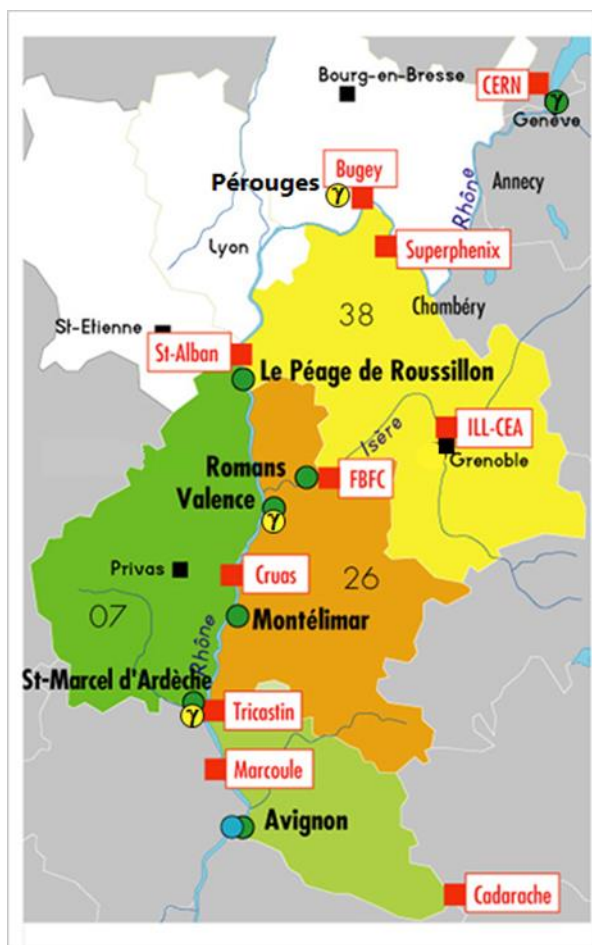


SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 21-110

RAPPORT TRIMESTRIEL JUILLET-AOUT-SEPTEMBRE 2021



- 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

V Département
VAUCLUSE

grand
avignon
communauté d'agglomération

AVIGNON
www.avignon.fr

valence
romans
AGGLO

terre
d'énergies
Communauté de Communes
du Nord Drômois

montélimar
agglomération

draga
Communauté de Communes
du Sud Drômois

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

Genève

Péruges

Association
CRIIRAD
Laboratoire

Communes du réseau Montilien

Aleyrac
La Bégude de
Mazenc
Saint-Bauzile

Clionsclat
Larnas
Loriol-sur-Drôme
Saint-Montan

Dieulefit
Le Poët-Laval
Rochebaudin
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 - Troisième trimestre 2021	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	13
I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma	13
II/ Résultats des analyses de cartouches par spectrométrie gamma	13
III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône	14
EN SAVOIR PLUS sur les balises	15
FOCUS : CONTAMINATION DE L'AIR – OU TROUVER LES INFORMATIONS UTILES ? (1)	16
Déplacement et dispersion des panaches radioactifs	16
LABORATOIRE CRIIRAD	20

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	29/12/2021	29/12/2021
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

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

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

BALISE DETECTION	Pérourges	Péage-de-Roussillon	Romans-sur-Isère	Valence	Montélimar
Alpha/Bêta (Air)		 99,7%	 95%	 99,6%	 100%
Iode (Air)		 0%	 95%	 99,6%	 100%
Gamma (Air)	 100%			 51%	

Légende



Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*



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)			 99,6%	 100%	
Iode (Air)			 0%	 100%	
Gamma (Air)			 99,6%		
Spectrométrie Gamma (Air)	 100%	 100%			
Gamma (Eau)					 51%

Légende



Aucune contamination détectée / Taux de fonctionnement*



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 quatre reprises à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche le 1^{er} juillet, le 19 août et les 5 et 6 septembre, à une reprise à la sonde gamma de Pérourges le 9 août et à la balise atmosphérique d'Avignon le 25 août, à deux reprises à la balise de Valence ainsi qu'à une reprise à la sonde de spectrométrie

gamma de Grenoble le 2 août (en raison de travaux électriques pour ce dernier site). Aucun de ces arrêts, d'une durée inférieure à 3 heures, n'a nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

- **Absences de communication aux balises** : des arrêts de communication avec la centrale de gestion sont survenus à 3 reprises à la balise de Péage-de-Roussillon, le 16 août et les 15 et 26 septembre, à deux reprises à la balise de Valence le 22 août et le 1^{er} septembre et à une reprise à la balise de Romans le 26 septembre. 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. A noter que les interventions du laboratoire de la CRIIRAD des 27 et 28 septembre à la balise de Romans n'ont pas permis de résoudre immédiatement le dysfonctionnement. L'intervention de l'opérateur téléphonique à la demande de la CRIIRAD n'a pas non plus permis une résolution du dysfonctionnement : la rupture de communication entre cette balise et la centrale de gestion est liée à une défaillance de la ligne téléphonique au niveau des branchements internes à la caserne de Romans (défaillance qui n'a pas été localisée à ce jour). Le personnel de la caserne a pris en charge la résolution de ce dysfonctionnement. A noter que la fonction de prélèvement de l'air sur filtre et cartouche est restée fonctionnelle pendant la période d'absence de communication.

- **Dysfonctionnement de la sonde gamma de Valence** : des mesures anormales, qui ont entraîné des dépassements de seuils d'alarme, ont été enregistrées à partir du 16 août par le dispositif branché sur la balise de Valence. Le personnel d'astreinte de la CRIIRAD a pu rapidement attribuer ces anomalies à un dysfonctionnement technique de l'appareil, qui a alors été déconnecté du système d'astreinte. Après son démontage, la sonde a été envoyée pour expertise et réparation au fournisseur des balises et une sonde fonctionnelle a pu être mise en service le 7 octobre. Pendant toute la période de dysfonctionnement, les autres modules de détection de la balise de Valence (dispositifs de prélèvement des aérosols et des gaz dans l'air et de mesure de leur radioactivité) sont restés pleinement opérationnels.

- **Fuite de lubrifiant sur la pompe de la balise aquatique d'Avignon** : cette fuite qui a concerné la partie péristaltique de la pompe a été constatée le 16 août par un technicien de la société CNR, propriétaire du local dans lequel se trouve la balise. Un technicien du laboratoire CRIIRAD est intervenu le 17 août afin d'arrêter la pompe et éviter tout dommage supplémentaire. 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 précédente datant de moins de 6 mois. 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 ont été pris en charge par le prestataire, son démontage (le 16 septembre) et son remontage (le 8 octobre) sur site ont été assurés par le laboratoire de la CRIIRAD.

- **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 arrêtée¹ pour les 2 balises et les analyses mensuelles

¹ 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

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 nécessaire². 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 signaler que le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu à la balise de Péage-de-Roussillon **le 20 juillet** pour mettre en fonctionnement le système de climatisation du local pour la saison estivale et **le 26 septembre** pour mettre en place un nouveau rouleau de filtre aérosols.

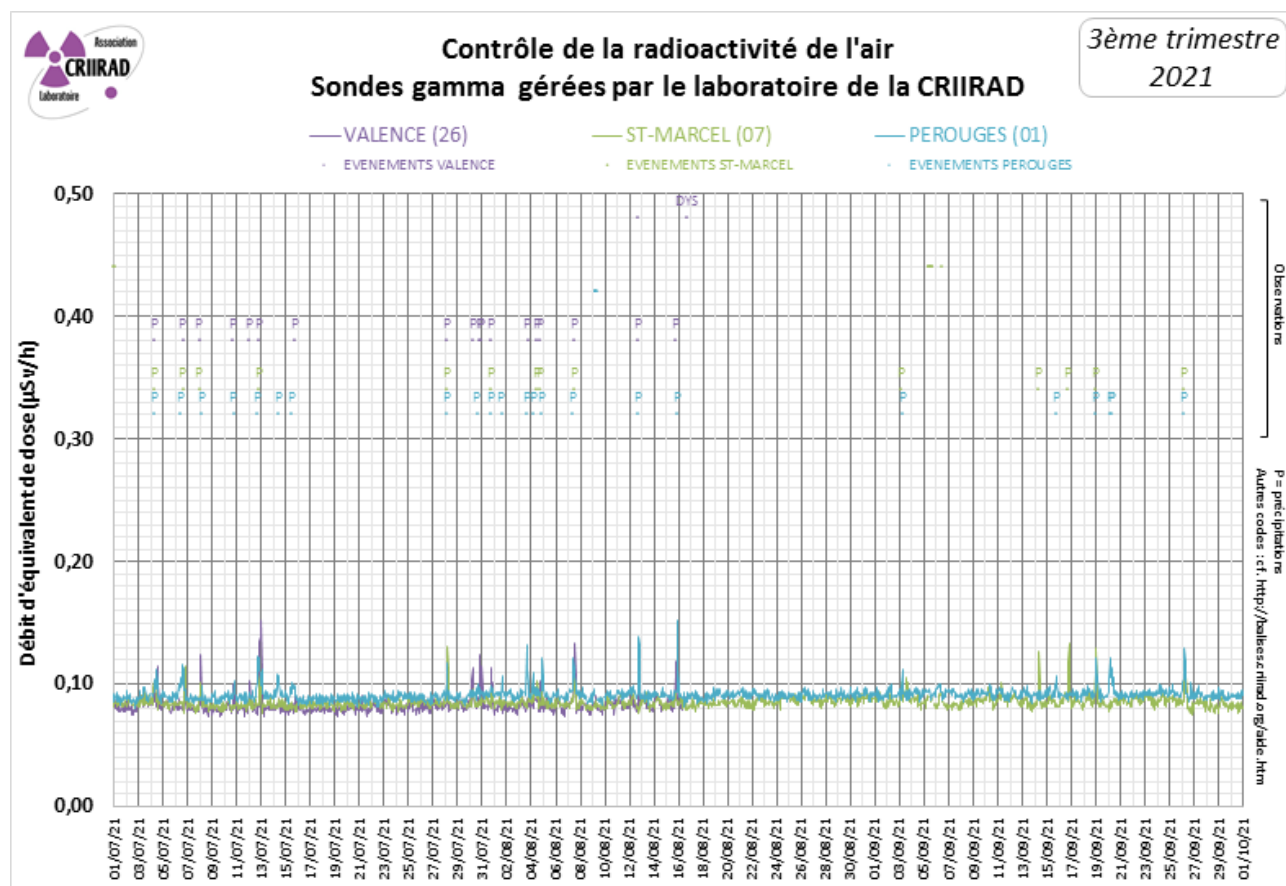
de radiation gamma ambiant (pour la balise de Saint Marcel d'Ardèche) ou de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

² 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.

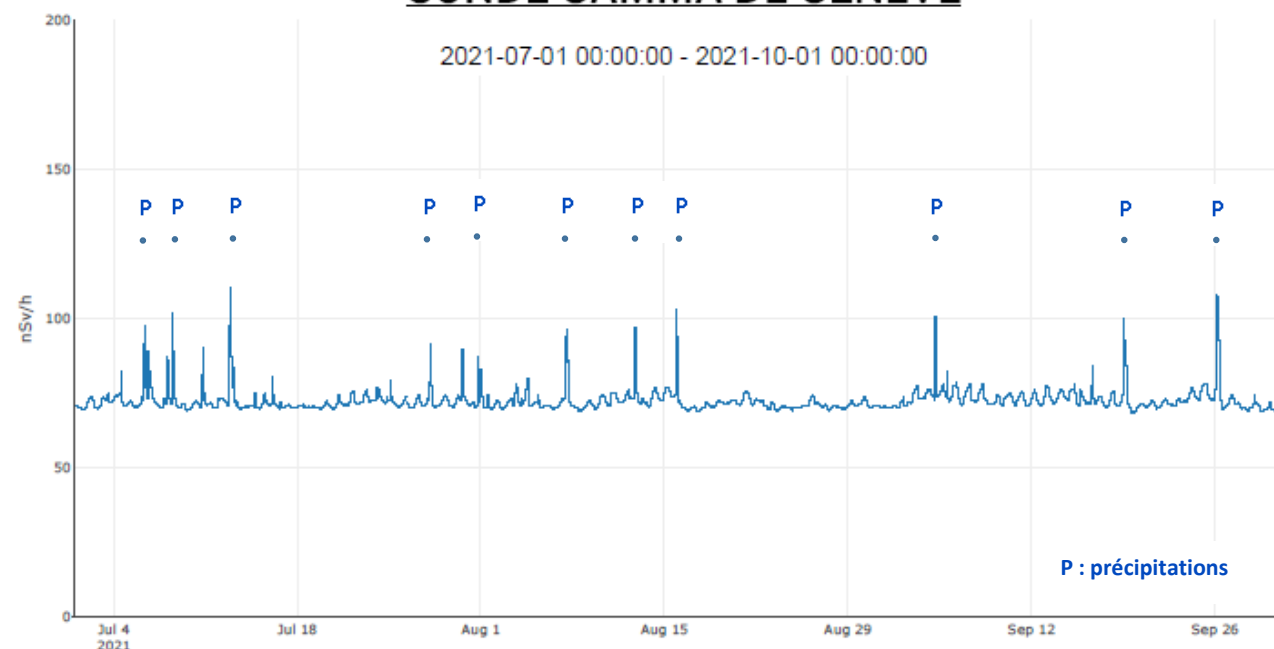
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant



Débit de dose gamma ambiant à Genève

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

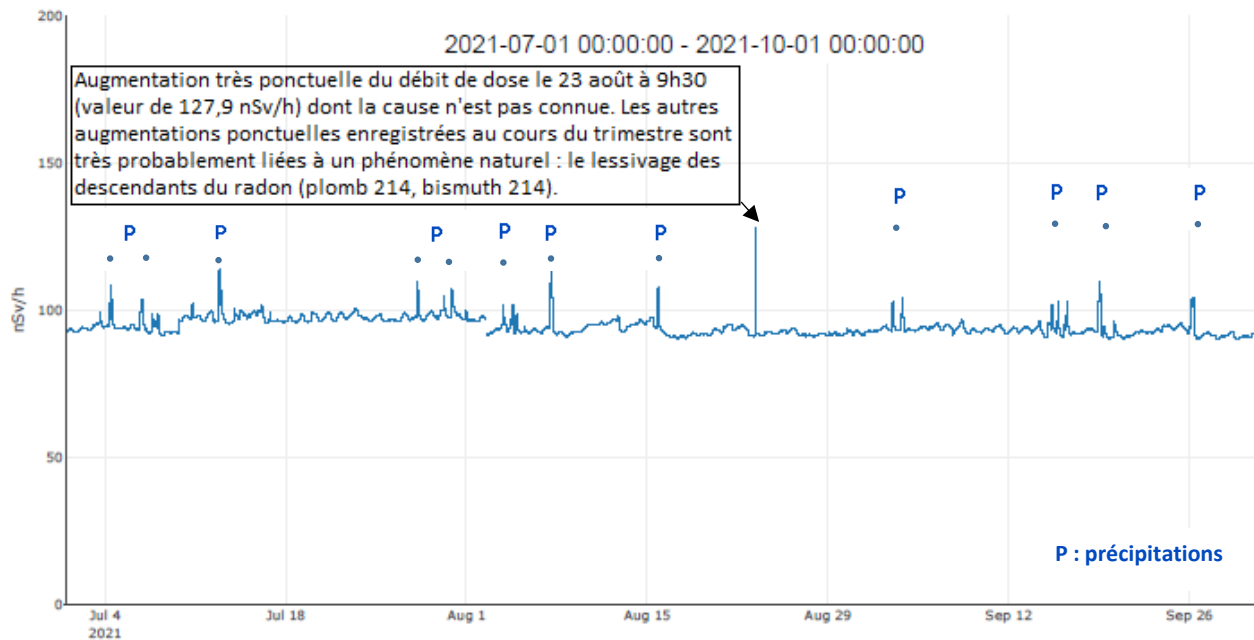
SONDE GAMMA DE GENEVE



Débit de dose gamma ambient à Grenoble

[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

SONDE GAMMA DE GRENOBLE



Commentaires

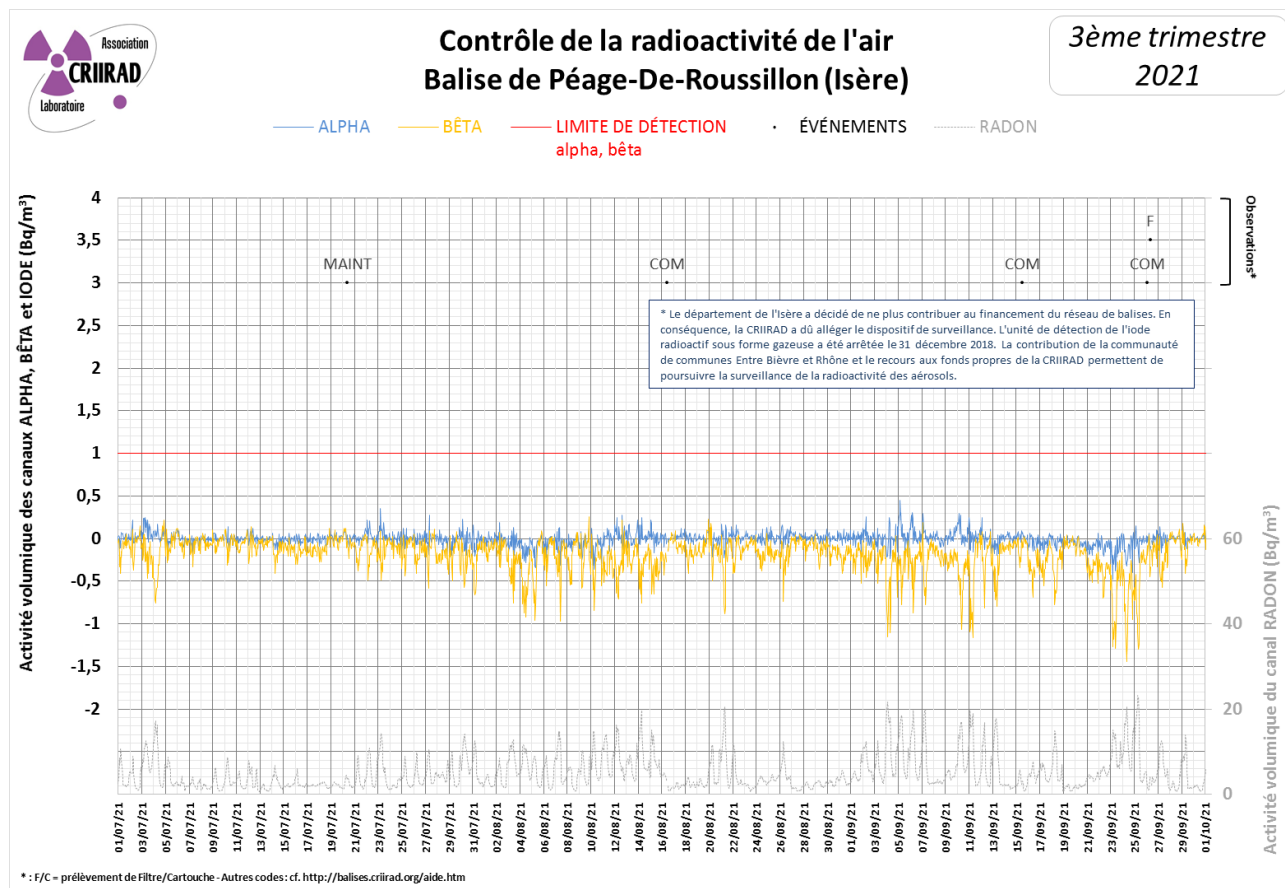
A l'exception de l'augmentation survenue à Grenoble de façon ponctuelle le 23 août (voir graphe ci-dessus), les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 7 juillet, le 12 juillet (0,15 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence et 0,11 $\mu\text{Sv/h}$ à Genève) le 28 juillet, le 4 août, le 7 août (notamment 0,12 $\mu\text{Sv/h}$ à Grenoble), le 15 août (0,15 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges), le 16 septembre (0,13 $\mu\text{Sv/h}$ à Saint-Marcel d'Ardèche) ainsi que le 26 septembre. Lors de ces épisodes, les descendants radioactifs émetteurs gamma³ 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.

L'épisode d'augmentation temporaire du débit de dose le 23 août à Grenoble (pic de 128 nSv/h à 9h30 soit 1,3 fois le bruit de fond habituellement mesuré, proche de 95 nSv/h) n'a pas entraîné de déclenchement de l'astreinte et n'est pas corrélé à la pluviométrie. Les valeurs mesurées immédiatement après ce pic (soit 30 minutes après) sont de nouveau dans l'ordre de grandeur du bruit de fond observé habituellement. Le caractère bref et aléatoire de cet épisode n'a pas permis de vérifier l'origine du pic. Cette augmentation peut toutefois être liée à un phénomène bref (exemples : tirs de gammagraphie ou passage d'un patient ayant subi une scintigraphie à proximité de la sonde).

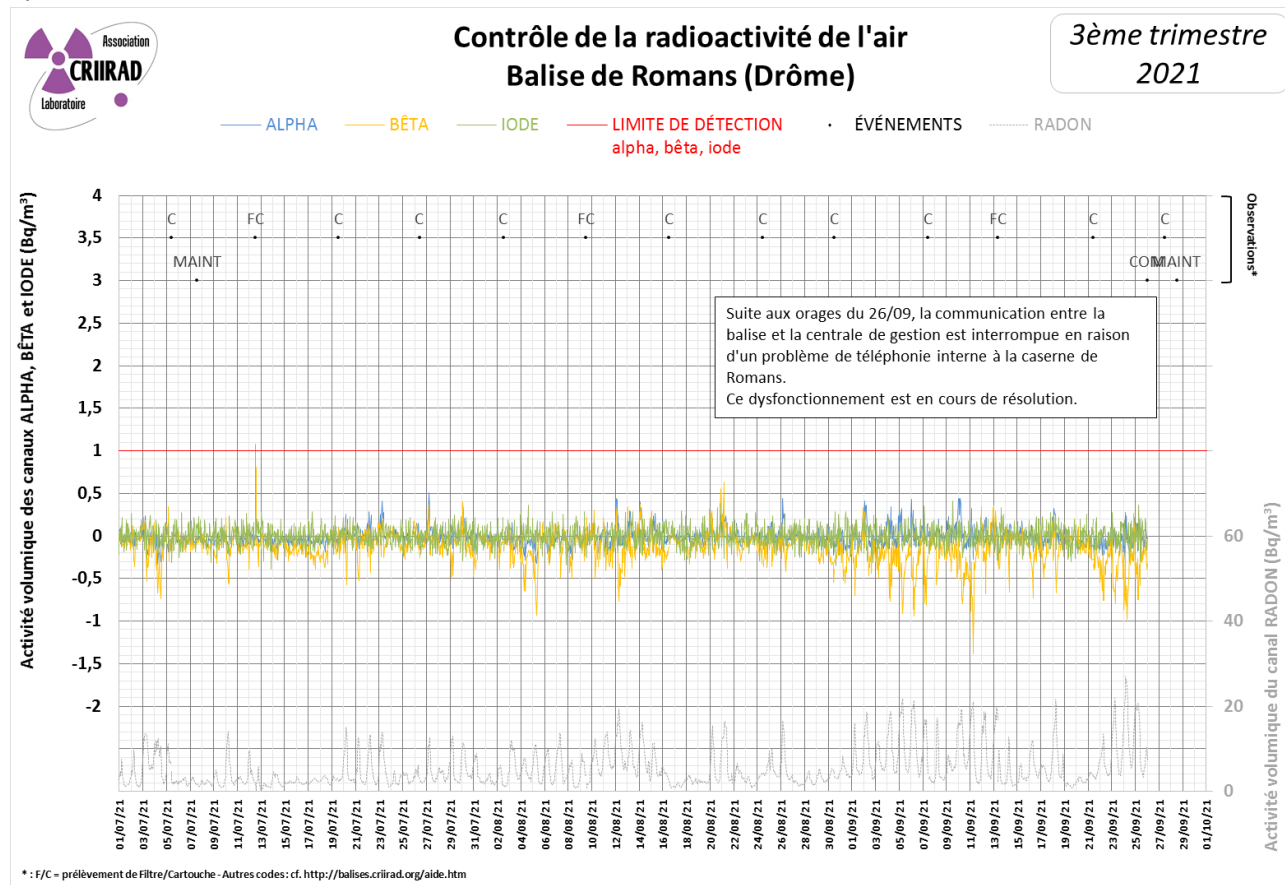
³ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

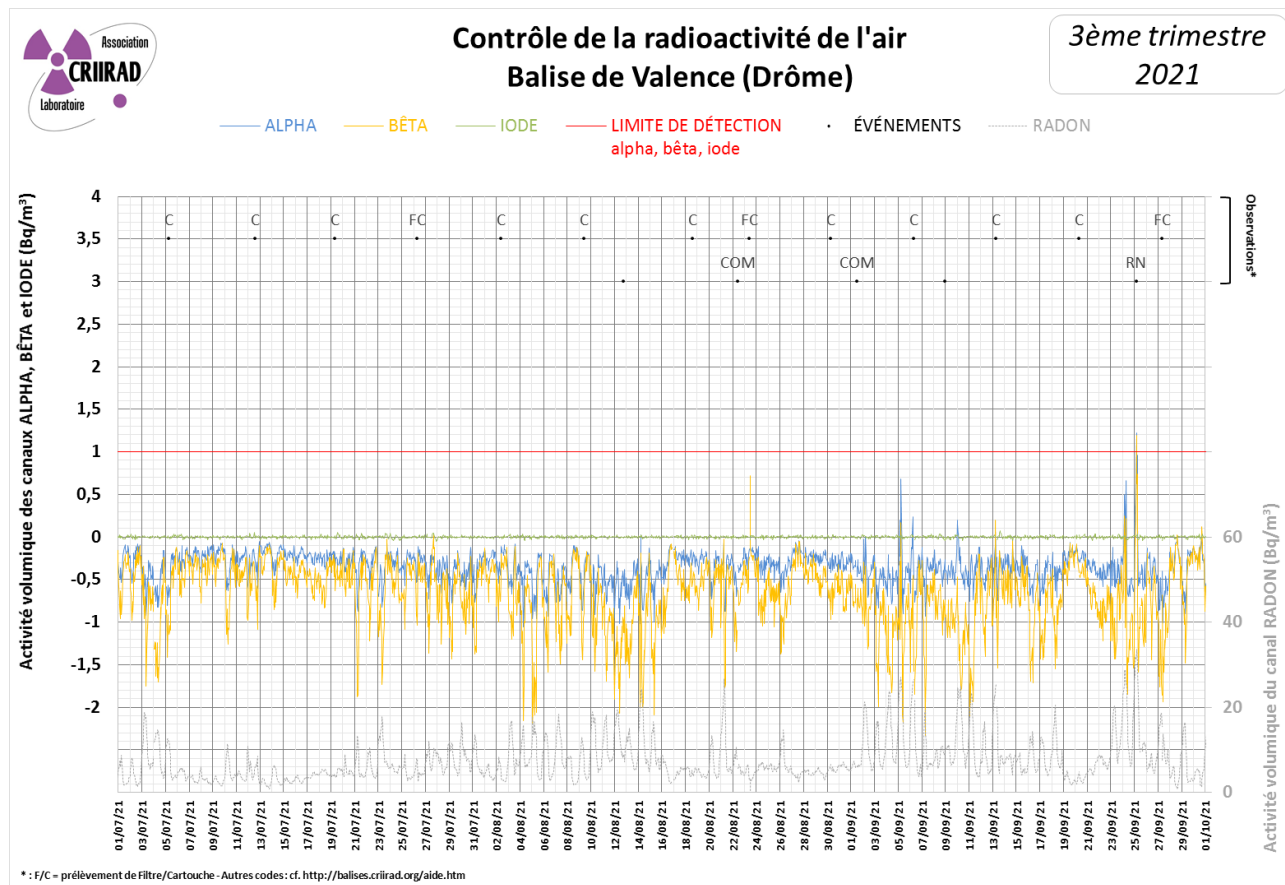
A/ Balise de Péage de Roussillon



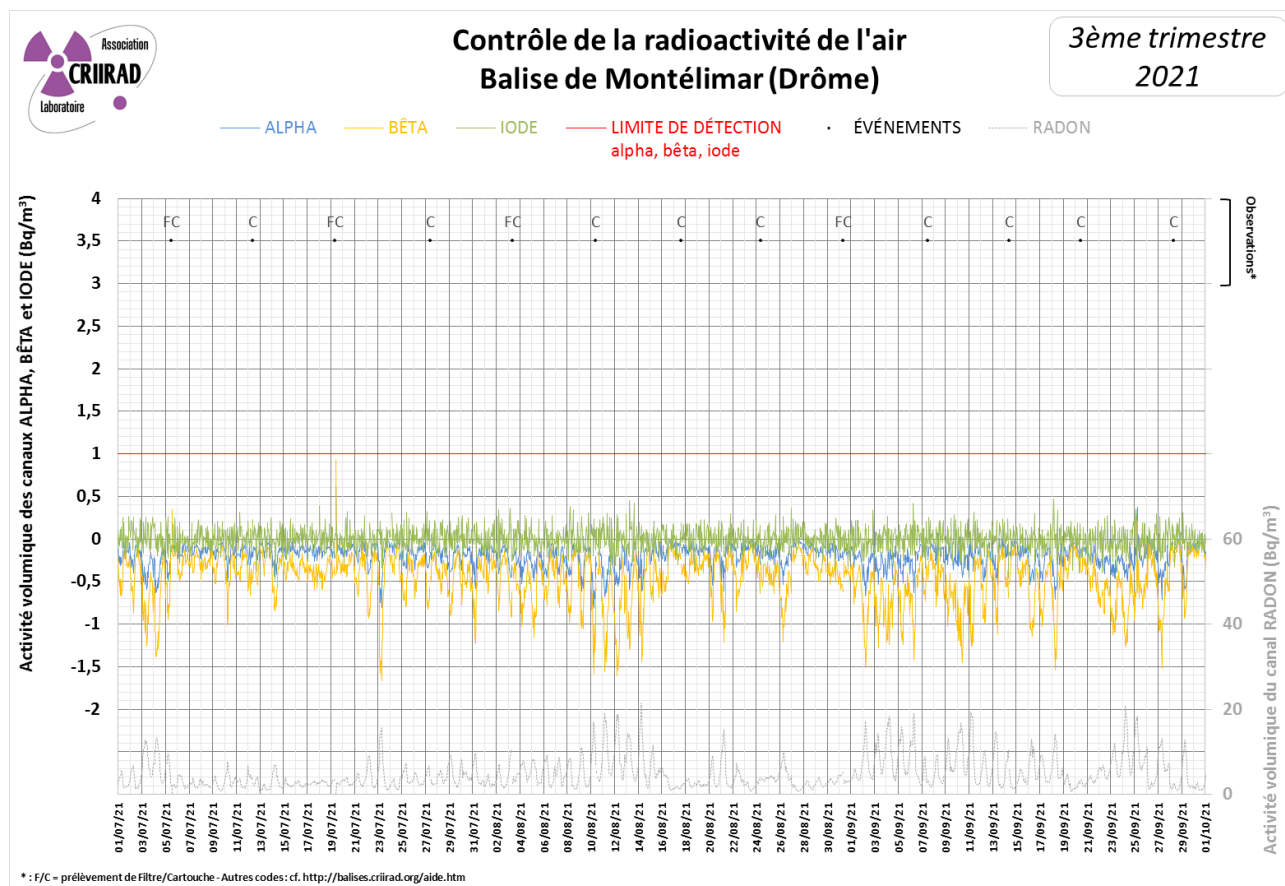
B/ Balise de Romans-sur-Isère



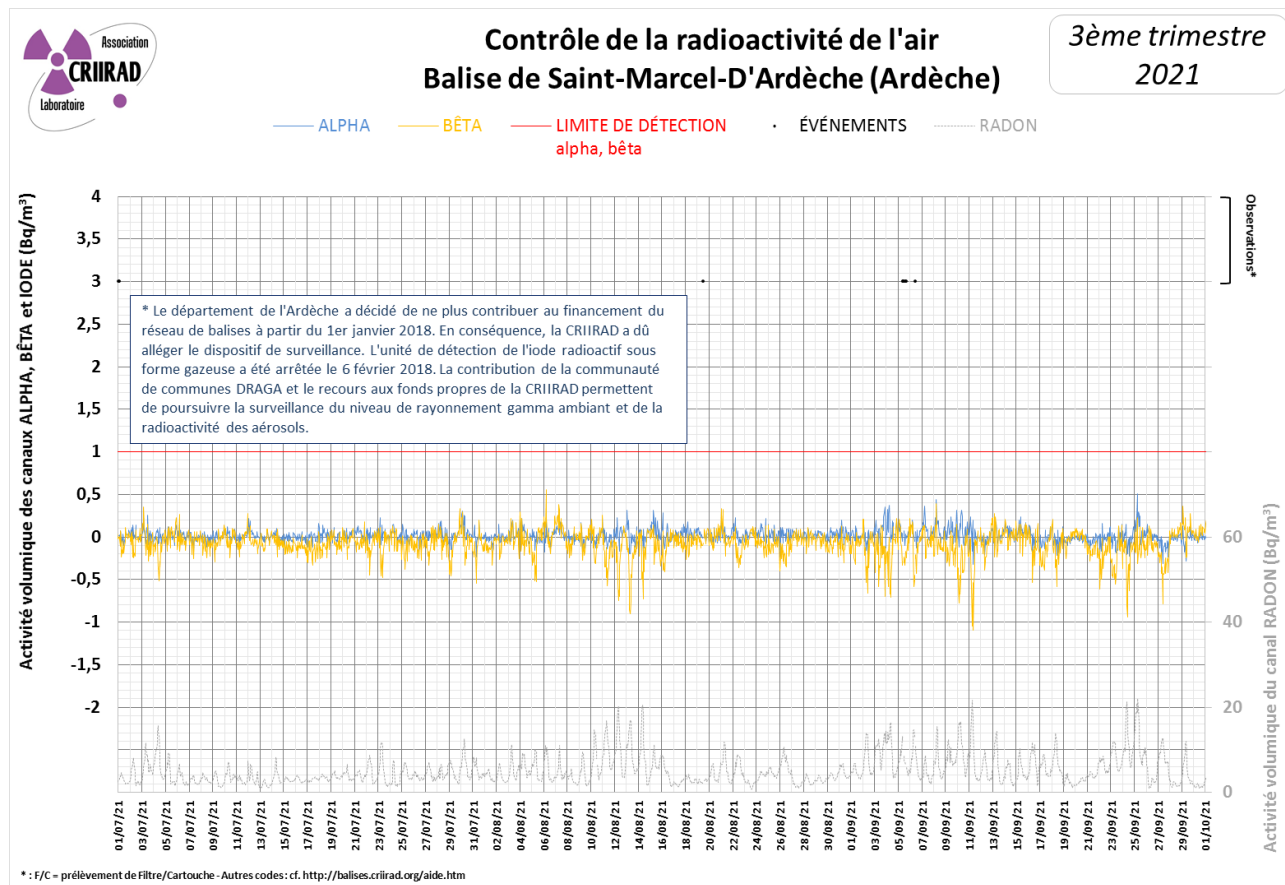
C/ Balise de Valence



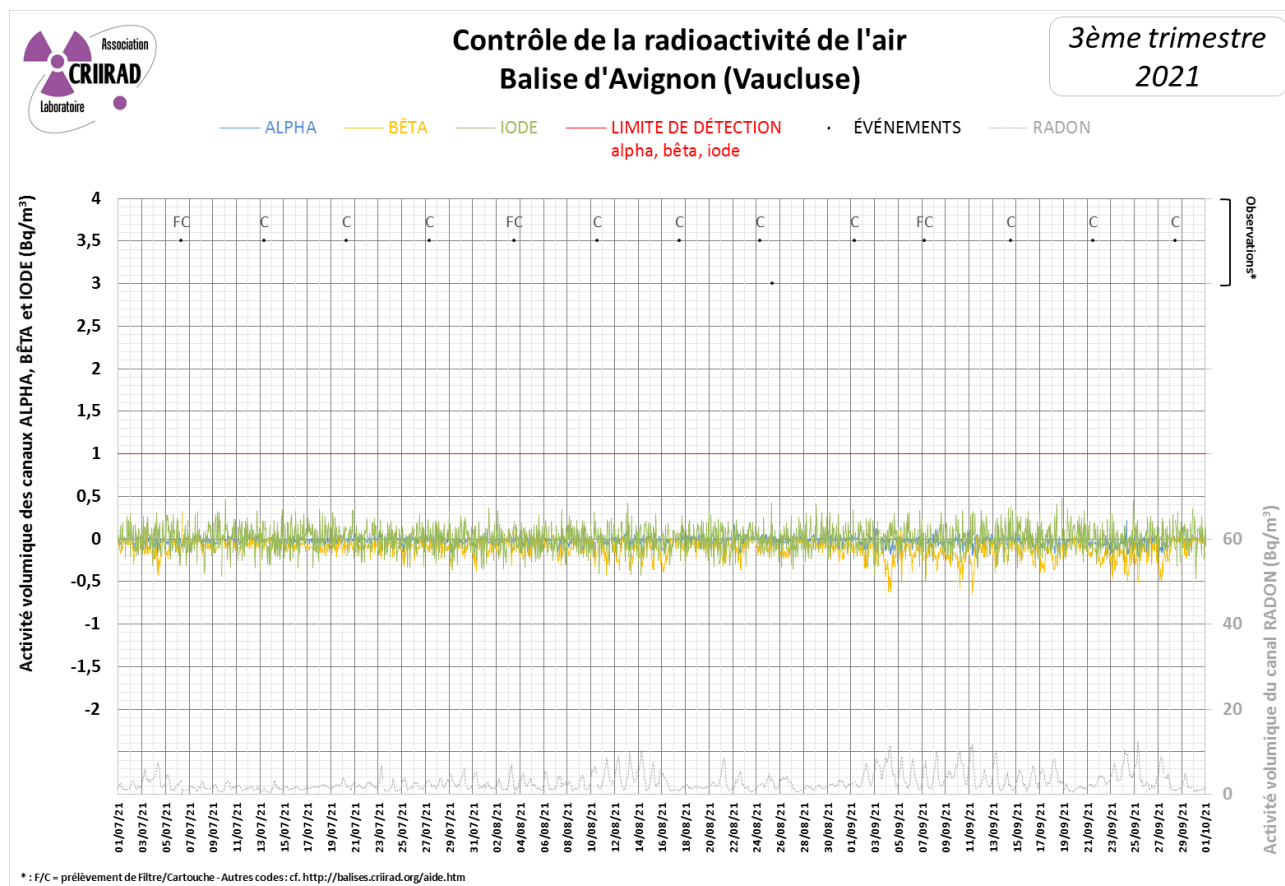
D/ Balise de Montélimar



E/ Balise de Saint-Marcel d'Ardèche



F/ Balise d'Avignon



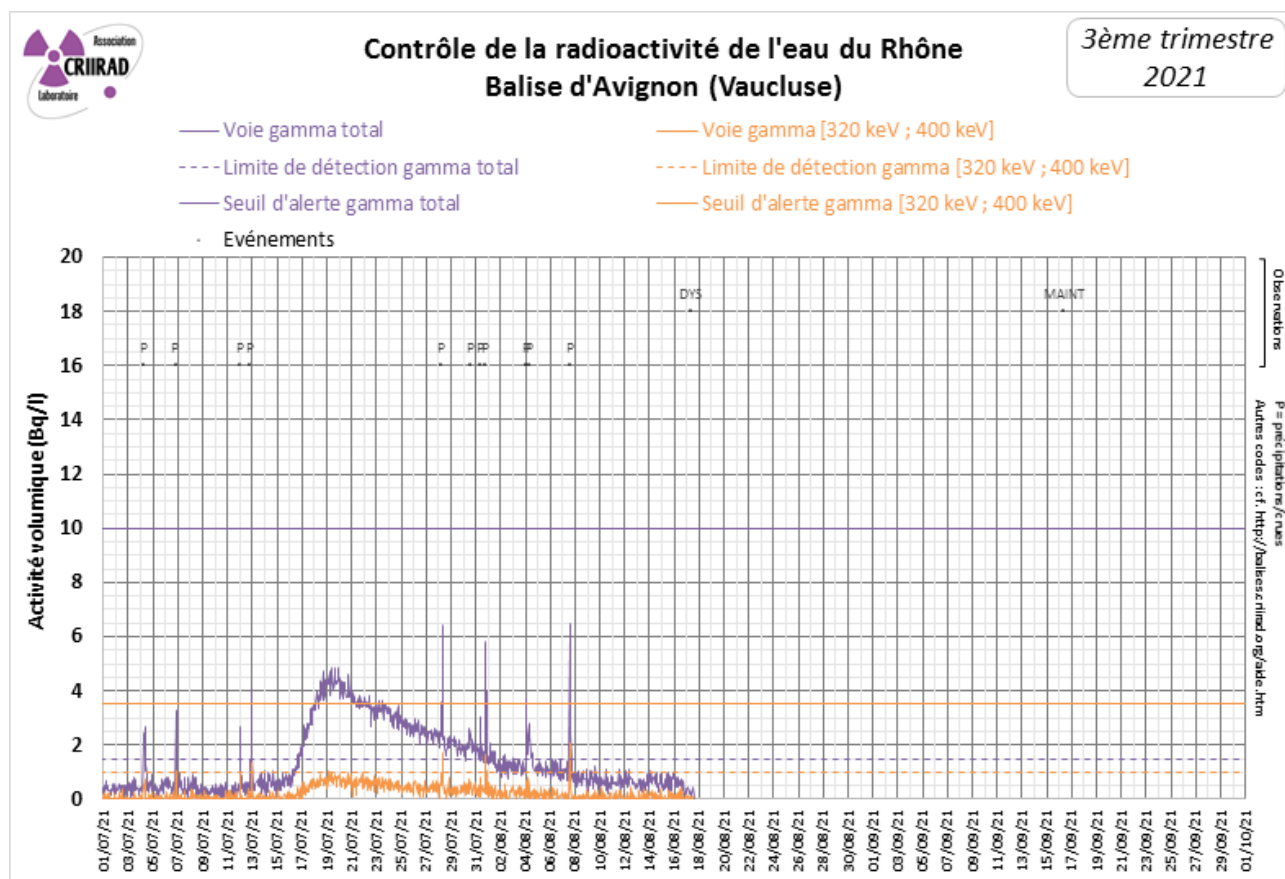
Commentaires

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

A noter que la limite de détection (1 Bq/m^3) a été dépassée à une reprise (voir graphiques en page 9) au cours du trimestre sur les voies alpha et bêta direct de la balise atmosphérique de **Valence** (le 25 septembre). 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 radon⁴ (une activité volumique maximale en radon de 34 Bq/m^3 a été mesurée à Valence le 25 septembre).

⁴ Il faut savoir que les voies alpha, bêta direct et radon sont mesurées par un seul détecteur. Un paramétrage fin permet de discriminer les impulsions mesurées par ce détecteur et de les imputer aux différentes voies : alpha artificiel, bêta artificiel direct, radon (naturel). Ce paramétrage est réglé de manière optimale pour de faibles concentrations en radon (généralement les concentrations mesurées sont inférieures à 10 Bq/m^3). Mais lors des pics de radon, il peut arriver que la discrimination ne s'effectue plus de manière correcte. La CRIIRAD intervient régulièrement pour optimiser le réglage mais il est difficile d'anticiper les conditions météorologiques à l'origine des fluctuations des concentrations en radon.

III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône



Commentaires

Le graphique présente l'activité volumique (Bq/l), de l'eau du Rhône passant dans la cuve de la balise : pour la voie « gamma total » (de 100 à 2 000 keV) et la région « 320-400 keV » centrée autour de l'énergie gamma de l'iode 131 (364,5 keV). Cette région inclut également l'énergie gamma du plomb 214 (352 keV) descendant du radon 222 naturel, d'où les interférences possibles.

Des dépassements de la limite de détection (1,5 Bq/l) ont été observés de façon ponctuelle sur la voie gamma total, les 4, 6, 12, 28 et 31 juillet ainsi que les 4 et 7 août (activité maximale : 6,5 Bq/l le 7 août) et de façon continue entre le 16 juillet et le 4 août. Des dépassements de la limite de détection (1 Bq/l) ont également été observés de façon ponctuelle sur la voie de mesure gamma centrée sur la fenêtre d'énergie [320keV ; 400keV] les 11 et 29 avril ainsi que le 1^{er} mai (activité maximale : 1,6 Bq/l mesurée le 29 avril).

La présence accrue de radionucléides naturels lors des épisodes pluvieux ou crues du Rhône engendre des augmentations de la charge en émetteurs gamma. Cela s'est vérifié notamment sur la période du 16 juillet au 4 août (dépassements continus sur la voie gamma total) pour laquelle le débit et la charge du Rhône étaient particulièrement élevés suite à des épisodes orageux.

A noter l'absence de données entre le 17 août et le 30 septembre en raison de l'arrêt du dispositif de prélèvement de l'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 ³)	Césium 134 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au					
Filtre à aérosols (piégeage des poussières atmosphériques)	Romans	07/06/21 11:45	12/07/21 12:46	12/07/2021	12/07/21	< 8,0	< 13,0	< LD
	Romans	12/07/21 12:58	09/08/21 12:06	09/08/2021	09/08/21	< 3,0	< 5,0	< LD
	Romans	09/08/21 12:12	13/09/21 08:46	13/09/2021	13/09/21	< 10,0	< 14,0	< LD
	Valence	28/06/21 08:00	26/07/21 08:02	26/07/2021	26/07/21	< 9,0	< 14,0	< LD
	Valence	26/07/21 08:16	23/08/21 09:44	23/08/2021	23/08/21	< 7,0	< 12,0	< LD
	Valence	23/08/21 10:15	27/09/21 08:05	27/09/2021	27/09/21	< 7,0	< 10,0	< LD
	Montélimar	31/05/21 12:52	05/07/21 12:15	05/07/2021	05/07/21	< 7,0	< 12,0	< LD
	Montélimar	05/07/21 12:20	03/08/21 08:48	03/08/2021	06/08/21	< 9,0	< 17,0	< LD
	Montélimar	03/08/21 08:55	31/08/21 08:49	31/08/2021	31/08/21	< 10,0	< 14,0	< LD
	Avignon	01/06/21 12:16	06/07/21 08:07	06/07/2021	08/07/21	< 6,0	< 11,0	< LD
	Avignon	06/07/21 08:24	03/08/21 12:26	03/08/2021	06/08/21	< 15,0	< 19,0	< LD
	Avignon	03/08/21 12:34	07/09/21 05:55	07/09/2021	09/09/21	< 9,0	< 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 ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au				
Cartouche de charbon actif (piégeage spécifique de la forme gazeuse de l'iode 131)	Romans	05/07/21 09:43	12/07/21 12:46	12/07/2021	13/07/21	< 90	< LD
	Romans	02/08/21 12:27	09/08/21 12:06	09/08/2021	10/08/21	< 110	< LD
	Romans	07/09/21 11:37	13/09/21 08:46	13/09/2021	14/09/21	< 130	< LD
	Valence	19/07/21 09:20	26/07/21 08:02	26/07/2021	27/07/21	< 160	< LD
	Valence	18/08/21 15:02	23/08/21 09:44	23/08/2021	23/08/21	< 240	< LD
	Valence	20/09/21 07:44	27/09/21 08:05	27/09/2021	27/09/21	< 310	< LD
	Montélimar	28/06/21 12:01	05/07/21 12:15	05/07/2021	06/07/21	< 70	< LD
	Montélimar	27/07/21 09:40	03/08/21 08:48	03/08/2021	05/08/21	< 130	< LD
	Montélimar	24/08/21 08:46	31/08/21 08:49	31/08/2021	31/08/21	< 50	< LD
	Avignon	01/09/21 07:32	07/09/21 05:55	01/09/2021	09/09/21	< 150	< LD

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure. Il convient de préciser que ces résultats représentent une activité moyenne calculée en supposant une contamination homogène sur la période d'exposition de la cartouche (généralement 6 ou 7 jours). En cas de contamination ponctuelle au cours de la période, il peut être nécessaire d'appliquer des facteurs correctifs.

(*) Parmi les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma relevés (liste non exhaustive) figurent notamment le manganèse 54, le cobalt 60, le ruthénium 106, l'iode 129, le césium 134, le césium 137, l'américium 241,... les limites de détection typiques sont de l'ordre de 70 à 800 microbecquerels par mètre cube d'air.

Commentaires :

L'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est restée inférieure aux limites de détection dans les analyses de cartouches.

III/ Résultats des analyses du prélèvement trimestriel de l'eau du Rhône

Les contrôles effectués en continu par la balise ont pour objet de lancer une alerte en cas de forte élévation de la radioactivité des eaux du Rhône pouvant résulter d'un accident grave. Mais ils ne permettent pas de déceler la présence de radionucléides imputables aux rejets autorisés des installations nucléaires en fonctionnement normal. Il faut pour cela procéder à des analyses beaucoup plus fines en laboratoire. Le budget disponible permet de réaliser deux contrôles ponctuels par trimestre : recherche des radionucléides émetteurs gamma et du tritium.

En situation courante, un échantillon d'eau du Rhône est prélevé une fois par trimestre par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon en amont du Pont Saint-Bénézet sur l'ancien site de la capitainerie à Avignon et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de détection de contamination par la balise, grâce au service d'astreinte permanent du service hygiène santé de la mairie d'Avignon et du laboratoire CRIIRAD. Un échantillon d'eau du Rhône a été prélevé à proximité du Pont Saint-Bénézet par un technicien de la Ville le 07/09/2021.

A/ Résultat de l'analyse par spectrométrie gamma

Eau du Rhône	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)
3è trimestre	07/09/21 12:00	13/09/21	31 445	< 0,18	< 0,25	< 6,3

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	
3è trimestre	07/09/2021 12:00	30/09/2021	04/10/2021	1,3 ± 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 **1,3 Bq/l** (valeur indicative car non significative, compte tenu de la grande incertitude).

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 : CONTAMINATION DE L'AIR – OU TROUVER LES

INFORMATIONS UTILES ? (1)

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

En cas de rejet accidentel de substances radioactives dans l'atmosphère, comment vont évoluer les masses d'air contaminé (déplacement, dispersion) ? Quels sont les sites permettant de trouver les informations utiles (météorologie, mesures de la radioactivité de l'air,...) ? Ce premier volet donne des éléments d'information relatifs à la première question.

Déplacement et dispersion des panaches radioactifs

1/ L'impact des particularités du rejet

En cas de rejet accidentel dans l'air, il est important de connaître le terme-source, c'est-à-dire les caractéristiques de l'émission des substances radioactives dans l'environnement : nature, activité et forme des radionucléides, modalités de l'accident (explosion, incendie) et des rejets (voir fiche A1). Certains de ces éléments influencent directement le **mouvement initial du rejet et son évolution ultérieure**. Citons par exemple :

- *l'altitude du rejet* : l'impact local et global est très différent selon que les radionucléides sont rejetés au niveau du sol ou en altitude (à Tchernobyl, les rejets initiaux avaient été propulsés par l'explosion du réacteur jusqu'à 2 000 mètres environ). La direction et la vitesse des courants atmosphériques pouvant varier avec l'altitude, le devenir du panache radioactif peut être d'emblée assez complexe ;

- *la durée du rejet* : le devenir du rejet est d'autant plus difficile à suivre que les émissions se prolongent (en continu comme à Tchernobyl ou de façon discontinue comme à Fukushima) car l'orientation et la force des vents évoluent dans le temps ;

- *la nature gazeuse ou particulaire des radionucléides* qui influence directement leur diffusion : les radionucléides sous forme particulaire (on parle d'aérosols) seront d'autant plus soumis aux effets de la pesanteur que leur diamètre sera élevé ; en dessous de quelques microns, ils tendront à se comporter comme des gaz.

2/ Comment vont évoluer dans le temps et l'espace les aérosols et gaz radioactifs rejetés dans l'air ?

Parmi les mécanismes entrant en jeu, il faut distinguer :

- les **phénomènes de déplacement**, fortement liés à la direction et à la vitesse du vent ;

- les **phénomènes de dispersion**, fortement liés aux turbulences atmosphériques qui conduisent à l'expansion progressive des panaches radioactifs. De multiples paramètres sont impliqués dans ces phénomènes (gradients verticaux de vitesse et de température, différences de pression, échanges thermiques, rayonnement solaire, réactions physico-chimiques,...) mais également la topographie qui va perturber le déplacement des masses d'air contaminé. Les processus sont donc très complexes, et pour prédire les trajectoires et la dispersion des masses d'air, il faut recourir à des outils de **modélisation**.

L'encadré de la page suivante montre l'une des simulations de dispersion des rejets radioactifs de la centrale de Fukushima Daiichi réalisée par la CRIIRAD, lors du suivi de l'accident en mars 2011, à l'aide du logiciel Hysplit⁵.

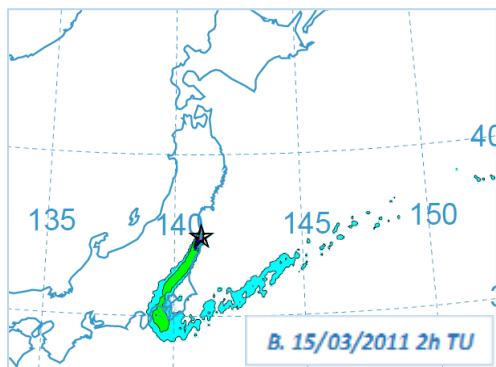
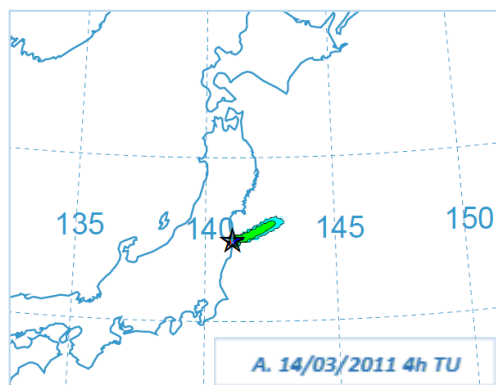
Les **données et prévisions météorologiques locales** (au plus près du réacteur accidenté) sont indispensables afin de déterminer les zones sous le vent, qui seront survolées directement par les panaches, ainsi que les évolutions possibles sur plusieurs jours. Ces informations permettront une première estimation du risque radiologique, tant au niveau spatial, que temporel. Si le rejet est court (quelques minutes ou quelques heures), la prévision est relativement facile. En revanche, si le rejet accidentel se prolonge (comme ce fut le cas à Tchernobyl et Fukushima), la situation peut vite devenir complexe. Sous l'effet des changements de direction du vent, des trajectoires

⁵ Logiciel mis à disposition en ligne par le NOAA américain : National Oceanic and Atmospheric Administration – U.S. Department of Commerce. <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>.

différentes se superposent. Les panaches radioactifs d'abord identifiables, finissent donc à terme par se mêler et se confondre.

Du fait des déplacements et de l'expansion verticale et latérale des panaches, le nombre de personnes exposées va croissant. Cependant, la concentration de l'air en produits radioactifs diminue du fait de la dilution des rejets dans des volumes d'air de plus en plus importants.

Simulation sur 32 heures dans l'hypothèse d'une dispersion de rejets continus (début le 14/03/2011 0h TU) – Logiciel en ligne Hysplit utilisé par la CRIIRAD



Cet exemple montre qu'en 32 heures, le vent a changé de direction à plusieurs reprises emportant les émissions radioactives dans des directions très variables. Il s'est d'abord dirigé vers le nord-est, au-dessus du Pacifique (A), puis 12 heures plus tard, le long des côtes vers le sud. Le panache a ensuite pris la direction de l'intérieur des terres en direction de Tokyo vers le sud-ouest (B), et enfin, 8 heures plus tard, la direction de l'ouest.

Les panaches radioactifs vont en outre s'appauvrir progressivement du fait :

- **de la décroissance radioactive :** l'activité des produits radioactifs diminue avec le temps. Le rythme de décroissance est déterminé par la période

radioactive de chaque radionucléide (voir fiche G1). Celle de l'iode 133 par exemple est de 20,8 heures (période très courte). Cela veut dire qu'en 1 période, c'est-à-dire 20,8 heures, l'activité initiale est divisée par 2 ; en 2 périodes soit 41,6 heures, par 4, etc. D'autres radionucléides possèdent une période beaucoup plus longue : 30 ans pour le césium 137, 24 100 ans pour le plutonium 239 ;

- **des transferts au sol :** les produits radioactifs présents dans l'air se déposent au sol, du fait des **dépôts secs** (un phénomène permanent qui va appauvrir la partie inférieure du panache) et des **dépôts humides** (correspondant au lessivage de toute la colonne d'air par les précipitations). Les risques radiologiques sont ainsi transférés de l'air au sol (voir fiche S1 pour en savoir plus).

Si l'activité volumique, et donc la dangerosité du panache, diminue (généralement) avec le temps⁶ et la distance, cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de risque à des distances (parfois très) éloignées du réacteur accidenté. En raison de l'impact des dépôts humides (voir fiche S1), certains secteurs de France ont été plus contaminés par les retombées de Tchernobyl, que des secteurs d'Ukraine, plus proches du réacteur accidenté, mais moins affectés du fait des trajectoires suivies par les rejets et de l'absence de pluies lors du passage des panaches radioactifs.

⁶ Il faut évidemment tenir compte de la cinétique des rejets : la dangerosité peut augmenter de façon transitoire. Par exemple,

lors de l'accident de Fukushima, les rejets du 15 mars ont été plus problématiques que ceux du 12 mars.

ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD

Une codification a été mise en place sur les graphiques mis en ligne, au niveau de l'encart « Observations », pour renseigner des événements particuliers. Cette codification est explicitée ci-dessous.

A/ Les balises sont des outils de surveillance de la radioactivité fonctionnant 24h/24 toute l'année. Ce fonctionnement en continu est nécessairement rythmé par la survenue d'événements programmés tout au long de l'année (prélèvements hebdomadaires aux balises atmosphériques, interventions de maintenance), voir tableau A.

B/ Il peut se produire également des événements non programmés (dysfonctionnements mécaniques ou électroniques, pannes,...), voir tableau B.

C/ Lorsque des résultats de mesure sont atypiques, ils font l'objet d'une codification explicitée dans le tableau C.

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau A / Evénements techniques programmés (prélèvement hebdomadaire aux balises atmosphériques, maintenance,...)</i>	
C	Prélèvement de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est hebdomadaire. Des prélèvements en urgence sont effectués si nécessaire.
F	Prélèvement du filtre aérosols (balise atmosphérique) : la fréquence de prélèvement est mensuelle, sauf s'il est nécessaire de remplacer le rouleau de filtre ou en cas d'anomalie nécessitant une intervention en urgence.
F/C	Prélèvement simultané du filtre aérosols et de la cartouche à charbon actif (balise atmosphérique)
MAINT	Intervention de maintenance du laboratoire CRIIRAD et/ou d'un prestataire

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau B / Evénements techniques non programmés (dysfonctionnements techniques, pannes, arrêt balise...)</i>	
COM	Problème de communication pour la transmission des données entre la balise et la centrale de gestion nécessitant ou ayant nécessité une (des) intervention(s) à la balise
DYS	Dysfonctionnement technique (rupture de filtre aérosols, arrêt d'une pompe, panne électronique, panne de compresseur, ...)
.	Arrêt ponctuel de la balise, pour une durée inférieure à 6 heures (typiquement : coupure de l'alimentation électrique ponctuelle)
[	Début de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
]	Fin de période d'arrêt de la balise (dans le cas d'un arrêt d'une durée supérieure à 6 heures)
AUTRE	Evénement ne rentrant pas dans une des catégories précédemment citées

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire</i>	
RN	Dépassement(s) alpha et (ou) bêta direct (balises atmosphériques) lié(s) à un pic d'activité volumique en radon
P	Pic d'activité volumique (balise aquatique d'Avignon) ou pic de débit de dose gamma ambiant (sondes gamma) en lien avec des épisodes de précipitations ou des crues (lessivage des descendants émetteurs gamma du radon)
CONT-S	Contamination suspectée, analyses complémentaires en cours
CONT-A	Contamination avérée, voir document spécifique

Auteur : Jérémie Motte, Ingénieur environnement, Responsable du service balises au laboratoire de la CRIIRAD

Approbation : Bruno Chareyron, Ingénieur en physique nucléaire, Directeur du laboratoire CRIIRAD.

LABORATOIRE CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD est un laboratoire d'analyse spécialisé dans les mesures de radioactivité et agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour les mesures de radioactivité de l'environnement et les contrôles radon (voir portée de l'agrément sur le site <http://www.criirad.org/laboratoire/agrements.html>). Il est placé sous la responsabilité de M. Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.



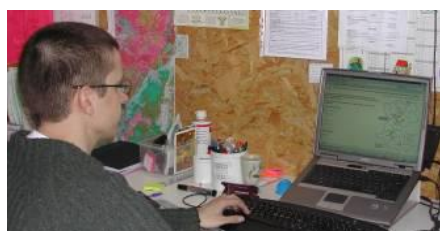
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



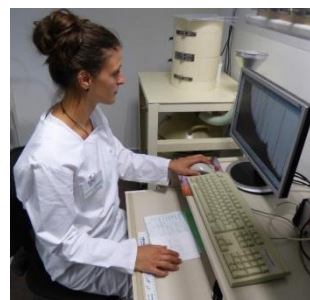
RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES

Jérémy MOTTE



RESPONSABLE SERVICE RADON

Julien SYREN



RESPONSABLE QUALITE

Marion JEAMBRUN



INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES, ANALYSES

Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES

Stéphane MONCHÂTRE



PREPARATION DES ECHANTILLONS

Sara ORTUNO

EQUIPE D'ASTREINTE

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