

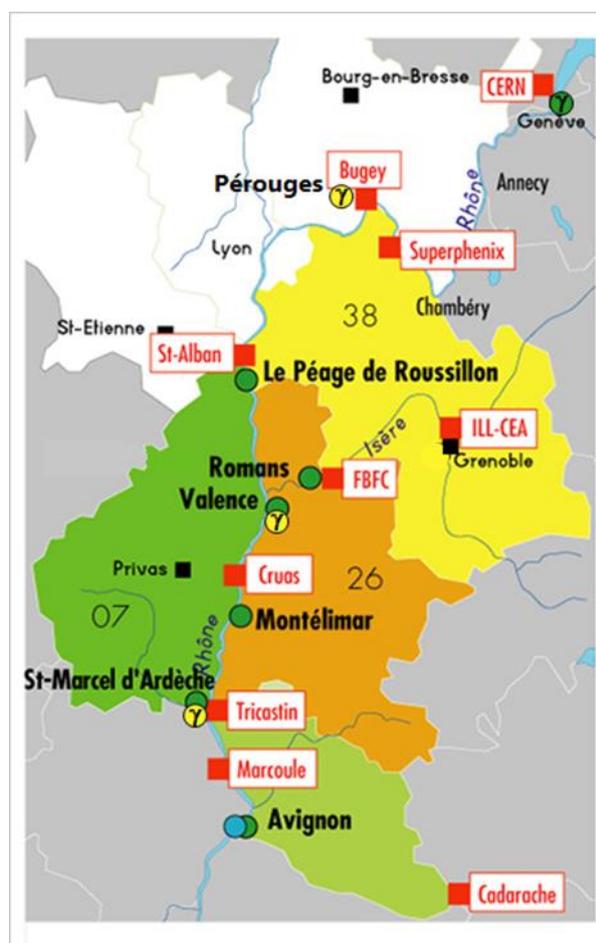
SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

RESEAU DE BALISES CRIIRAD

Rapport N° 20-26

RAPPORT TRIMESTRIEL

AVRIL-MAI-JUIN 2020



- 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 Ô
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

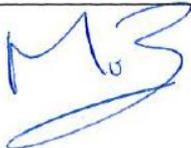
Communes du réseau Montilien

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 2020	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	7
III/ Surveillance en continu de la radioactivité de l'eau du Rhône.....	11
RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD	12
I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma	12
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 : QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?*	16
ANNEXE : Interprétation des graphiques présentant les résultats du réseau de balises de la CRIIRAD	18
LABORATOIRE CRIIRAD	20

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom - Fonction	J. Motte (responsable du service balises)	J. Syren (responsable du service radon)
Date	06/10/2020	06/10/2020
Signature		

SYNTHESE – FONCTIONNEMENT DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD

I/ Synthèse des résultats / Taux de fonctionnement par système de détection - Deuxième trimestre 2020

Aucune anomalie radiologique n'a été mise en évidence au cours du deuxième trimestre 2020.

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

Légende

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

BALISE \ DETECTION	Genève	Saint-Marcel d'Ardèche	Avignon Air	Avignon Eau
Alpha/Bêta (Air)		 99,2%	 47%	
Iode (Air)		 0%	 99,8%	
Gamma (Air)		 99,2%		
Spectrométrie Gamma (Air)	 100%			
Gamma (Eau)				 99,8%

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

- **Remarque sur le fonctionnement et la gestion des balises pendant la période de confinement strict (17 mars – 11 mai) liée à la crise de COVID19** : le laboratoire de la CRIIRAD s'est organisé pour continuer à fonctionner, dans un mode dégradé, mais suffisant afin de **poursuivre sa mission de surveillance, d'alerte et d'information**, tout en limitant les risques pour elle-même et pour les autres. L'activité de surveillance par le réseau de balises s'est poursuivie, beaucoup de tâches ayant pu s'effectuer à **distance** : la vérification deux

fois par jour des données des balises, la mise en ligne des résultats, le maintien du système d'astreinte. Nous avons conservé une présence physique d'un salarié, par roulement pour le lancement et le traitement des analyses au laboratoire. La fréquence des déplacements sur les sites des balises a été réduite (changement de la cartouche à charbon actif tous les 15 jours et non plus chaque semaine sauf pour la balise de Valence). La capacité d'intervention aux balises en cas d'alarme a été maintenue pendant cette période.

- **Dysfonctionnement de l'unité de détection des aérosols (balise atmosphérique d'Avignon)** : Le 8 avril lors de la scrutation journalière à distance des résultats des balises qu'elle gère, la CRIIRAD a constaté une baisse du débit de la pompe à aérosols de la balise d'Avignon, laissant suggérer une rupture du filtre. Un technicien du laboratoire CRIIRAD s'est rendu sur site le 8 avril dans l'après-midi et a confirmé la rupture du filtre ainsi que son colmatage au niveau du détecteur aérosols. Après manipulation et retrait du filtre coincé sous le détecteur, le technicien a remis en fonctionnement le système d'avancement du filtre. Il a également constaté que le mylar¹ du détecteur aérosols situé en regard du filtre était légèrement percé, pouvant ainsi affecter la qualité des mesures par le détecteur. Le remplacement du mylar a été effectué au cours de la maintenance Berthold (voir ci-dessous) le 27 mai. Pendant la période de dysfonctionnement du détecteur aérosols, les résultats des voies alpha, bêta et radon ont été publiés à titre indicatif.

- **Maintenance des balises (hors Genève)** : L'intervention (effectuée par la société Berthold à une fréquence annuelle) devait avoir lieu courant avril. En raison de la période de confinement, elle a été finalement effectuée sur toutes les balises du réseau CRIIRAD à l'exception de celle de Genève² entre le 26 mai et le 4 juin. Le technicien Berthold a été assisté d'un technicien du laboratoire CRIIRAD au cours de cette maintenance. Diverses opérations ont été réalisées au cours de la maintenance :

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

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

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

Des actions spécifiques ont été menées :

- sur la balise d'air d'Avignon avec le remplacement du mylar du détecteur alpha-bêta-radon (voir ci-dessus), le remplacement du débitmètre pour la mesure des débits d'air de la pompe principale et le réglage du paramétrage d'un capteur pour le filtre aérosols.

¹ Il s'agit d'un film polyester placé sur le détecteur en regard du filtre, qui permet de discriminer les rayonnements alpha et bêta, en arrêtant les premiers et en laissant passer les seconds. L'altération de ce film peut affecter cette discrimination et entraîner des mesures erronées.

² 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.

- sur la balise de Valence avec le nettoyage du débitmètre et des tuyaux de passage de l'air dans la balise suite à un problème de débit fluctuant.

- **Arrêts de l'alimentation électrique aux balises** : au cours du trimestre, des arrêts de l'alimentation électrique se sont produits à une reprise à la balise de Montélimar le 30 avril et à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche le 28 juin. Ces 2 arrêts n'ont pas nécessité de déplacement d'un technicien sur site.

- **Absence de communication aux balises (Péage-de-Roussillon)** : un arrêt de communication avec la centrale de gestion est survenu à une reprise à la balise de Péage-de-Roussillon le 4 juin. Une intervention technique sur site du laboratoire CRIIRAD a été nécessaire pour rétablir la communication, par réinitialisation du modem et de l'électronique de la balise.

- **Dysfonctionnement électronique (balises de Saint-Marcel d'Ardèche et de Valence)** : survenu aux balises de Saint-Marcel d'Ardèche et de Valence respectivement les 5 et 11 mai, il s'est caractérisé par une absence de chargement de nouvelles valeurs à la centrale de gestion située dans les locaux de la CRIIRAD. Cette anomalie était liée à un dysfonctionnement de la carte électronique générale de commande (CPU) de la balise. Une réinitialisation du paramétrage à distance de cette carte a permis de résoudre le dysfonctionnement dans les 2 cas.

- **Fonctionnement des balises de Saint Marcel d'Ardèche et de Péage de Roussillon** : les Départements de l'Ardèche et de l'Isère ont décidé en 2018 de ne plus contribuer au financement du réseau de balises, ce qui a entraîné une diminution des budgets de fonctionnement respectifs de la balise de Saint-Marcel d'Ardèche et de celle du Péage de Roussillon. Ceci a conduit la CRIIRAD à alléger le dispositif de surveillance des 2 balises (dès février 2018 à Saint-Marcel d'Ardèche et à partir de début 2019 au Péage-de-Roussillon). L'unité de détection de l'iode radioactif sous forme gazeuse a été arrêtée³ pour les 2 balises et les analyses mensuelles en différé du filtre à aérosols au laboratoire de la CRIIRAD l'ont été également au cours du premier trimestre. Les filtres sont tout de même conservés au laboratoire de la CRIIRAD et pourraient être analysés ultérieurement si nécessaire⁴. Les contributions des communautés de communes DRAGA et Entre Bièvre et 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.

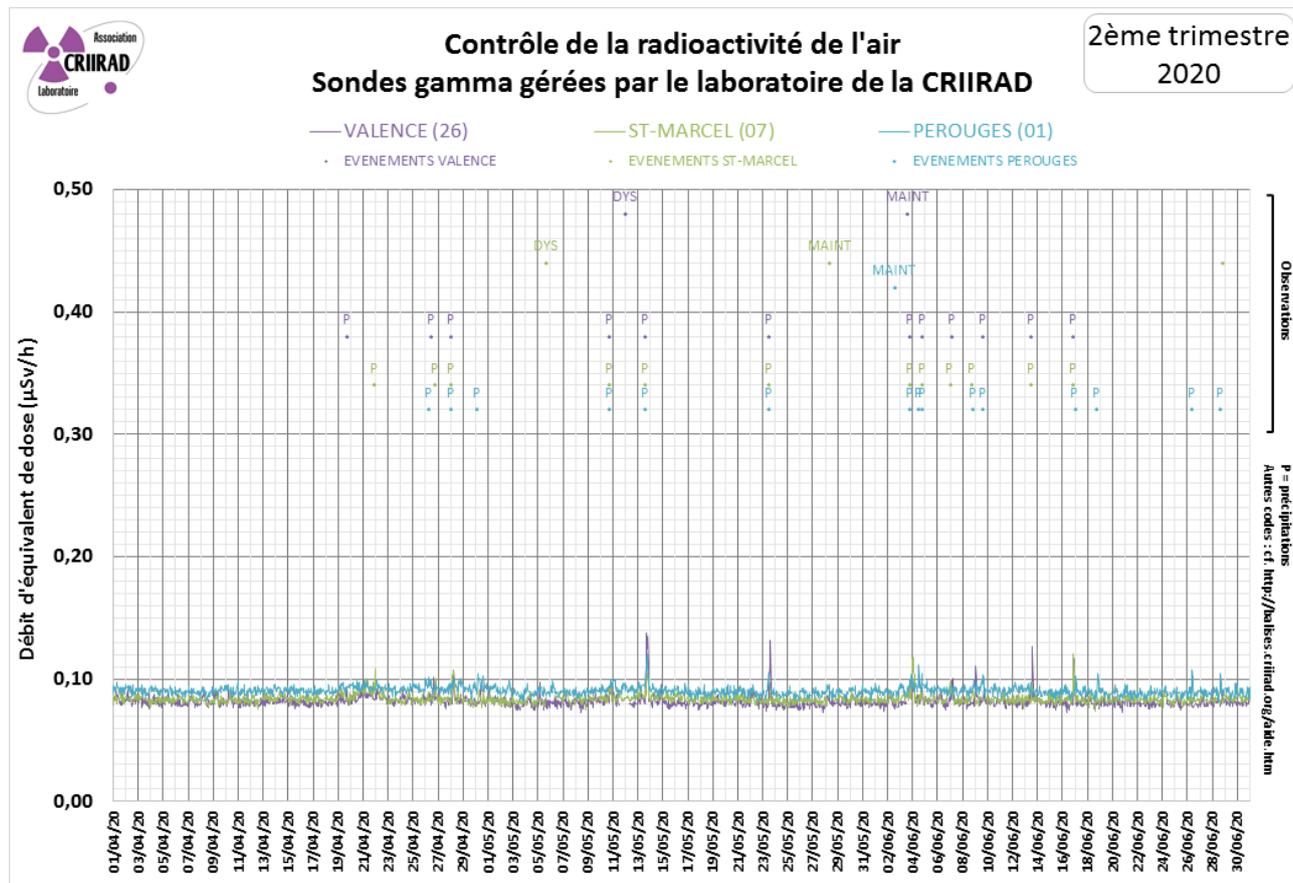
³ L'arrêt de cette surveillance permet des économies importantes car il n'est plus nécessaire d'intervenir chaque semaine pour remplacer la cartouche à charbon actif. Mais en conséquence, la CRIIRAD ne sera plus en capacité de déterminer l'activité volumique de l'iode 131 gazeux. La fonction d'alerte reste activée en cas d'augmentation du taux de radiation gamma ambiant (pour la balise de Saint Marcel d'Ardèche) ou de l'activité des aérosols émetteurs bêta et alpha, mais elle est dégradée par rapport au fonctionnement antérieur.

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

RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

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

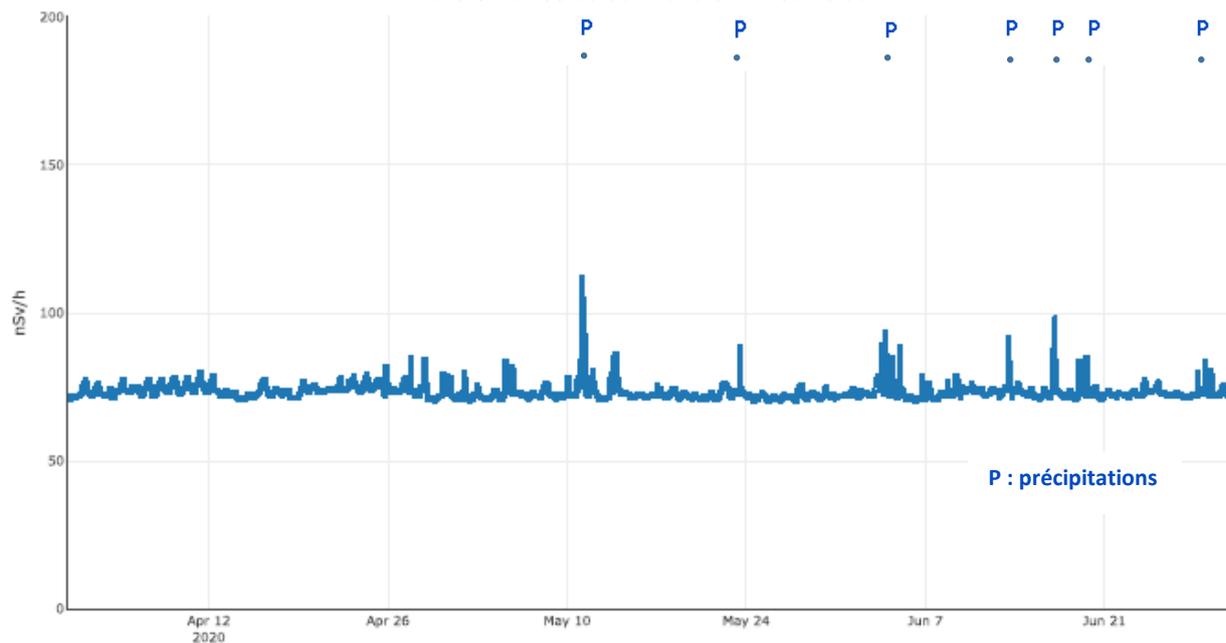
I/ Surveillance en continu du débit de dose gamma ambiant



[[Débit de dose Gamma (nSv/h)]]

SONDE GAMMA DE GENEVE

2020-04-01 00:00:00 - 2020-07-01 00:00:00



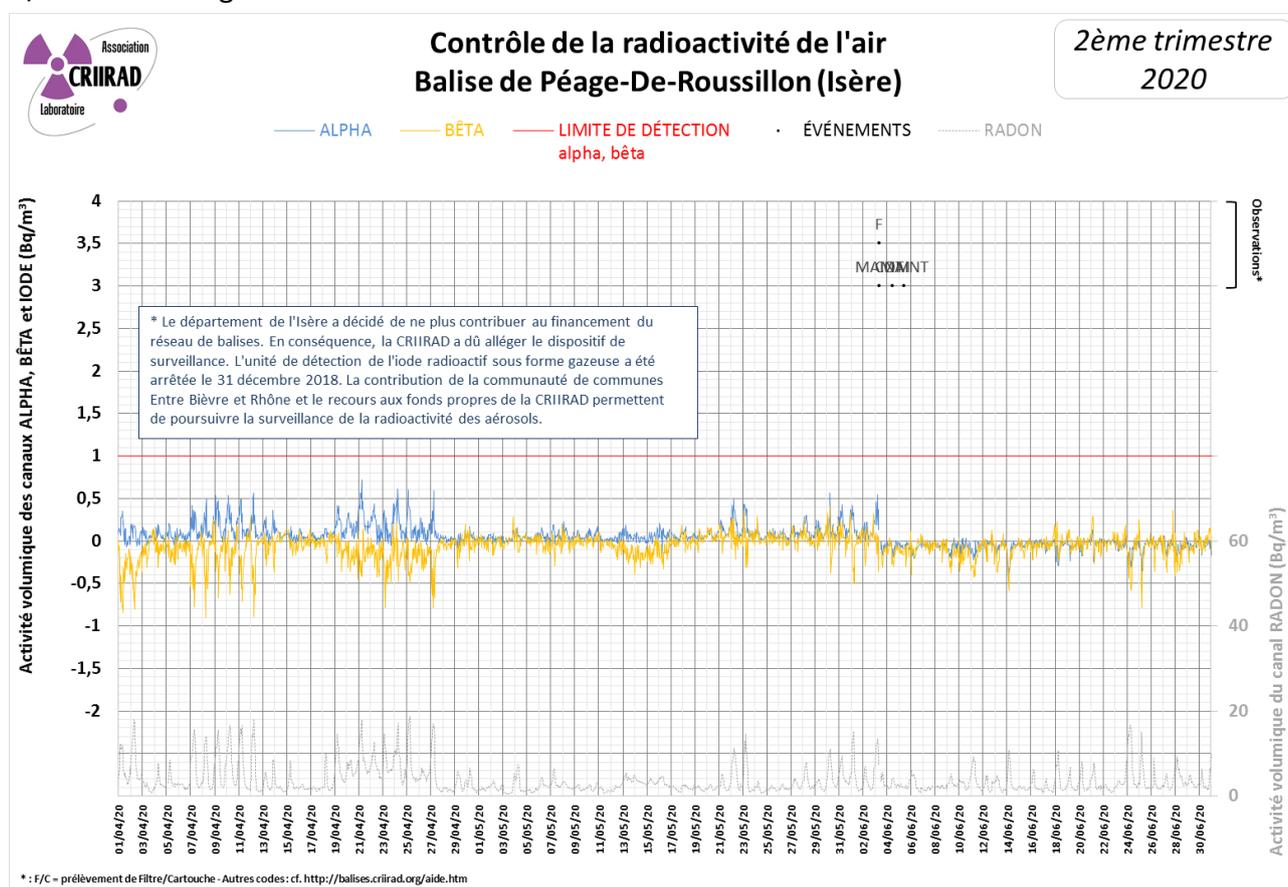
Commentaires

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 et Genève**, le bruit de fond naturel moyen est classiquement de **0,07 à 0,09 $\mu\text{Sv/h}$** (ou de **70 à 90 nSv/h**).

Les fluctuations les plus importantes ont été observées lors d'épisodes de précipitations. Les plus notables sont survenues le 13 mai (0,14 $\mu\text{Sv/h}$ à Valence et 0,12 $\mu\text{Sv/h}$ à Pérouges), le 23 mai, le 13 et le 16 juin, ainsi que pour la sonde gamma de Genève le 11 mai (0,11 $\mu\text{Sv/h}$ ou 110 nSv/h en lecture sur le graphe). Lors de ces épisodes (fortes pluies, orages,...), les descendants radioactifs émetteurs gamma⁵ du radon 222 naturellement présents dans l'air sont lessivés et rabattus au sol, ce qui entraîne une augmentation de courte durée du débit de dose.

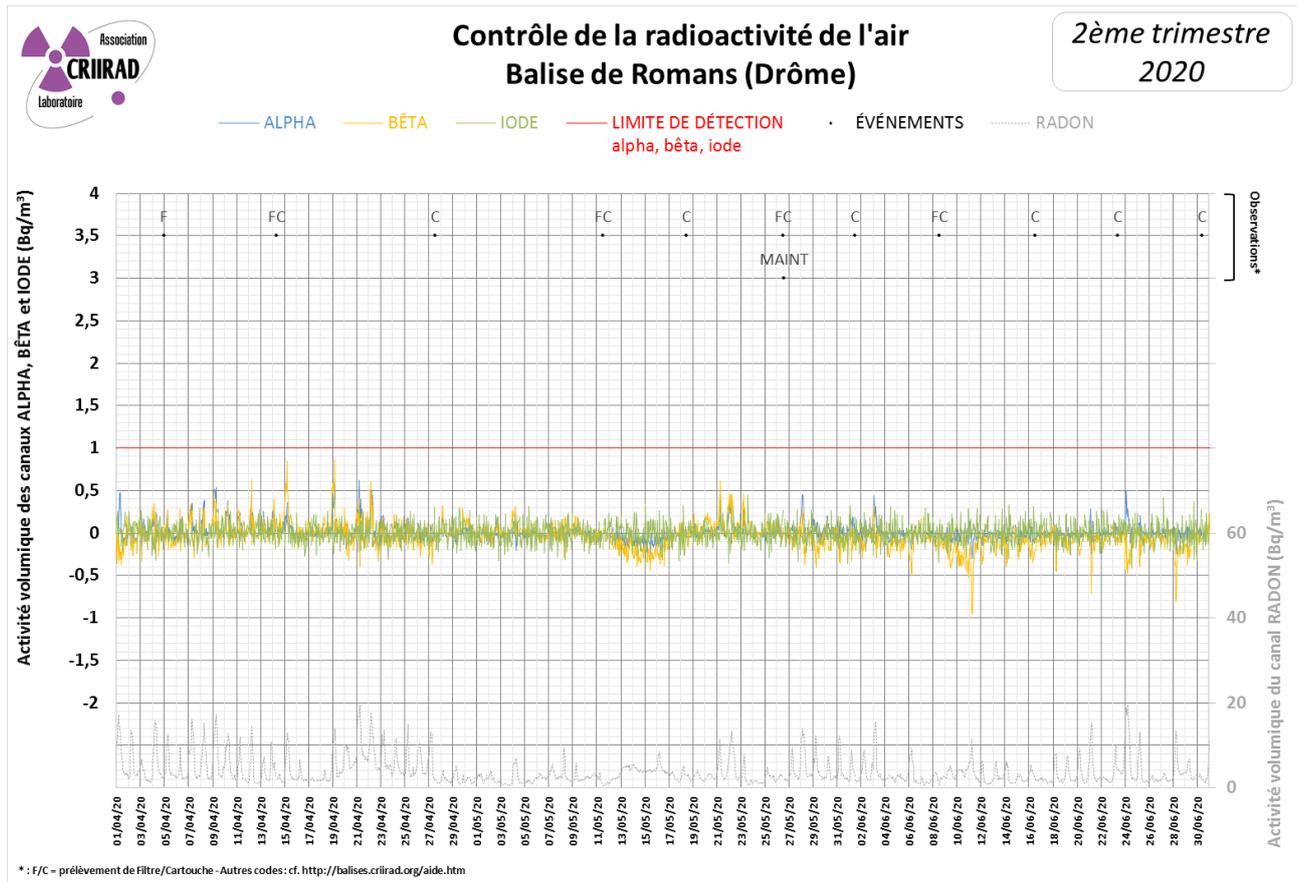
II/ Surveillance en continu de la radioactivité atmosphérique

A/ Balise de Péage de Roussillon

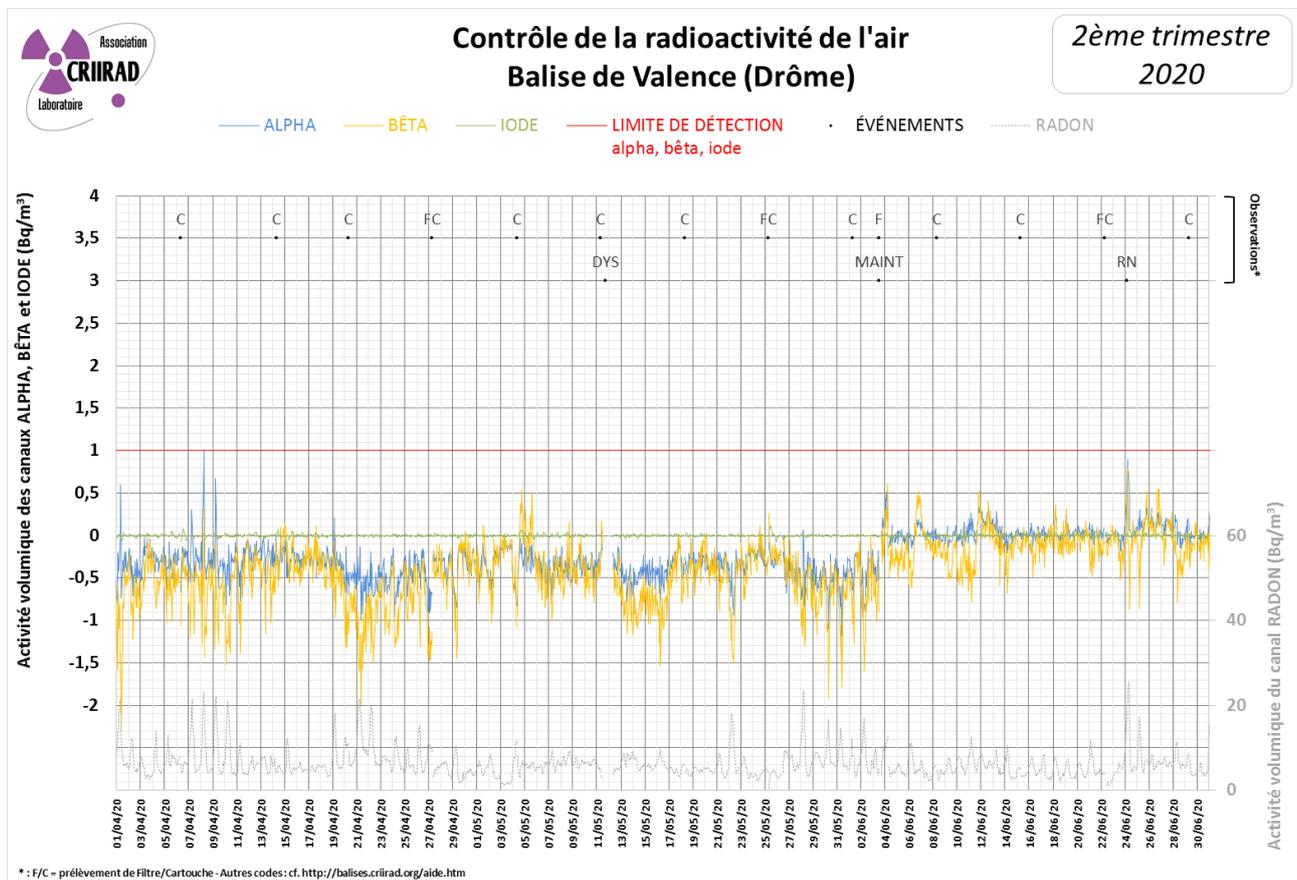


⁵ Plomb 214 et Bismuth 214 de périodes physiques égales respectivement à 27 minutes et à 20 minutes.

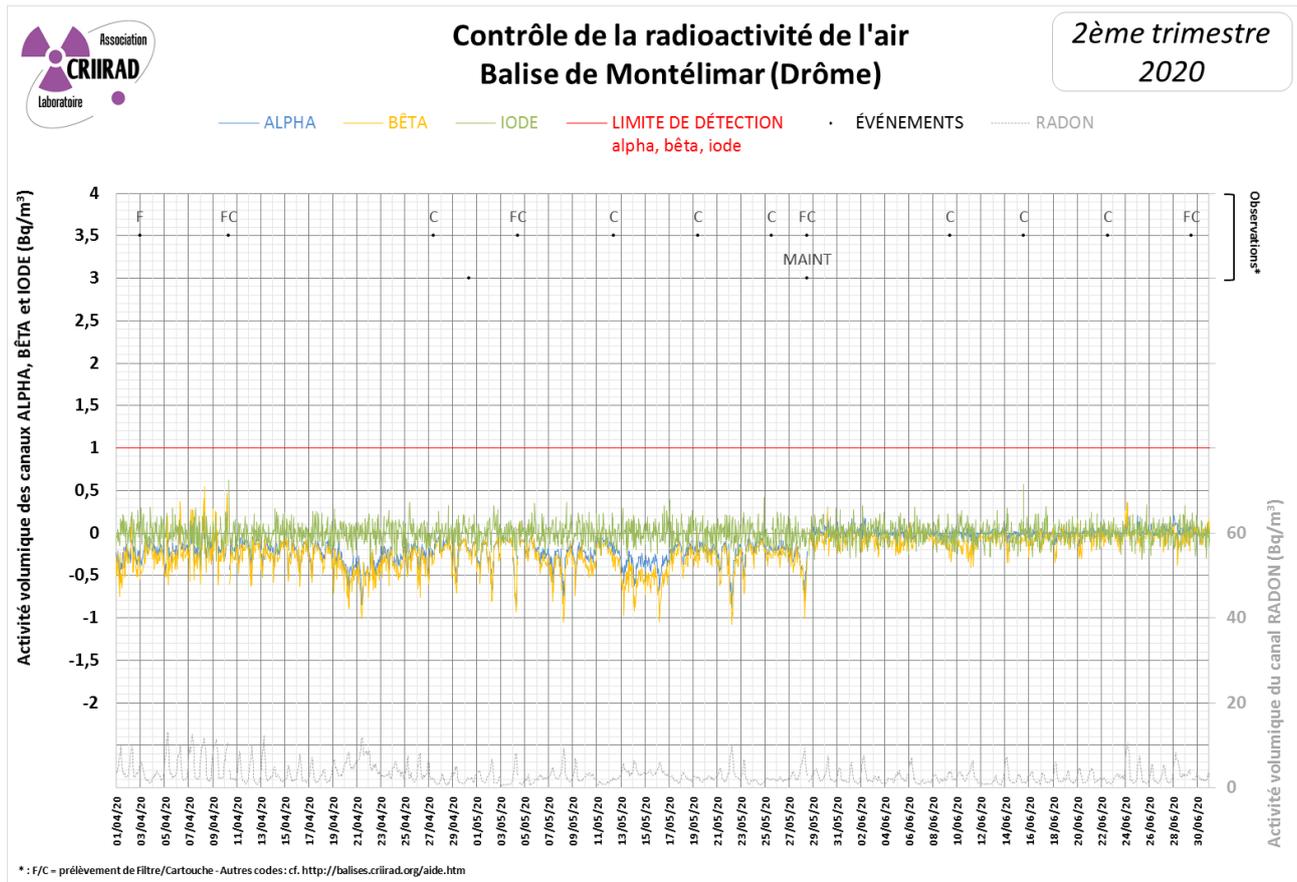
B/ Balise de Romans-sur-Isère



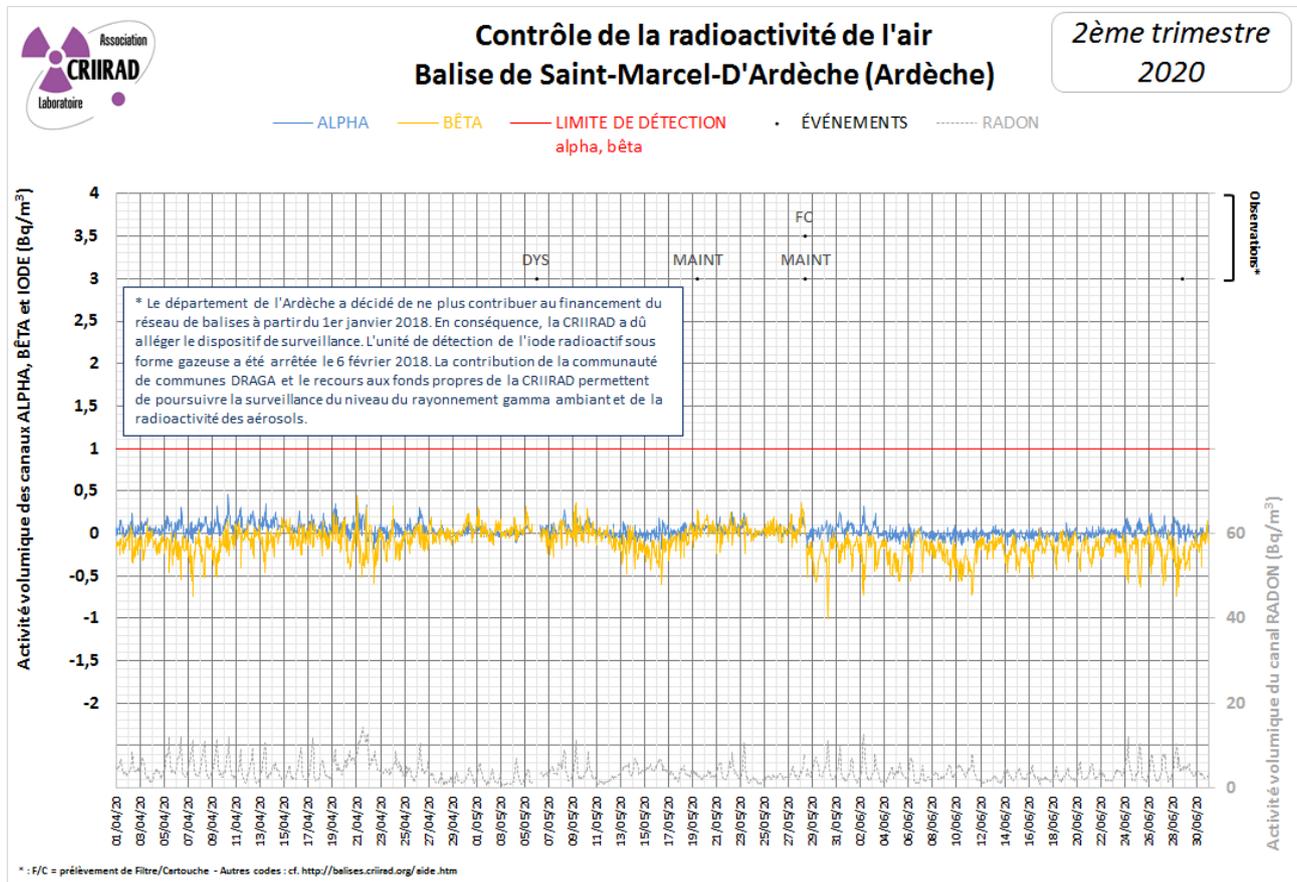
C/ Balise de Valence



D/ Balise de Montélimar



E/ Balise de Saint-Marcel d'Ardèche

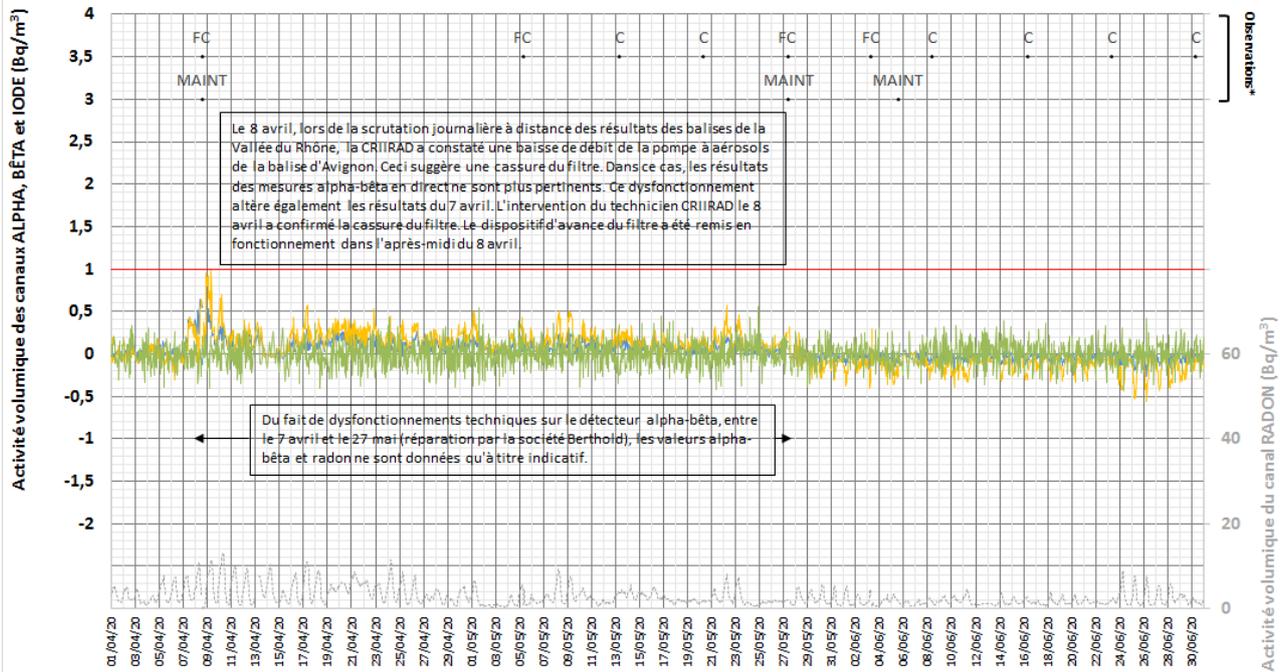




Contrôle de la radioactivité de l'air Balise d'Avignon (Vaucluse)

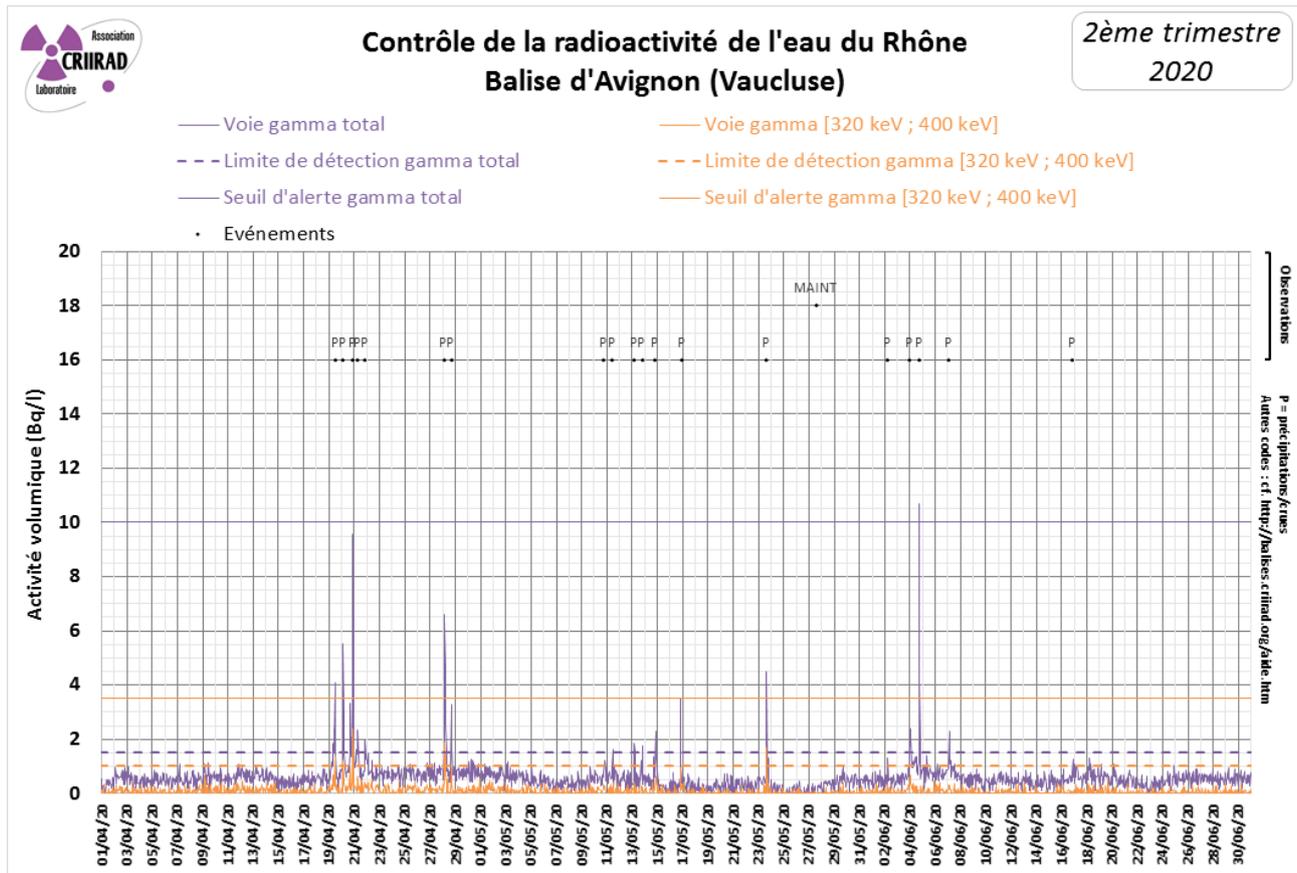
2ème trimestre
2020

— ALPHA — BÊTA — IODE — LIMITE DE DÉTECTION — ÉVÉNEMENTS — RADON
alpha, bêta, iode



* - F/C = prélèvement de Filtre/Cartouche - Autres codes : cf. <http://balises.criirad.org/aide.htm>

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, les 19, 20, 21 et 28 avril, les 11, 13, 14, 16 et 23 mai ainsi que les 4 et 7 juin. Le seuil d'alerte (10 Bq/l) a été dépassé à une reprise au cours du trimestre le 4 juin (activité maximale : 11 Bq/l). 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 19, 20, 21 et 28 avril ainsi que le 23 mai. L'activité maximale a été mesurée le 4 juin (3,3 Bq/l).

La présence accrue de radionucléides naturels lors des épisodes pluvieux ou crues du Rhône engendre des augmentations de la charge en émetteurs gamma.

Le dépassement de seuil d'alerte observé sur la voie de mesure gamma le 4 juin a déclenché l'alarme d'astreinte. Les techniciens ont pu vérifier l'origine naturelle du phénomène (suite à de fortes pluies) : les ratios des activités volumiques « Gamma Total / Gamma [320keV ; 400keV] » ont été de l'ordre de 3,3 lors d'un épisode pluvieux, dans la fourchette de 3 à 4,5 caractéristique d'épisodes orageux. L'expérience montre en effet que le ratio « gamma total / gamma [320 keV ; 400 keV] » est compris entre 3 et 4,5 lors d'un épisode orageux (dépassement ponctuel), et entre 4,5 et 6,3 lors d'un épisode de type crue (dépassement progressif). Ceci est lié à la désintégration des descendants émetteurs gamma du radon.

RESULTATS DES CONTROLES EN DIFFERE AU LABORATOIRE DE LA CRIIRAD

I/ Résultats des analyses de filtres par spectrométrie gamma

Media filtrant	Station	Air échantillonné		Date de prélèvement	Date d'analyse	Césium 137 (microBq/m ³)	Césium 134 (microBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma* (microBq/m ³)
		du	au					
Filtre à aérosols (piégeage des poussières atmosphériques)	Romans	09/03/20 13:08	05/04/20 00:00	05/04/2020	21/04/20	< 7,1	< 6,4	< LD
	Romans	05/04/20 00:05	14/04/20 07:43	14/04/2020	14/04/20	< 6,3	< 5,0	< LD
	Romans	14/04/20 07:54	11/05/20 11:56	11/05/2020	18/05/20	< 9,1	< 7,1	< LD
	Romans	11/05/20 12:04	08/06/20 12:26	08/06/2020	11/06/20	< 9,0	< 7,2	< LD
	Valence	24/03/20 08:38	27/04/20 07:14	27/04/2020	27/04/20	< 4,7	< 4,1	< LD
	Valence	27/04/20 07:29	25/05/20 07:23	25/05/2020	25/05/20	< 10,1	< 8,1	< LD
	Valence	25/05/20 07:35	22/06/20 07:56	22/06/2020	22/06/20	< 10,2	< 8,2	< LD
	Montélimar	03/03/20 10:25	03/04/20 00:00	03/04/2020	20/04/20	< 5,4	< 5,1	< LD
	Montélimar	03/04/20 00:05	10/04/20 07:36	10/04/2020	10/04/20	< 6,4	< 5,3	< LD
	Montélimar	10/04/20 07:53	04/05/20 10:51	04/05/2020	07/05/20	< 9,5	< 7,4	< LD
	Montélimar	04/05/20 11:08	28/05/20 12:46	28/05/2020	01/06/20	< 8,8	< 7,7	< LD
	Avignon	03/03/20 09:40	24/03/20 06:58	24/03/2020	19/05/20	< 16,1	< 13,4	< LD
	Avignon	08/04/20 16:23	05/05/20 06:44	05/05/2020	14/05/20	< 9,7	< 7,9	< LD
Avignon	05/05/20 06:58	03/06/20 07:00	03/06/2020	04/06/20	< 8,3	< 7,0	< LD	

Les résultats sont exprimés en microbecquerels par mètre cube d'air à la date de mesure.⁶

(*) 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.

⁶ Suite aux incendies qui ont affecté en avril les territoires contaminés par la catastrophe de Tchernobyl en 1986, des analyses spécifiques ont porté sur les aérosols déposés sur les filtres de Montélimar et de Romans, prélevés respectivement le 10/04 et le 14/04.

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	31/03/20 07:58	14/04/20 07:43	14/04/2020	17/04/20	< 94	< LD
	Romans	27/04/20 12:40	11/05/20 11:56	11/05/2020	13/05/20	< 87	< LD
	Romans	01/06/20 12:49	08/06/20 12:26	08/06/2020	10/06/20	< 96	< LD
	Valence	20/04/20 07:47	27/04/20 07:14	27/04/2020	27/04/20	< 174	< LD
	Valence	18/05/20 07:25	25/05/20 07:23	25/05/2020	25/05/20	< 152	< LD
	Valence	15/06/20 07:37	22/06/20 07:56	22/06/2020	22/06/20	< 158	< LD
	Montélimar	30/03/20 08:29	10/04/20 07:36	10/04/2020	14/04/20	< 114	< LD
	Montélimar	27/04/20 09:46	04/05/20 10:51	04/05/2020	05/05/20	< 110	< LD
	Montélimar	25/05/20 13:08	28/05/20 12:46	28/05/2020	29/05/20	< 231	< LD
	Avignon	27/05/20 10:58	03/06/20 07:00	03/06/2020	10/06/20	< 195	< 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 03/06/2020.

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	03/06/20 12:00	15/06/20	30 869	< 0,18	< 0,08	< 4,1

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	03/06/2020 12:00	05/06/2020	11/06/2020	2,7 ± 1,1

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 **2,7 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 : QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?*

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

Les atomes qui nous entourent sont composés d'un noyau central autour duquel gravitent des électrons. Lorsque le noyau est instable, pour atteindre un niveau de plus grand équilibre, il se transforme spontanément en émettant des rayonnements très énergétiques.

Ce phénomène est appelé radioactivité.

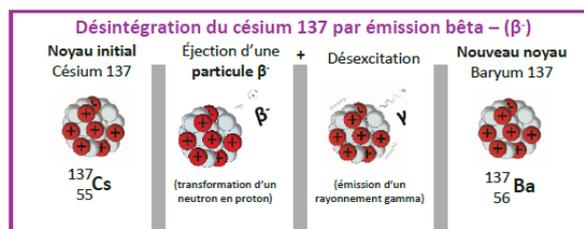
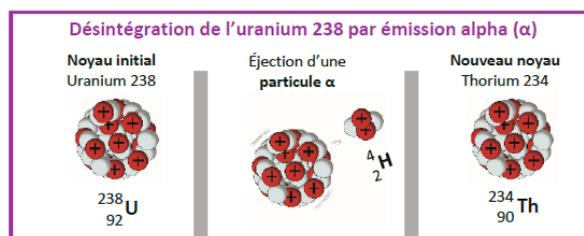
Composition des atomes

Le **noyau** contient la quasi-totalité de la masse de l'atome. Les particules qui le composent sont appelées **nucléons**. On distingue les **protons** qui portent une charge positive et les **neutrons** qui sont électriquement neutres. Protons et neutrons ont une masse quasiment identique. La cohésion du noyau est assurée par les **forces nucléaires** qui s'opposent à la répulsion électrique entre protons.

Les **électrons** ont une masse 1 840 fois inférieure à celle des nucléons. Ils portent une charge négative et « gravitent » selon des orbites précisément définies.

Dans son état normal, l'atome est électriquement neutre car le nombre d'électrons (-) est égal au nombre de protons (+). La **force électromagnétique** assure la cohésion de l'atome (les électrons chargés négativement sont attirés par le noyau de charge positive).

principalement⁷ soit par émission d'une particule alpha (exemple de l'uranium 238 ci-dessous), soit par émission d'une particule bêta⁸ (exemple du césium 137 ci-dessous).



Représentation schématique d'un atome

Le nombre de protons présents dans le noyau détermine la nature de l'élément chimique :

- 1 proton = hydrogène (H) ;
- 2 protons = hélium (He) ;
- 55 protons = césium (Cs) ;
- 92 protons = uranium

Le diamètre de l'atome est de l'ordre de 0,0000001 mm.
Le schéma ci-contre n'est pas à l'échelle : le noyau ne représente que le 1/100 000^{ème} du volume de l'atome (on peut imaginer une bille d'1 cm de diamètre au centre d'un terrain de 1 000 mètres de diamètre)

Légende : ○ e- : électron ● proton ⊕ neutron

Le nouveau noyau formé à l'issue de la désintégration comporte souvent un surcroît d'énergie dont il se débarrasse en émettant des **rayonnements électromagnétiques gamma** (émis par le noyau) ou X (énergie du noyau transmise directement à un électron).

Chimiques ou nucléaires ?

Énergie **nucléaire**, centrales **nucléaires**, radionucléides... les réactions **nucléaires** intéressent le **noyau** des atomes : fission d'un noyau en 2 fragments, ou au contraire fusion de 2 noyaux en un seul, modification de la composition du noyau par transformation d'un neutron en proton (ou inversement), etc...

A contrario, les réactions chimiques ne concernent que le cortège électronique, les liaisons entre atomes au niveau des électrons les plus périphériques. Alors qu'il n'existe qu'un nombre limité d'éléments et de nucléides, on trouve des millions de molécules différentes, des plus simples, comme la molécule d'eau composée de 2 atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O), aux plus complexes comme la

$\begin{matrix} A \\ X \\ Z \end{matrix}$	X : symbole de l'élément (H = hydrogène). Z : nombre de protons = numéro atomique A : nombre de nucléons = nombre de masse Exemple : l'uranium 238 (238 nucléons, 92 protons et 146 neutrons.)	$\begin{matrix} 238 \\ U \\ 92 \end{matrix}$
---	---	--

Les atomes qui ont le même nombre de protons mais qui diffèrent par le nombre de neutrons sont dits **isotopes** (ils occupent la même place dans le tableau de Mendeleïev).

Désintégrations alpha, bêta

La transformation des atomes instables (ou radioactifs) est appelée désintégration. Elle peut se faire

⁷ Il s'agit des modes de désintégration les plus courants mais il en existe d'autres.

⁸ Il s'agit le plus souvent d'une émission d'électrons (particule β⁻) mais certaines substances radioactives se désintègrent par émission d'une particule d'antimatière, le positon (particule β⁺).

molécule d'ADN qui contient toute l'identité génétique d'une personne et est formée de milliards d'atomes.

Les énergies mises en jeu au cours des réactions nucléaires sont considérablement supérieures à celles qui concernent les réactions chimiques (souvent de l'ordre d'1 million de fois supérieures ou plus).

Les principaux rayonnements ionisants

Les désintégrations d'atomes radioactifs s'accompagnent de l'émission de rayonnements **ionisants**, c'est-à-dire suffisamment énergétiques pour produire des **ions** (atomes ou molécules chargés électriquement), en ajoutant ou en enlevant des électrons lors de leur passage à travers la matière.

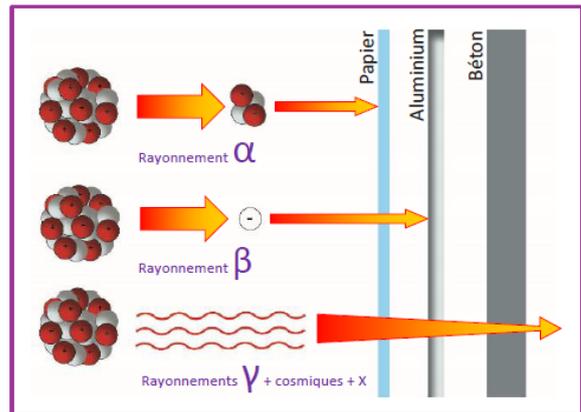
Les effets de ces rayonnements (radiations) sur les êtres vivants dépendent de la manière dont ils déposent leur énergie dans les tissus (la dose).

Une particule **alpha (α)** est un noyau d'hélium. Lourde et dotée de deux charges électriques, elle sera vite arrêtée, par quelques centimètres d'air et quelques centièmes de millimètres d'eau.

Une particule **bêta moins (β⁻)** est un électron. 7 800 fois plus légère que la particule alpha, et dotée d'une seule charge électrique, elle interagit moins avec la matière qu'elle traverse et peut de ce fait aller plus loin (quelques mètres dans l'air, quelques millimètres voire quelques centimètres dans l'eau).

Un rayonnement **gamma (γ)** est un rayonnement électromagnétique. Il n'a ni masse ni charge électrique. Il est de même nature que la lumière mais de 10 000 à plusieurs millions de fois plus énergétique.

La capacité des différents types de rayonnements à traverser la matière est illustrée par le schéma ci-dessous. Une particule alpha est totalement arrêtée par une feuille de papier. Une particule bêta peut traverser une feuille de papier mais est arrêtée par une feuille d'aluminium suffisamment épaisse. Un rayonnement gamma suffisamment énergétique pourra traverser même du béton.



La notion de période physique

Les atomes radioactifs se désintègrent plus ou moins rapidement. On appelle période radioactive, période physique ou demi-vie, le temps au bout duquel la moitié des atomes s'est désintégrée. Cette notion est illustrée dans l'encadré ci-dessous.

L'évolution dans le temps

La période radioactive d'un radionucléide est le temps au bout duquel la moitié des atomes initialement présents s'est désintégrée.

Cette durée est très différente selon les radionucléides :

- 8 jours pour l'iode 131 ;
- 30 ans pour le césium 137 ;
- 1 600 ans pour le radium 226 ;
- 24 000 ans pour le plutonium 239 ;
- 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238.

La constante radioactive λ est la probabilité qu'à chaque noyau instable de se désintégrer pendant un intervalle de temps de 1 seconde. Elle est caractéristique de chaque radionucléide. Plus la probabilité est élevée, plus l'activité spécifique est élevée et plus la période radioactive est courte.

Exemple : 1 noyau de radium 226 a, à chaque seconde, une chance sur un milliard de se désintégrer. Si l'on considère un grand nombre d'atomes de radium 226, il faut 1 600 ans pour que la moitié des atomes présents se soit désintégrée. L'activité spécifique d'1 gramme de radium 226 = 37 000 000 000 Bq



Attention il est souvent écrit que la radioactivité disparaît au bout de **10 périodes**. En réalité, elle est seulement divisée par 1 000 (1 024). Tout dépend donc de l'activité initiale.

	Radioactivité initiale	Après 1 période	Après 2 périodes	Après 3 périodes
	64 Bq	32 Bq	16 Bq	8 Bq
Iode 131	-	8 jours	16 jours	24 jours
Césium 137	-	30 ans	60 ans	90 ans
Radium 226	-	1 600 ans	3 200 ans	4 800 ans

ANNEXE : INTERPRETATION DES GRAPHIQUES PRESENTANT LES RESULTATS DU RESEAU DE BALISES DE LA CRIIRAD

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

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

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

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

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

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

CODIFICATION DES EVENEMENTS SURVENANT AUX BALISES	
<i>Tableau C/ Résultats de mesure sortant de l'ordinaire</i>	
RN	Dépassement(s) alpha et (ou) bêta direct (balises atmosphériques) lié(s) à un pic d'activité volumique en radon
P	Pic d'activité volumique (balise aquatique d'Avignon) ou pic de débit de dose gamma 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



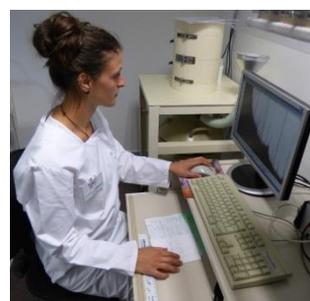
RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES

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.