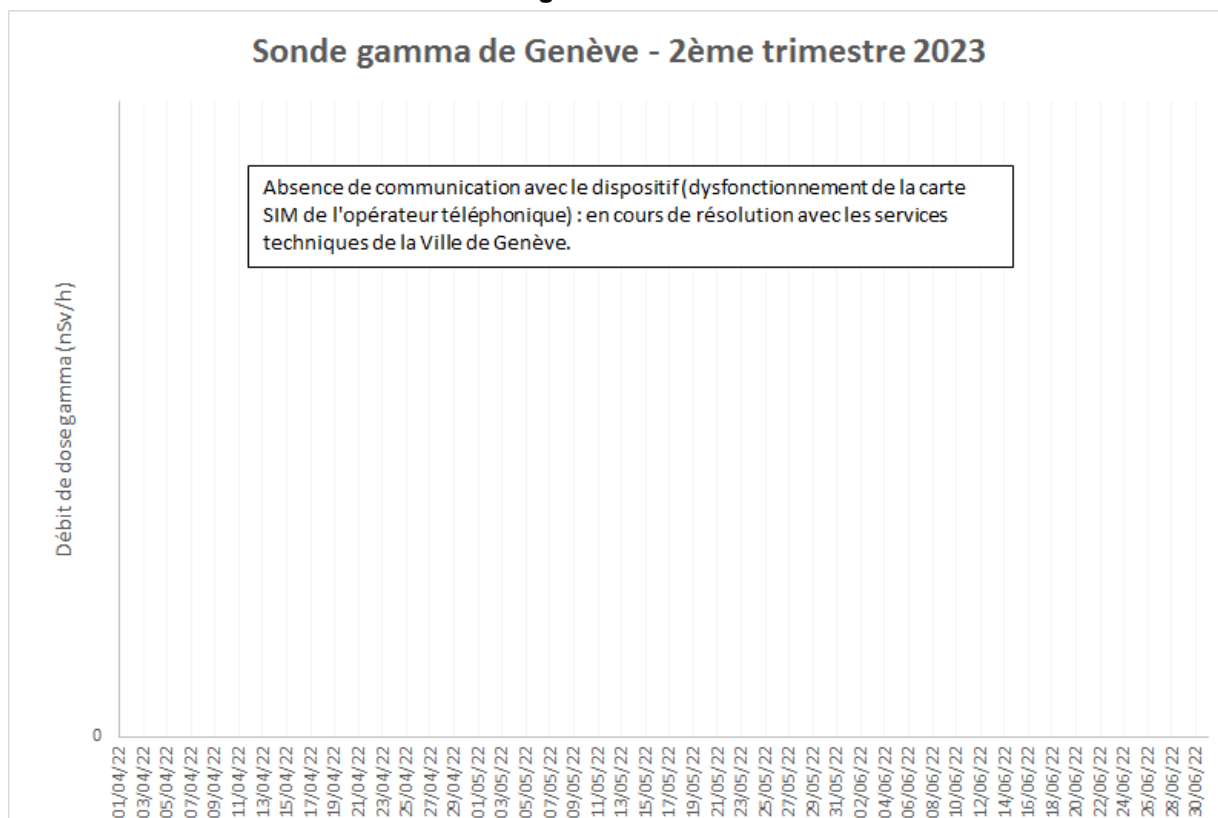
# RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

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

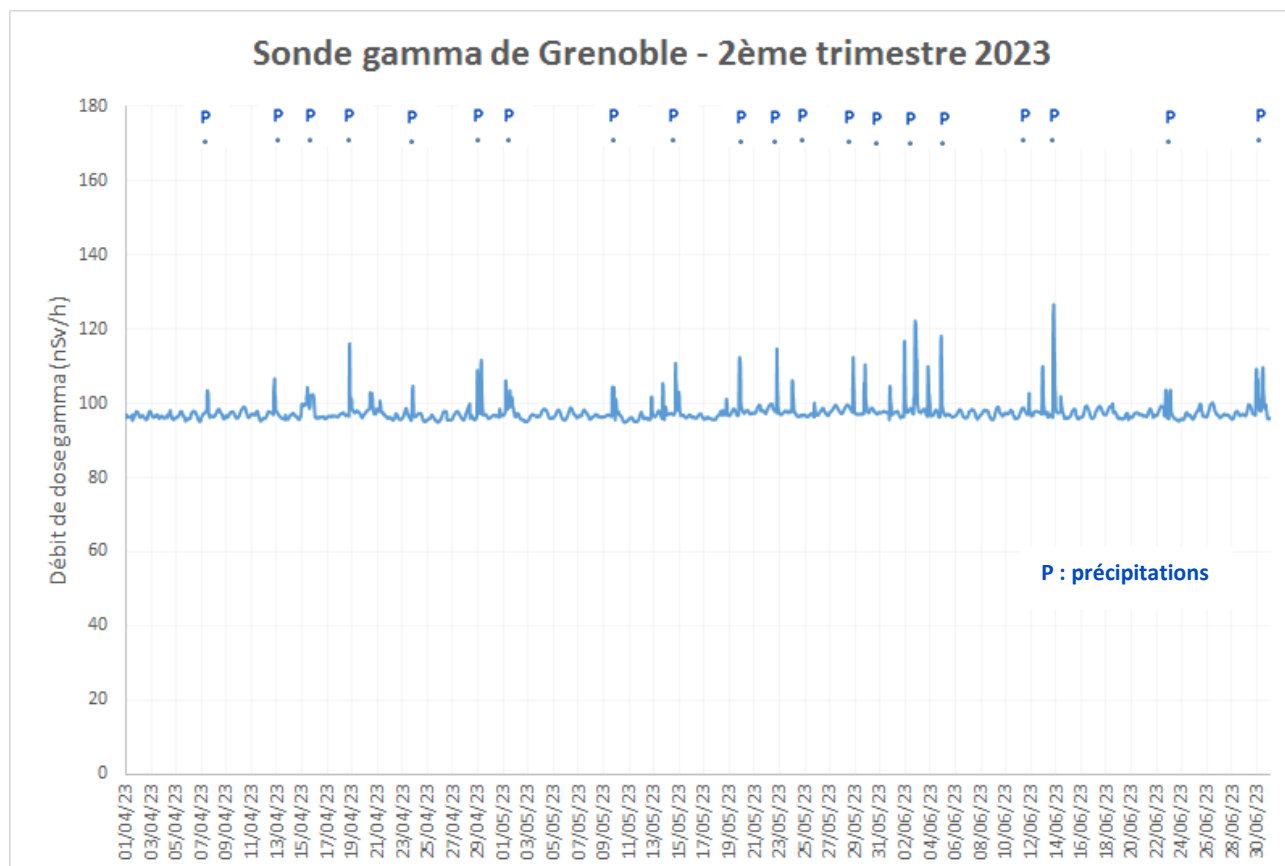
## I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant



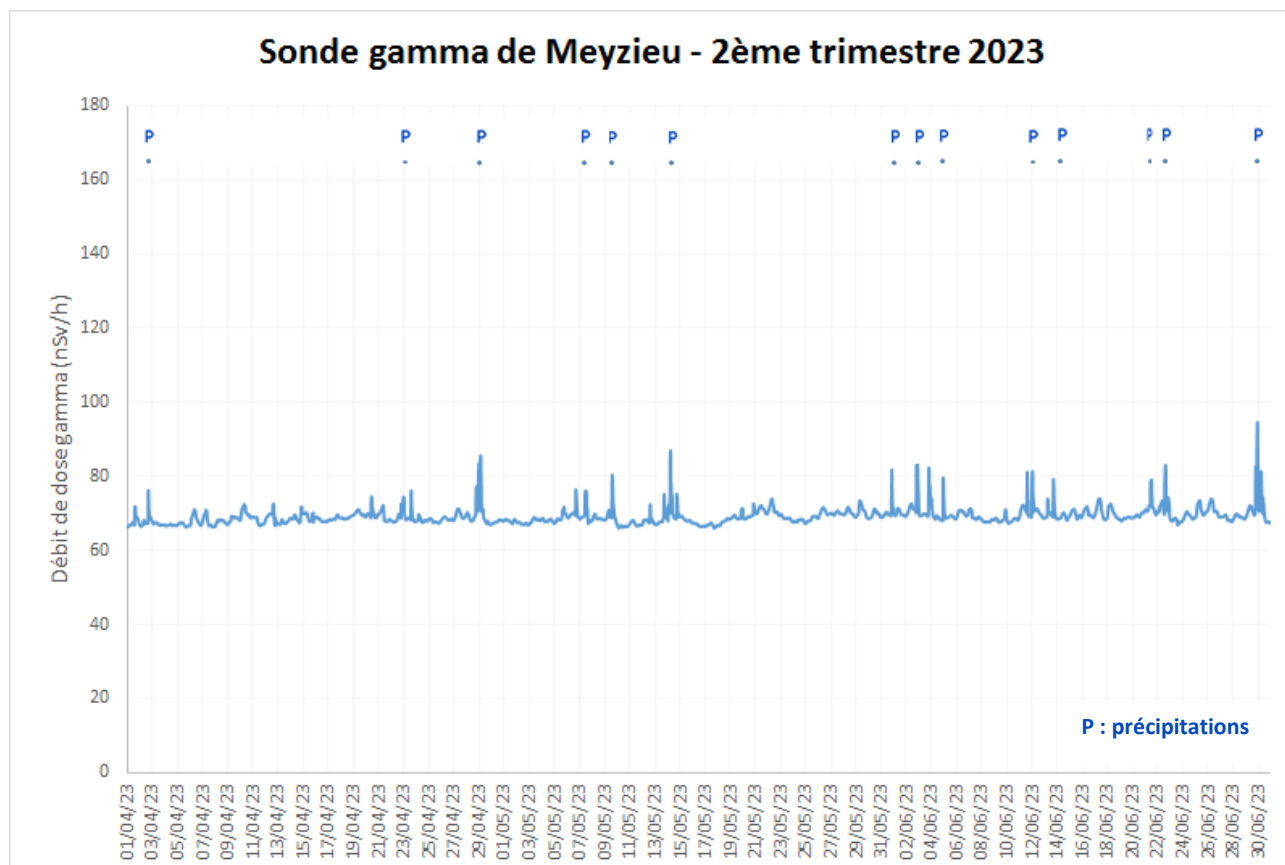
### Débit de dose gamma ambiant à Genève



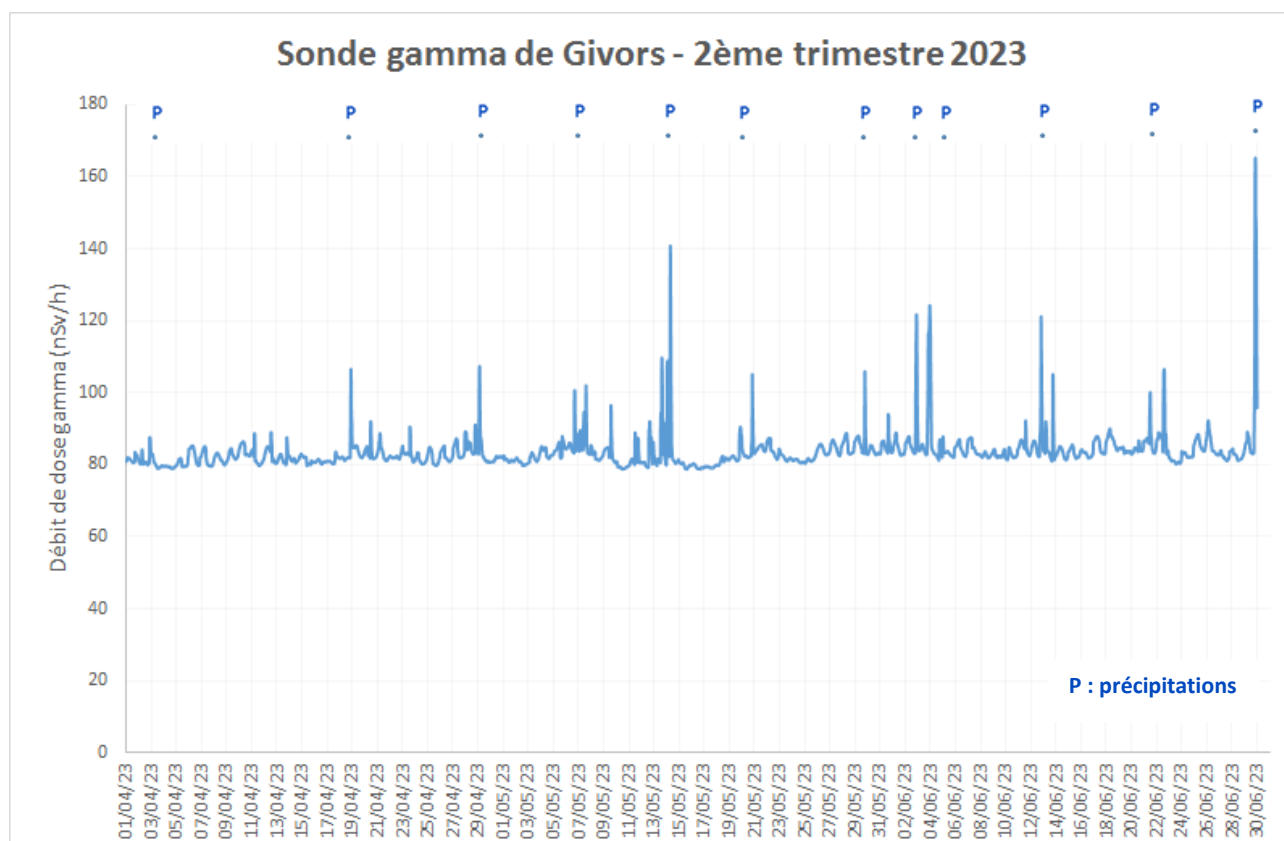
## Débit de dose gamma ambient à Grenoble



## 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 7 sondes de mesure. Sur les secteurs de **Valence, Saint-Marcel d'Ardèche, Pérouges, Genève, Grenoble, Meyzieu et Givors**, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,06 à 0,10  $\mu\text{Sv/h}$**  (ou de **60 à 100 nSv/h**).

Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues les 18 et 29 avril, les 6, 13 et 28 mai (notamment 0,131  $\mu\text{Sv/h}$  à Saint-Marcel d'Ardèche), le 7 juin (notamment 0,190  $\mu\text{Sv/h}$  à Pérouges), le 12 juin (notamment 0,127  $\mu\text{Sv/h}$  à Valence), le 13 juin (notamment 0,127  $\mu\text{Sv/h}$  ou 127 nSv/h à Grenoble) ainsi que le 29 juin (notamment 0,165  $\mu\text{Sv/h}$  ou 165 nSv/h à Givors et 0,094  $\mu\text{Sv/h}$  ou 94 nSv/h à Meyzieu). 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.

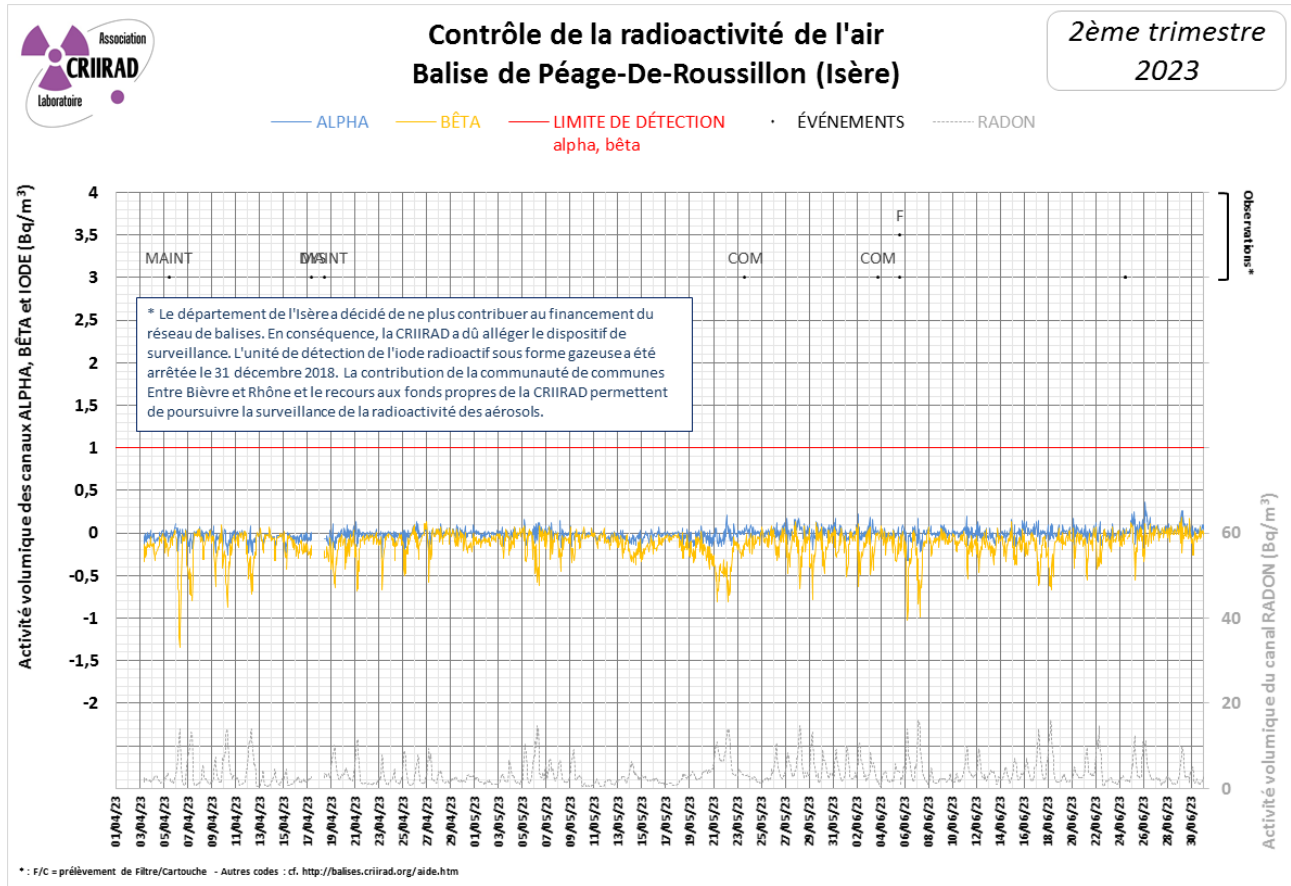
A noter qu'aucune valeur n'a été mesurée à Genève au cours du trimestre et à Saint-Marcel d'Ardèche entre le 9 et le 30 juin (voir synthèse pages 4 et 5).

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

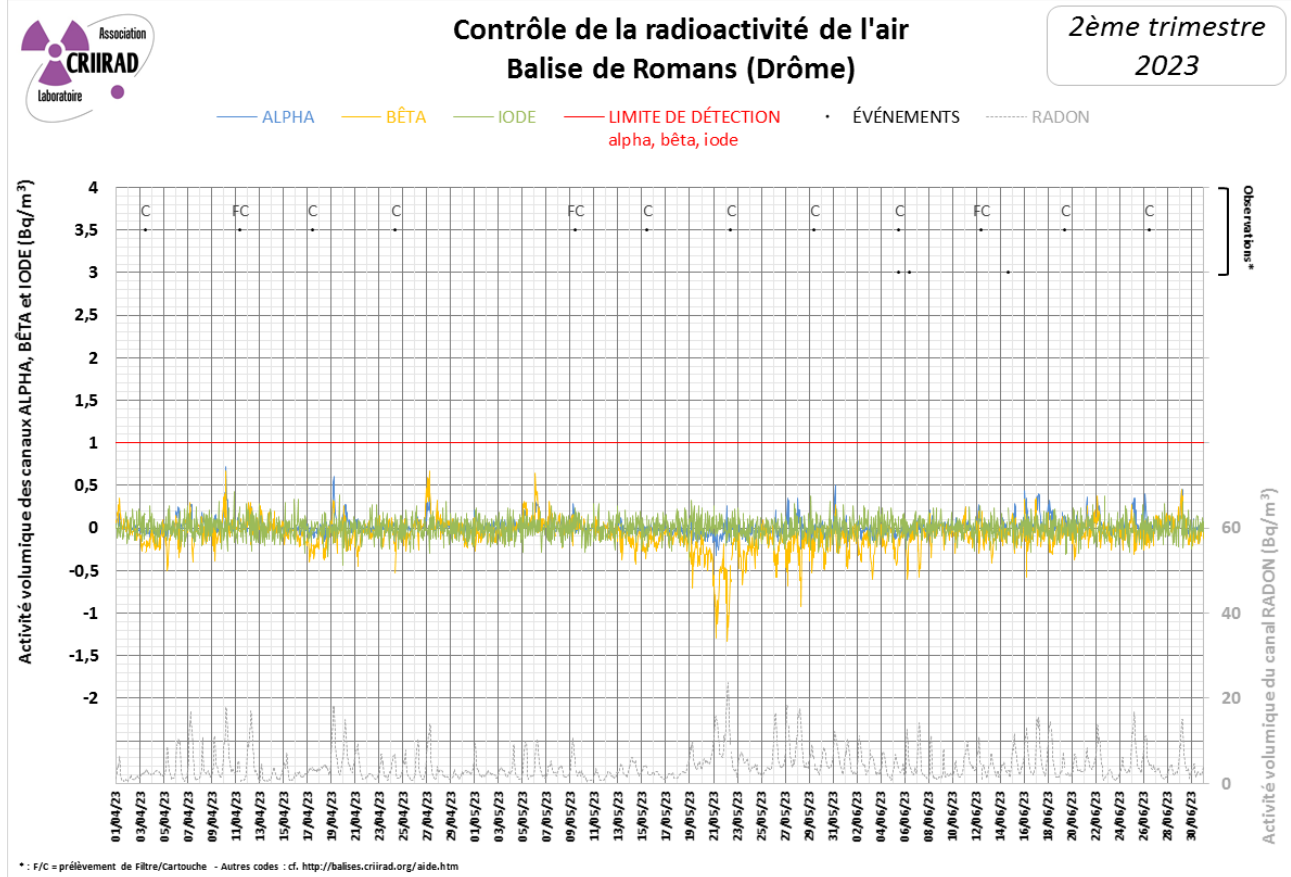


## II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

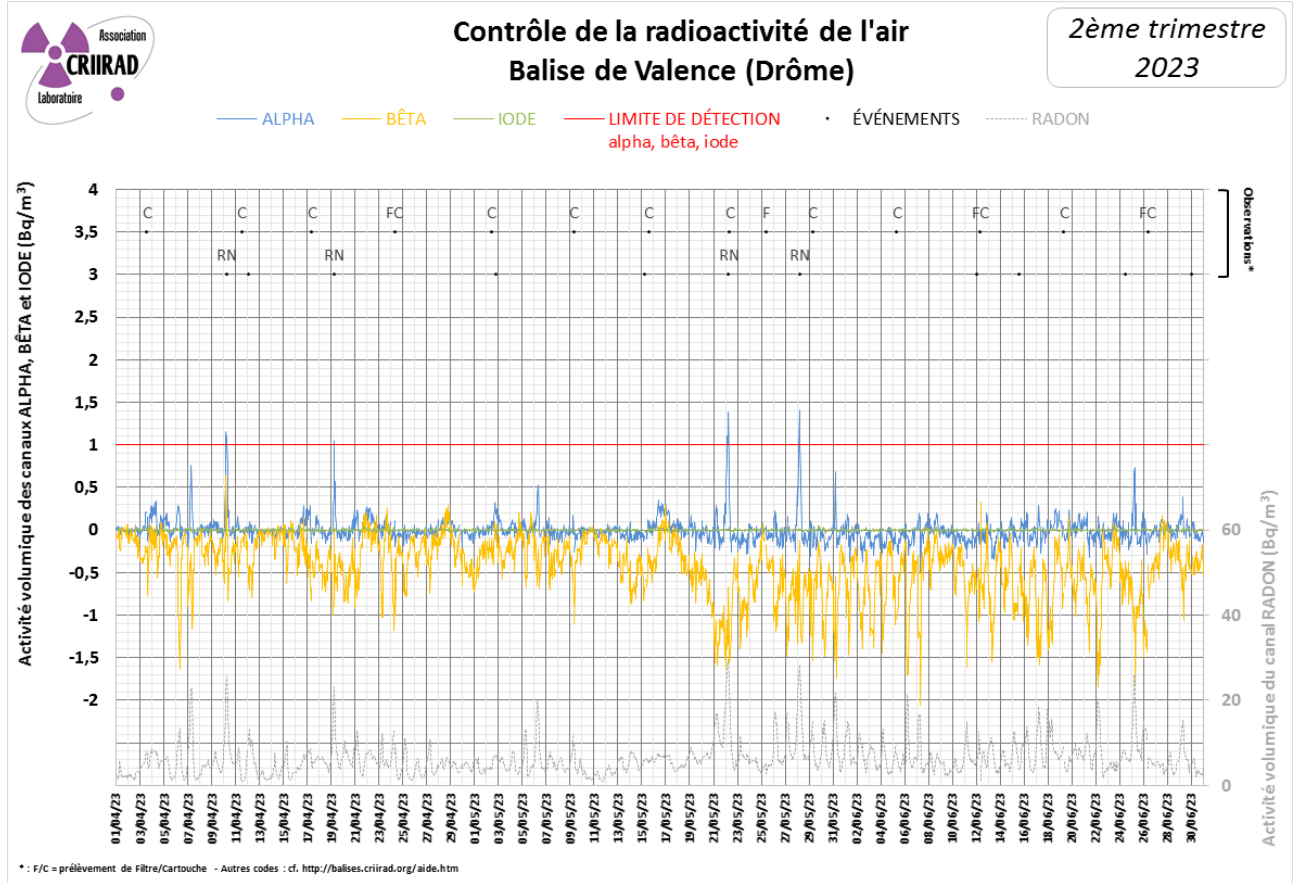
### A/ Balise de Péage de Roussillon



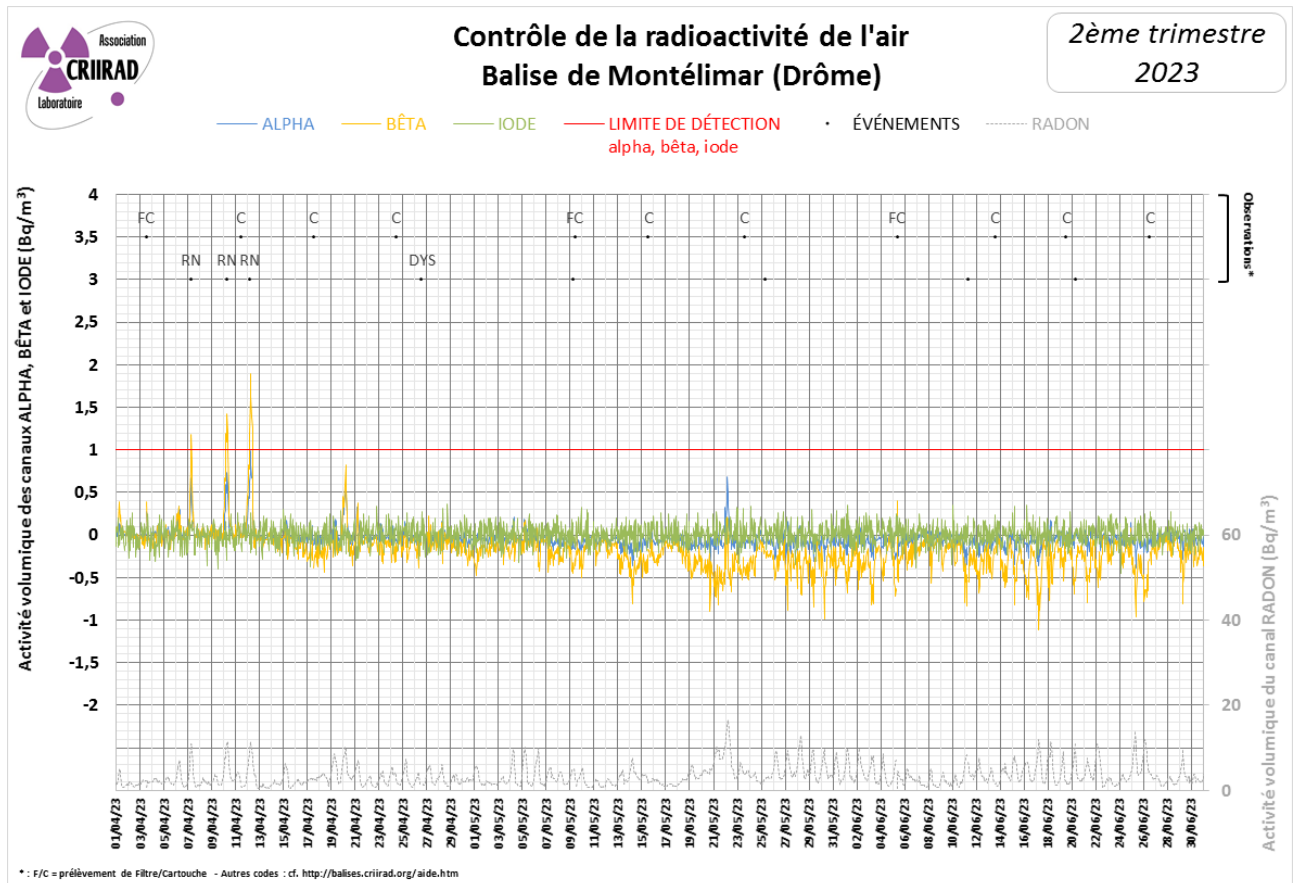
### B/ Balise de Romans-sur-Isère

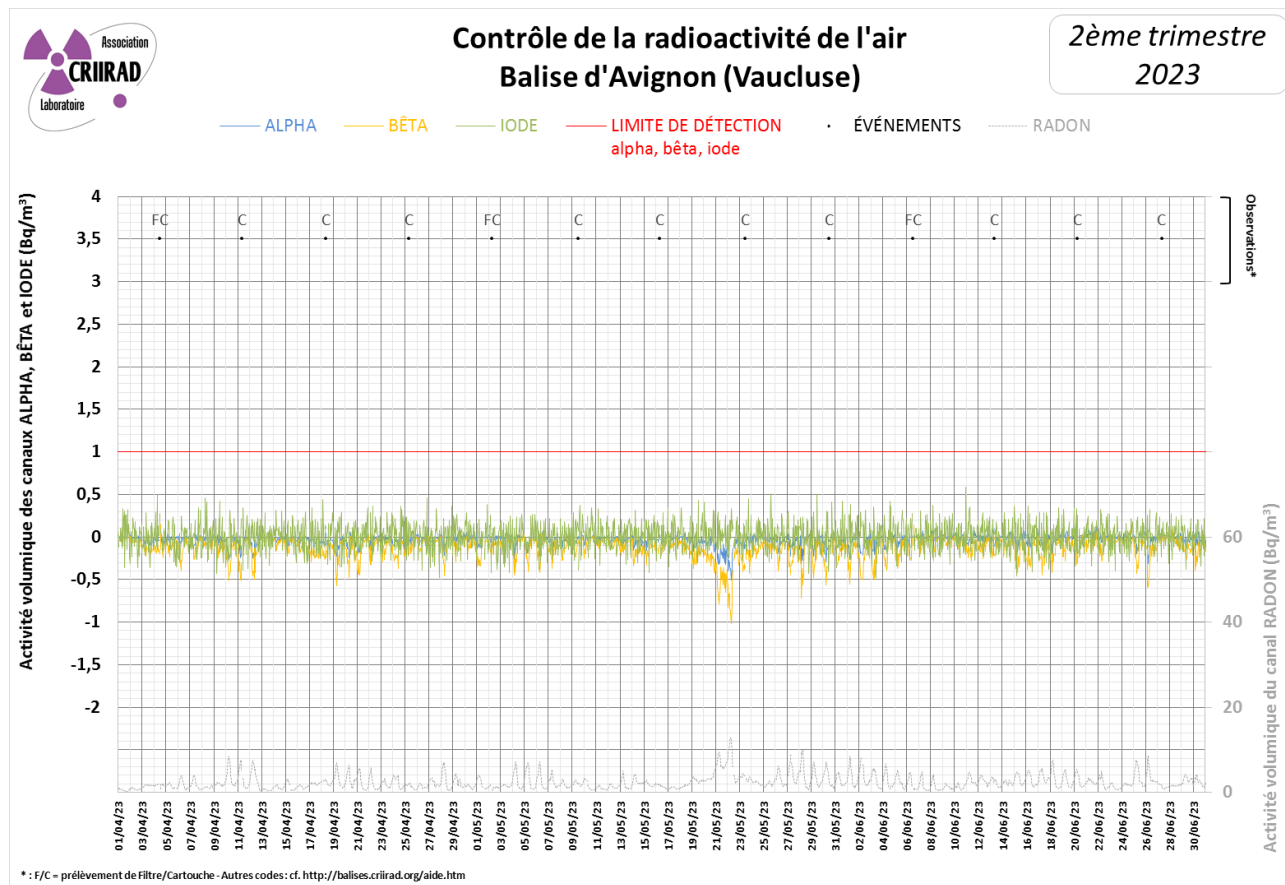


C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar





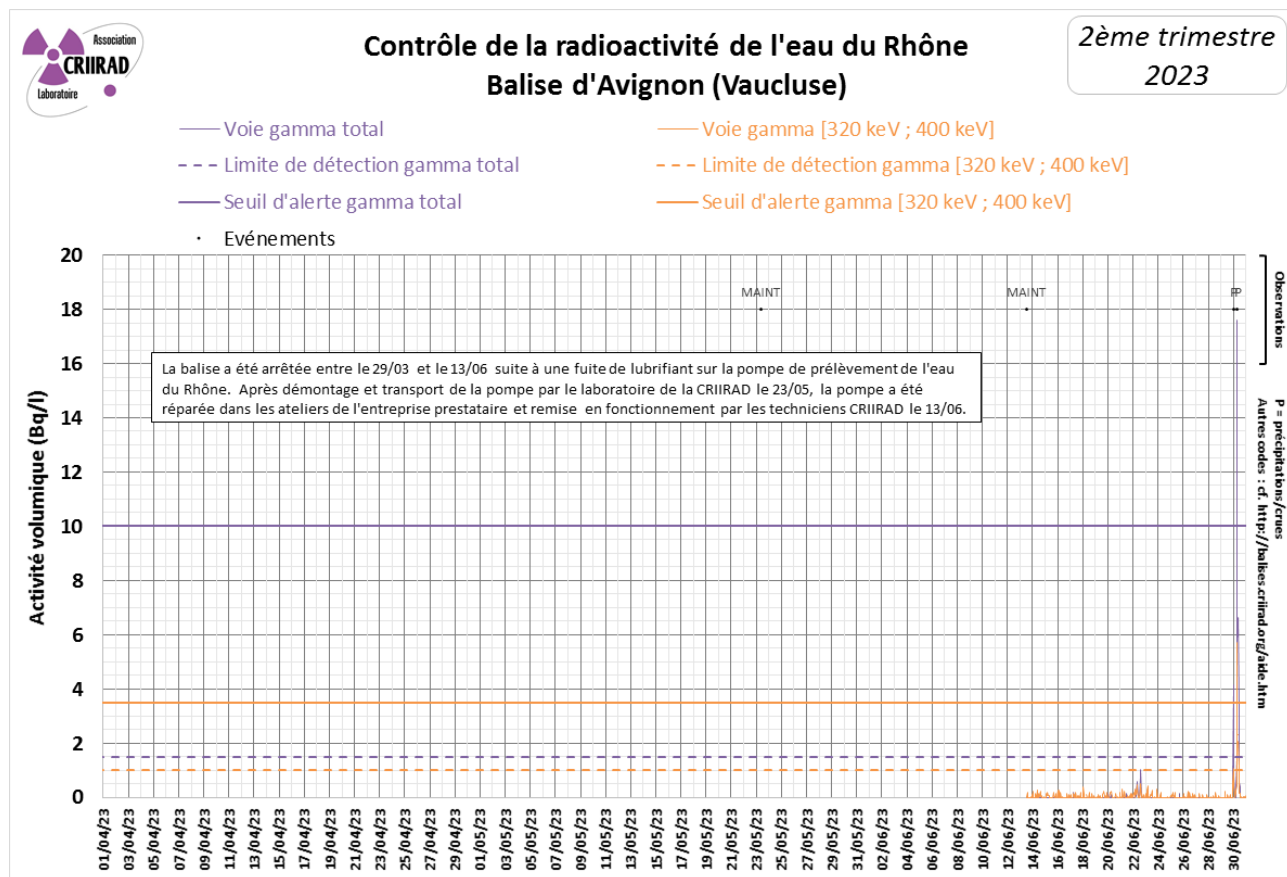
### Commentaires

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 8) au cours du trimestre sur les voies alpha et/ou bêta direct des balises atmosphériques de **Valence** (les 10 et 19 avril ainsi que les 22 et 28 mai) et de **Montélimar** (les 7, 10 et 12 avril). 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> (les activités volumiques maximales en radon de  $30 \text{ Bq/m}^3$  et de  $11 \text{ Bq/m}^3$  ont été mesurées respectivement à la balise de Valence le 22 mai et à la balise de Montélimar le 12 avril).

<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 (1,5 Bq/l) ont été observés ponctuellement sur la voie gamma total et sur la voie gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] (1 Bq/l) le 30 juin. Les activités maximales ont été de 17,6 Bq/l sur la voie gamma total et 5,7 Bq/l sur la voie 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.

Les dépassements de seuil d'alerte observés sur les 2 voies de mesure le 30 juin ont déclenché l'alarme d'astreinte. Les techniciens ont pu vérifier l'origine naturelle du phénomène (suite à un important épisode orageux) : le ratio des activités volumiques maximales « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » a été compris de 3,1 pour cet épisode, dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux. L'expérience montre en effet que ce ratio 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.

A noter qu'aucune valeur n'a été mesurée entre le 1<sup>er</sup> avril et le 13 juin du fait de la panne de la pompe de prélèvement d'eau du Rhône (voir synthèse en page 4).

# 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	13/03/23 11:33	11/04/23 08:56	11/04/2023	12/04/23	< 9,0	< 15,0	< LD
	Romans	11/04/23 09:06	09/05/23 10:24	09/05/2023	10/05/23	< 10,0	< 16,0	< LD
	Romans	09/05/23 10:29	12/06/23 10:23	12/06/2023	13/06/23	< 8,0	< 12,0	< LD
	Valence	27/03/23 08:25	24/04/23 07:01	24/04/2023	24/04/23	< 10,0	< 15,0	< LD
	Valence	24/04/23 07:11	25/05/23 08:48	25/05/2023	25/05/23	< 4,0	< 4,0	< LD
	Valence	25/05/23 08:54	26/06/23 08:12	26/06/2023	26/06/23	< 10,0	< 15,0	< LD
	Montélimar	06/03/23 12:55	03/04/23 12:08	03/04/2023	04/04/23	< 9,0	< 14,0	< LD
	Montélimar	03/04/23 12:14	09/05/23 10:08	09/05/2023	09/05/23	< 7,0	< 11,0	< LD
	Montélimar	09/05/23 12:14	05/06/23 08:27	05/06/2023	05/06/23	< 9,0	< 13,0	< LD
	Avignon	07/03/23 08:12	04/04/23 11:53	04/04/2023	06/04/23	< 9,0	< 9,0	< LD
	Avignon	04/04/23 12:02	02/05/23 06:32	02/05/2023	04/05/23	< 10,0	< 14,0	< LD
Avignon	02/05/23 06:41	06/06/23 12:52	06/06/2023	12/06/23	< 7,0	< 12,0	< 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 <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	03/04/23 10:24	11/04/23 08:56	11/04/2023	12/04/23	< 100	< LD
	Romans	24/04/23 08:56	09/05/23 10:24	09/05/2023	11/05/23	< 70	< LD
	Romans	05/06/23 12:34	12/06/23 10:23	12/06/2023	13/06/23	< 120	< LD
	Valence	17/04/23 09:18	24/04/23 07:01	24/04/2023	24/04/23	< 120	< LD
	Valence	22/05/23 08:04	29/05/23 07:09	29/05/2023	29/05/23	< 130	< LD
	Valence	19/06/23 08:02	26/06/23 08:12	26/06/2023	27/06/23	< 130	< LD
	Montélimar	27/03/23 12:04	03/04/23 12:08	03/04/2023	04/04/23	< 100	< LD
	Montélimar	24/04/23 10:11	09/05/23 10:08	09/05/2023	10/05/23	< 60	< LD
	Montélimar	29/05/23 12:19	05/06/23 08:27	05/06/2023	06/06/23	< 110	< LD
	Avignon	30/05/23 13:20	06/06/23 12:52	06/06/2023	08/06/23	< 100	< 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 06/06/2023.

#### A/ Résultat de l'analyse par spectrométrie gamma

Eau du Rhône	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)
2è trimestre	06/06/23 12:00	09/06/23	32 172	< 0,10	< 0,08	< 4,7

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	
2è trimestre	06/06/2023 12:00	16/06/2023	20/06/2023	5,2 ± 1,2

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 **5,2 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.



Cette valeur est compatible avec le bruit de fond. 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 : LES MECANISMES DE TRANSFERT DE LA CONTAMINATION AU SOL

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

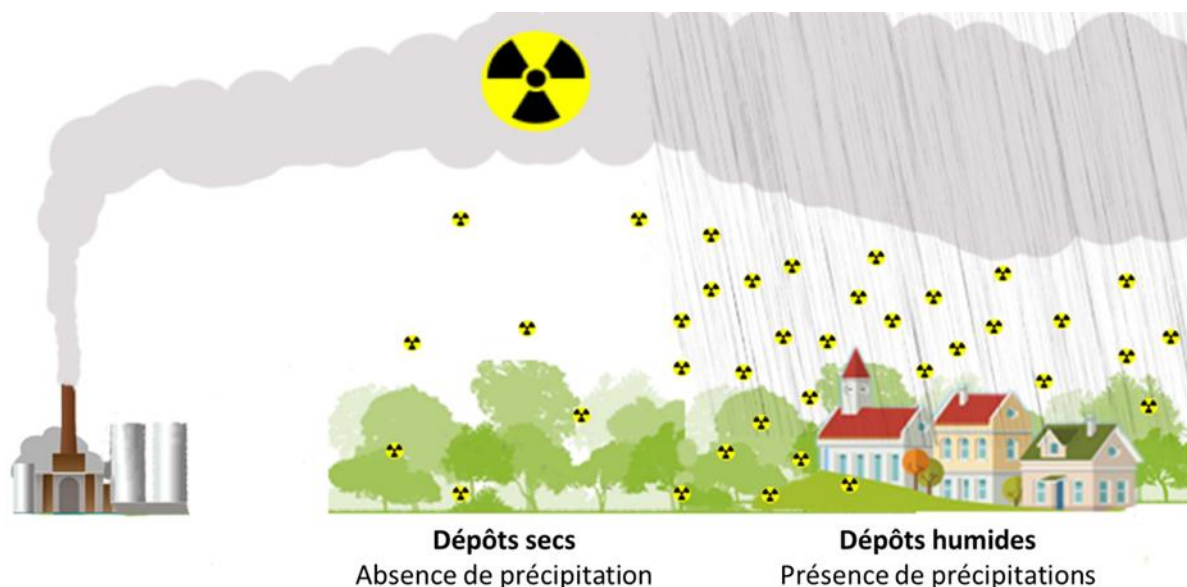
En cas d'accident nucléaire conduisant à des rejets de radionucléides dans l'atmosphère, la contamination radioactive va se déplacer avec les masses d'air au gré des vents.

Une partie de cette contamination mobile va peu à peu retomber au sol sous l'effet de plusieurs phénomènes qui seront évoqués dans cette fiche.

**La mesure de ces dépôts au sol revêt un grand intérêt car cela va permettre d'anticiper la contamination de la chaîne alimentaire et de prendre des mesures de protection le plus en amont possible.**

## Les voies de dépôt

Les transferts de radionucléides de l'air vers le sol peuvent se faire par deux biais : soit par **dépôt sec**, soit par **dépôt humide**.



## Le dépôt sec

Le dépôt sec intervient en l'absence de tous types de précipitations. Les principaux processus qui mènent à ce type de dépôt sont la sédimentation (sous l'effet de la gravité), les impacts par inertie ou interception et la diffusion. Les 3 premiers mécanismes ne concernent que les particules alors que la diffusion concerne aussi bien les gaz que les particules.

Le dépôt sec dépend principalement de la quantité de radionucléides présents dans l'air au niveau du sol. Mais plusieurs paramètres peuvent également influencer ce type de dépôt : la nature du radionucléide (ses propriétés physiques, sa charge électrostatique, etc.), le diamètre des aérosols, les propriétés de la surface (présence ou absence de rugosité, taux d'humidité, etc.) ou les conditions météorologiques (instabilité et vitesse de déplacement de la masse d'air contaminé par exemple).

La nature du radionucléide, particulaire ou gazeuse et sa taille vont déterminer par quels mécanismes vont avoir lieu les dépôts. Les particules grossières, dont la taille est supérieure à 10 microns, vont principalement se déposer sous l'effet de la gravité. Les particules plus petites vont, quant à elles, être très sensibles aux phénomènes d'impact.

Le dépôt d'un radionucléide gazeux va être plus complexe. On considèrera que le gaz est effectivement déposé lorsqu'il est adsorbé (fixation superficielle) ou absorbé (pénétration) par la surface.



Les caractéristiques de la surface ont également une grande influence sur les quantités déposées. Un sol recouvert de végétation va intercepter plus de particules et de gaz, du fait d'une plus grande surface de contact avec l'atmosphère et du fait d'une rugosité plus importante. Un sol nu présentera une surface d'échange plus faible.

### Le dépôt humide

Les dépôts humides se produisent en présence de précipitations (pluie, neige, grêle). On distingue généralement de ces dépôts les dépôts occultes qui sont associés aux brouillards ou aux nuages de basse altitude.

La contamination des précipitations peut se produire soit dans le nuage lors du processus de formation des gouttes d'eau qui vont capter les radionucléides présents dans l'air, soit lorsque les précipitations vont traverser un volume d'air contaminé et vont s'enrichir en produits radioactifs. Ces phénomènes de « lessivage » entraînent au sol les produits radioactifs en quantités nettement supérieures aux dépôts secs.

La nature des radionucléides et leurs formes physico-chimiques vont influencer les quantités de radionucléides rabattus au sol. Plus un radionucléide gazeux est soluble, mieux il sera lessivé. Pour les particules, elles sont en général incorporées dans les gouttes de pluie lors de collisions entre les particules et les gouttes. L'efficacité de collection pour une goutte de pluie est minimale pour les particules fines (diamètre compris entre 0,1 et 2,5 microns) comparée à celles des particules ultra fines (diamètres inférieurs à 0,1 micron) et des particules grossières (diamètres supérieurs à 2,5 microns).

La concentration en radionucléides de la masse d'air contaminé, l'intensité des précipitations, leur nature (neige, pluie, grêle, brouillard) vont également influencer les quantités déposées.

Pour une contamination de l'air équivalente, les gouttelettes d'eau d'un brouillard sont en moyenne 10 à 20 fois plus concentrées en radionucléides que les gouttes de pluie. Toutefois, la quantité d'eau déposée lors d'un épisode de brouillard est très faible par rapport à celle déposée lors d'un épisode pluvieux. La contribution des brouillards aux retombées radioactives reste donc faible en comparaison des épisodes pluvieux. Cependant, en l'absence d'épisode pluvieux, la présence de brouillard va augmenter les quantités déposées.

### Vitesse de dépôt

La vitesse de dépôt est un indicateur important de la capacité d'un aérosol atmosphérique à se déposer sur une surface. En pratique, les vitesses de dépôts en mètre par seconde (m/s) sont calculées à partir de la concentration dans l'air des radionucléides, exprimée en becquerel par mètre cube ( $\text{Bq/m}^3$ ) et de l'activité déposée sur une surface donnée et en un temps donné qui s'exprime en becquerel par mètre carré par seconde ( $\text{Bq/m}^2/\text{s}$ ).

Suite à l'accident de Fukushima au Japon en 2011, des scientifiques japonais ont quantifié les vitesses de dépôts des principaux radionucléides rejetés (iode 131, césium 137 et césium 134) dans les quelques jours qui ont suivi les rejets.

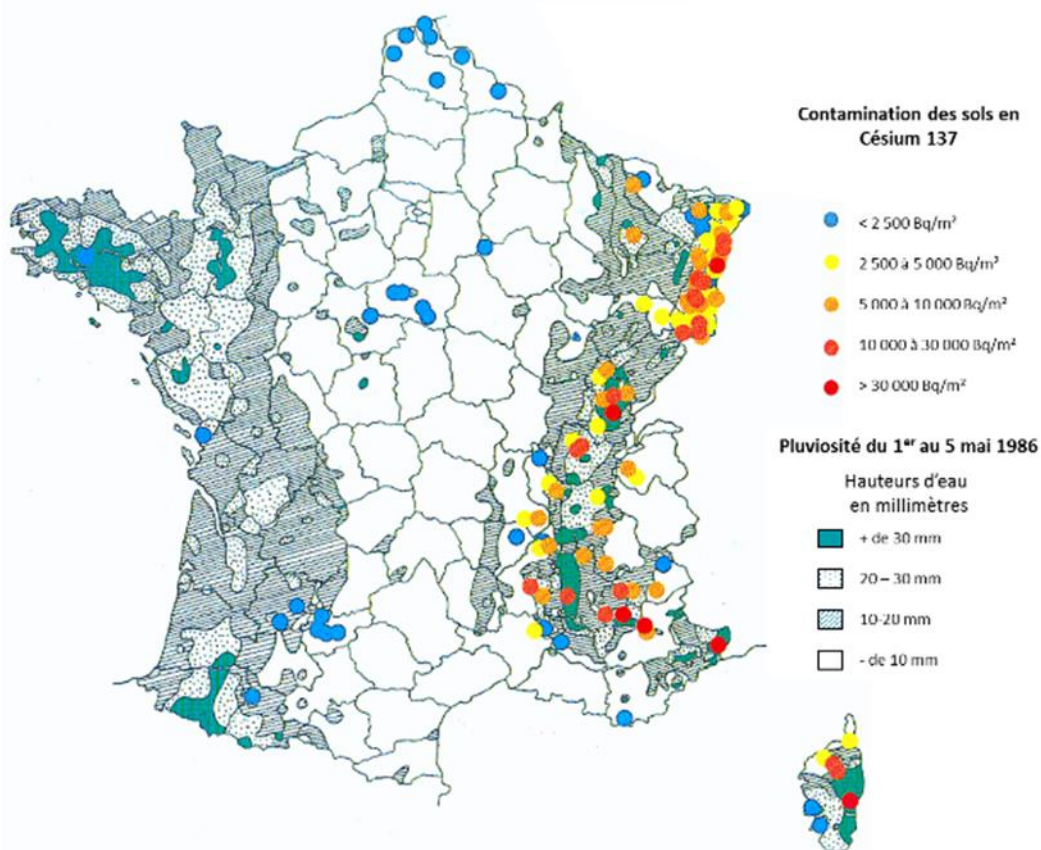
Les vitesses de dépôts du 14 au 17 mars, où aucun épisode de précipitations n'a eu lieu étaient comprises entre 0,002 et 0,003 m/s pour les césiums 137 et 134. Plus tard, entre le 21 et le 24 mars, la région a connu des pluies (pluviométrie de 38 mm). Les vitesses de dépôts ont alors été nettement plus grandes : entre 0,01 et 0,14 m/s pour les césiums 134 et 137. Ces observations confirment l'influence des précipitations dans les quantités de radionucléides déposées.

Du fait des nombreux paramètres impliqués dans les processus de dépôt, la contamination du sol résultante va présenter une forte hétérogénéité, quelle que soit l'échelle considérée.

### Une grande hétérogénéité des dépôts

Les premiers travaux de la CRIIRAD sur les retombées de Tchernobyl en France<sup>6</sup> ont permis de montrer une grande hétérogénéité de la contamination (voir carte page suivante).

<sup>6</sup> La CRIIRAD a réalisé un travail pilote sur les retombées de Tchernobyl en France dans une période où les données officielles étaient manquantes, voire fausses. Les connaissances sur le sujet ont fortement évolué depuis. Il est par exemple établi que les masses d'air contaminé ont atteint la moitié Est de la France dès les 29-30 avril 1986.

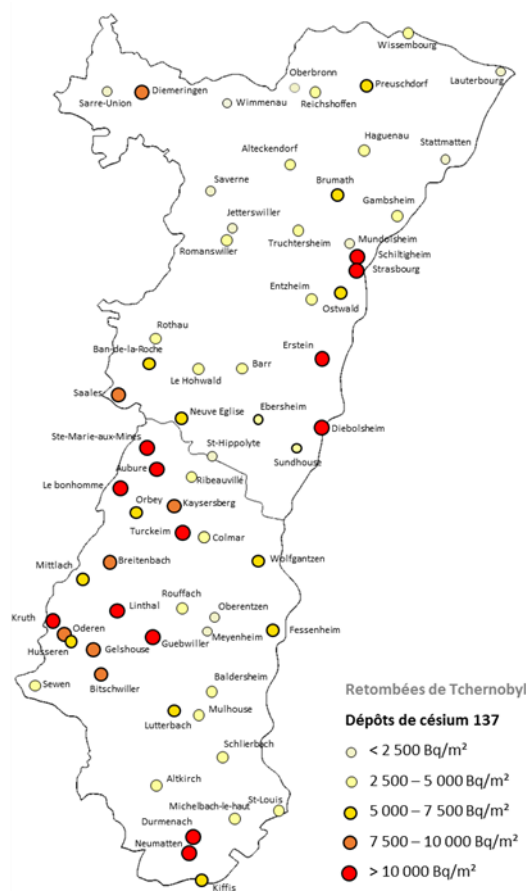


**A l'échelle du territoire français, 3 zones se distinguent :**

- L'ouest qui a subi des pluies importantes du 1<sup>er</sup> au 5 mai 1986 mais où les dépôts ont été faibles du fait de la quasi absence de pluies durant le temps bref où les masses d'air contaminé ont séjourné.
- Le centre, où il n'y a pas eu de pluies du 1<sup>er</sup> au 5 mai, lorsque les masses d'air ont survolé le territoire.
- L'est qui a cumulé plusieurs facteurs pénalisants avec l'arrivée des masses d'air contaminé dès le 29 avril 1986, un reflux venant du sud-est le 5 mai et de nombreux épisodes pluvieux.

On estime ainsi à moins de 2 500 Bq/m<sup>2</sup> la contamination en césium 137 des zones n'ayant pas reçu de précipitations durant le passage des masses d'air à plus de 30 000 Bq/m<sup>2</sup> pour les zones ayant connu de fortes pluies (pluviométrie supérieure à 30 mm sur la période du 1<sup>er</sup> au 5 mai).

**A l'échelle régionale,** les études ont également révélé de grandes disparités dans les retombées. C'est le cas par exemple en Alsace où, grâce au soutien financier de la Région, la CRIIRAD a réalisé des carottages de sol sur 66 communes alsaciennes entre janvier 1990 et mars 1991 (voir carte page suivante). Les prélèvements de sols ont été réalisés 4 ans après les retombées, il a donc fallu s'affranchir des phénomènes de déperdition et d'accumulation de la contamination qui interviennent immédiatement après le dépôt. Pour cela, le laboratoire a appliqué un protocole très strict pour le choix des sites en respectant plusieurs caractéristiques : terrain nu, plat, dégagé, non cultivé et non remanié. Les résultats ont révélé d'énormes différences d'activités dans les sols : l'activité maximale de césium 137 provenant de Tchernobyl était de l'ordre de 30 000 Bq/m<sup>2</sup> à Diebolsheim dans le Bas-Rhin alors que 6 et 12 km plus loin, à Sundhouse et Ebersheim, les activités mesurées étaient 10 fois moins importantes. De même à Strasbourg où l'activité en césium 137 était de l'ordre de 17 000 Bq/m<sup>2</sup> quand, 6 km plus loin, à Mundolsheim, elle était 8 fois moins importante. De telles différences sont en partie expliquées par la pluviométrie locale. Les précipitations durant cette période étaient constituées de cellules orageuses très localisées : la pluviométrie de Diebolsheim sur la période du 1<sup>er</sup> au 5 mai était ainsi de 20,1 mm alors qu'elle n'était que de 9,8 mm et 9,6 mm aux stations météorologiques de Sundhouse et Ebersheim.



A l'échelle plus locale d'un terrain, on retrouve encore d'autres hétérogénéités. Les phénomènes responsables de ces hétérogénéités seront présentés plus en détail ultérieurement, dans les bulletins trimestriels.

### Comment évaluer les dépôts au sol ?

En cas d'accident nucléaire, comme ceux de Tchernobyl ou Fukushima, il n'existe pas de manière simple d'évaluer, à partir des teneurs en radionucléides dans l'atmosphère, quelles seront les retombées radioactives qui vont impacter le sol de mon jardin, tant les paramètres en jeu sont complexes. Les conditions les plus pénalisantes sont la combinaison d'un déplacement lent des masses d'air contaminé et d'épisodes de précipitations intenses.

Afin d'évaluer les retombées au sol d'un accident nucléaire et ainsi les doses reçues par les populations, les scientifiques vont utiliser des modèles numériques qui tiennent compte plus ou moins précisément des paramètres influençant les retombées. Ces simulations permettent de connaître l'ordre de grandeur des retombées attendues mais elles ne constituent pas une représentation exacte des dépôts.

Une évaluation plus précise des quantités de radionucléides déposées au sol peut être faite à partir de mesures dans l'eau de pluie. Il est alors possible, à partir de la concentration volumique mesurée et de la pluviométrie donnée par les stations météorologiques, de calculer les retombées au sol.

Pour les retombées sous forme de dépôts secs, il existe des systèmes de collecteurs passifs.

Ces dispositifs de collecte d'aérosol et d'eau de pluie sont indispensables mais le maillage du territoire est en général très lâche.

La réalisation de prélèvements d'herbe ou de sol peut venir parfaire l'estimation si tant est que les phénomènes d'évolution de la contamination qui vont immédiatement intervenir soient pris en compte.

## **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>	
<b>C</b>	Prélèvement de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est hebdomadaire. Des prélèvements en urgence sont effectués si nécessaire.
<b>F</b>	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.
<b>F/C</b>	Prélèvement simultané du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique)
<b>MAINT</b>	Intervention de maintenance du laboratoire CRIIRAD et/ou d'un prestataire

### CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES

#### ***Tableau B / Evénements techniques non programmés (dysfonctionnements techniques, pannes, arrêt balise...)***

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

#### ***Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire***

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.



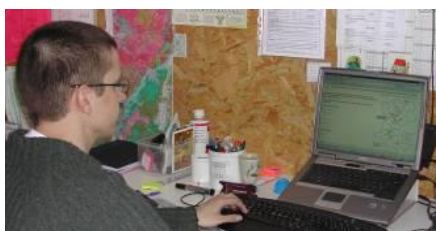
### **RESPONSABLE SCIENTIFIQUE**

Bruno CHAREYRON



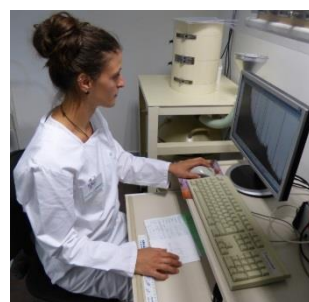
### **RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES**

Jérémy 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, Jérémy MOTTE, Stéphane PATRIGEON, Julien SYREN.