

SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE **BALISES D'AVIGNON**

Rapport N°11-64

**RAPPORT MENSUEL
AVRIL 2011**



Tricastin - CNPE EDF et tours de refroidissement d'EURODIF

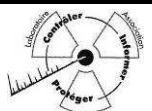


Rhône en amont du barrage de Villeneuve-lès-Avignon

Balises de contrôle en continu financées par la Mairie d'Avignon



Document réalisé par le laboratoire de la CRIIRAD



LABORATOIRE DE LA CRIIRAD
471, avenue Victor HUGO – 26000 VALENCE

☎ 04 75 41 82 50
📠 04 75 81 26 48

<http://www.criirad.org>
balises@criirad.org

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
SYNTHESE - AIR	3
SYNTHESE - EAU	4
BALISE ATMOSPHERIQUE	5
1 RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE	5
1.1 PRESENTATION	5
1.1.1 AEROSOLS	6
1.1.2 IODE GAZEUX	6
1.2 RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	7
1.2.1 GRAPHES	7
1.2.2 COMMENTAIRES	7
1.3 RESULTATS DES CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA	8
1.3.1 TABLEAU	8
1.3.2 COMMENTAIRES	8
2. RADIOACTIVITE NATURELLE	11
1.4 QU'EST-CE QUE LE RADON ?	11
1.5 RADON : RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	11
1.5.1 GRAPHE	11
1.5.2 TABLEAU DE SYNTHESE	12
1.5.3 COMMENTAIRES	12
BALISE AQUATIQUE	13
1 PRESENTATION	13
1.1 POURQUOI ANALYSER L'EAU ?	13
1.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE	13
1.3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA	13
1.4 INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES	14
2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	15
2.1 GRAPHES	15
2.2 COMMENTAIRES	16
ANNEXE 1 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE	18
ANNEXE 2 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE AQUATIQUE	19
LABORATOIRE CRIIRAD	21

***Avertissement** : toutes les valeurs horaires sont exprimées en heures T.U. (temps universel).
Pour obtenir l'heure locale, il faut ajouter 2 heures en horaire d'été, et 1 heure en horaire d'hiver.*

SYNTHESE - AIR

1) ASPECTS TECHNIQUES

Suite à des orages le 25 avril, une panne de secteur ponctuelle a entraîné l'arrêt des communications entre la balise et la centrale de gestion. Dans le cadre d'une intervention spécifique, les services de la Ville ont rétabli la communication le 26 avril à 8h TU. La balise a fonctionné pendant la totalité de la période d'arrêt des communications, mais du fait de l'intervention, aucune valeur n'a été mesurée le 26 avril entre 8h et 10h TU.

Compte tenu de ces événements, le taux de fonctionnement de la balise a été de 99,9%¹. Celui de l'astreinte a été de 98%.

2) RESULTATS DES CONTRÔLES

CONTRÔLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

La contamination provoquée par les rejets de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi n'a pas été détectée par la balise pendant le mois. L'activité volumique de l'air est restée de l'ordre de 100 fois inférieure aux limites de détection des mesures directes.

Voie alpha direct : aucun dépassement de la limite de détection de 1 Bq/m³.

Voie bêta direct : aucun dépassement de la limite de détection de 1 Bq/m³.

Voie bêta retardé (temps t + 5j et 10h) : aucun dépassement de la limite de détection de 0,01 Bq/m³.

Voie iode : aucun dépassement de la limite de détection de 1 Bq/m³.

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

L'analyse des filtres de la dernière semaine de mars avait permis d'évaluer l'impact des rejets radioactifs de la centrale de Fukushima Daiichi, et notamment la présence d'iode 131 sous forme particulaire et surtout gazeuse. En avril, afin de suivre l'évolution de la contamination, les prélèvements ont été effectués de façon hebdomadaire.

L'iode 131 est resté le radionucléide prépondérant.

Grâce aux analyses de filtres à aérosols qui retiennent l'iode 131 particulaire et de cartouches à charbon actif qui piègent l'iode 131 gazeux, il a été possible de déterminer **l'activité totale de ce radionucléide** (environ 20% d'iode 131 particulaire et 80% d'iode gazeux).

Le pic de la contamination de l'air a été mesuré durant la semaine du 1^{er} au 7 avril avec une activité volumique moyenne de 3 mBq/m³. L'iode 131 a encore été détecté les 2 semaines suivantes avec une baisse régulière de l'activité (environ 1,5 mBq/m³ entre le 7 et le 14 avril, puis 0,6 mBq/m³ entre le 14 et le 21 avril). L'activité de ce radionucléide n'était plus mesurable dans les prélèvements du 21 au 28 avril.

Des traces de **césium 137** et de **césium 134** ont également été détectées dans les prélèvements d'aérosols du 1^{er} au 7 avril et du 7 au 14 avril. Les activités mesurées sont nettement inférieures à celles de l'iode 131 (de l'ordre de 0,03 à 0,06 mBq/m³).

La CRIIRAD a confirmé ses conclusions sur l'absence de précaution à prendre vis-à-vis de l'exposition externe et de l'inhalation de radionucléides et maintenu ses conseils vis-à-vis des aliments à risque, en particulier pour les jeunes enfants.

¹ Hormis les prélèvements hebdomadaires pour lesquels les pompes de la balise sont arrêtées pendant 5 à 15 minutes.

SYNTHESE - EAU**1) ASPECTS TECHNIQUES**

Pendant le mois :

- aucun problème technique n'a été rencontré,
- le taux de fonctionnement a été de 100%.

2) RESULTATS DES CONTRÔLES

Aucune contamination n'a été détectée pendant le mois.

CONTRÔLES AUTOMATIQUES EN CONTINU**Voie gamma total**

La limite de détection (1,5 Bq/l) et le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) ont été dépassés à plusieurs reprises au cours du mois les 25, 27 et 28 avril. L'activité volumique maximale, mesurée le 28 avril, a été de 51 Bq/l.

Voie iode 131

La limite de détection (1 Bq/l) et le premier seuil d'alerte (3,5 Bq/l) ont été dépassés à deux reprises au cours du mois les 25 et 28 avril. L'activité volumique maximale, mesurée le 28 avril, a été de 15 Bq/l.

Les dépassements mesurés lors des contrôles en continu sont liés en partie à la variation de la charge et du débit du Rhône (lors de fortes pluies ou de crues) pour les dépassements des 25 et 28 avril. Le dépassement très ponctuel observé sur la voie gamma total le 27 avril est probablement lié à un artefact de mesure.

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA**Analyses en laboratoire d'un échantillon d'eau du Rhône**

Les échantillons prélevés par la balise lors des dépassements des seuils d'alerte des 27 et 28 avril ont été analysés en laboratoire par spectrométrie gamma par précaution.

Aucun radionucléide émetteur gamma n'a été détecté.

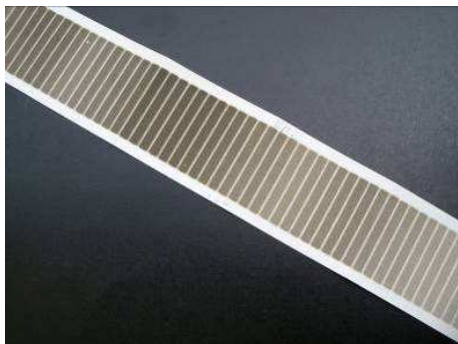
	EMETTEUR	APPROBATION
Nom	J. MOTTE	C. CASTANIER
Date	20/07/2011	22/07/2011
Signature		

BALISE ATMOSPHERIQUE

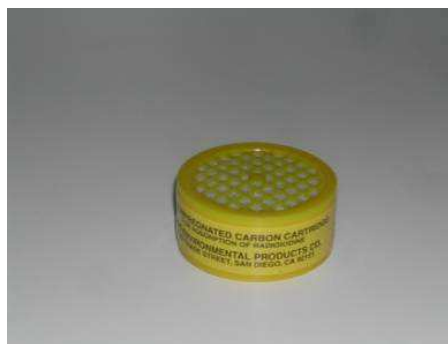
1 RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE

1.1 Présentation

La balise atmosphérique est constituée d'un dispositif qui aspire l'air à contrôler par un système de pompes et le fait circuler dans plusieurs modules de piégeage. **Un filtre papier** retient les aérosols pour un contrôle automatique continu de l'activité des radionucléides émetteurs alpha et bêta. **Une cartouche à charbon actif** (remplacée chaque semaine par un technicien du service environnement hygiène santé de la ville d'Avignon) piège les gaz, ce qui permet un contrôle automatique continu de l'activité de l'iode 131 gazeux.



Filtre papier (aérosols)



Cartouche à charbon actif (gaz)

Les filtres et les cartouches peuvent être prélevés et soumis à des analyses complémentaires par spectrométrie gamma au laboratoire² CRIIRAD afin d'identifier et de quantifier précisément la nature et l'activité de chacun des radioéléments émetteurs gamma. En situation normale, l'intégralité du filtre est analysée tous les deux mois et l'une des cartouches hebdomadaires est analysée chaque trimestre. Ces contrôles peuvent également être réalisés sans délai en cas de détection de contamination par la balise.



Analyse par spectrométrie gamma

² Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'Autorité de Sécurité Nucléaire pour le dosage des émetteurs gamma dans les matrices biologiques et les matrices gaz, ainsi que pour le dosage des gaz halogénés.

1.1.1 Aérosols

Hors situation accidentelle, la radioactivité artificielle de l'air est due principalement :

- au reliquat des radionucléides dispersés par les essais nucléaires effectués dans l'atmosphère principalement dans les années 50/60,
- à la remise en suspension des retombées de Tchernobyl (1986),
- aux installations nucléaires (dont les centrales) qui, en fonctionnement normal, rejettent des éléments radioactifs dans l'atmosphère.

Selon leur mode de désintégration, ces radionucléides sont émetteurs bêta ou, dans une plus faible proportion, émetteurs alpha. Dans de nombreux cas, la désintégration s'accompagne de l'émission de rayonnements gamma.

La balise mesure en continu l'activité volumique globale des émetteurs alpha et bêta contenus dans les aérosols. Afin que la surveillance de la contamination artificielle ne soit pas perturbée par les fluctuations des niveaux de radon, gaz radioactif émanant du sol et naturellement présent dans l'atmosphère, le détecteur comptabilise séparément la radioactivité naturelle. De plus, l'activité des radionucléides émetteurs bêta est mesurée une seconde fois, 5 jours (et 10 heures) après la mesure directe de manière à affiner les résultats. En effet, le « bruit de fond » des mesures effectuées en différé est nettement plus bas que celui des mesures directes du fait de la quasi-disparition des descendants à vie courte du radon.

La limite de détection des mesures directes (alpha et bêta) est de 1 Bq/m³ ; la limite de détection des mesures retardées (bêta) est de 0,01 Bq/m³.

Lors de l'**analyse du filtre bimestriel** par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD, la **limite de détection** est typiquement **inférieure à 0,005 mBq/m³ pour le césium 137** (pour un comptage d'environ 50 000 secondes).

1.1.2 Iode gazeux

En cas d'incident, de nombreux produits de fission volatils peuvent être rejetés de façon massive dans l'air extérieur. L'expérience montre que l'une de celles qui a l'impact sanitaire le plus important est l'iode 131, un radionucléide émetteur de rayonnements bêta et gamma dont la période physique est de 8 jours.

Afin de mesurer en continu l'activité volumique de l'air en iode 131 gazeux (forme généralement prépondérante), la balise possède un dispositif de piégeage des gaz : une cartouche à charbon actif. Un détecteur spécifique est placé en vis-à-vis. Il s'agit d'un détecteur gamma dont la fenêtre de mesure (291-437 keV) est centrée sur le principal pic de l'iode 131 (364,5 keV). Afin de garantir les capacités de piégeage du dispositif, les cartouches à charbon actif sont prélevées et remplacées toutes les semaines. Chaque mois, l'une des cartouches fait l'objet d'une analyse de contrôle en laboratoire.

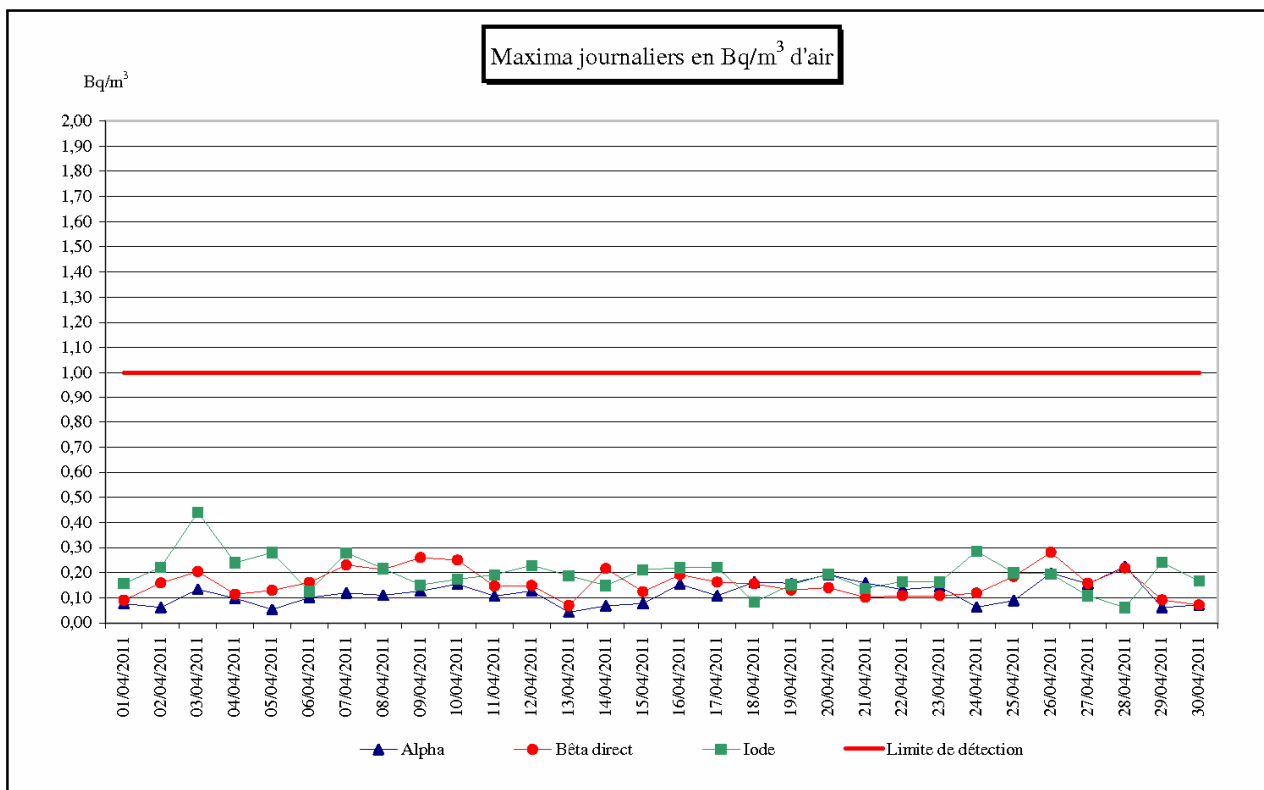
La limite de détection des mesures en direct de l'activité de l'iode 131 est de 1 Bq/m³.

L'analyse des cartouches à charbon actif par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD permet d'atteindre, typiquement, une **limite de détection inférieure à 0,1 mBq/m³** (pour l'iode 131 et pour un comptage d'environ 50 000 secondes).

1.2 Résultats des contrôles automatiques en continu

1.2.1 Graphes

Mesures directes (alpha-bêta-iode)



1.2.2 Commentaires

Alpha, bêta direct, iode 131

Toutes les valeurs sont restées inférieures à la limite de détection (1 Bq/m³).

Bêta retardé³

Compte tenu de la fréquence hebdomadaire du prélèvement des filtres durant le mois d'avril, aucune mesure n'est présentée ce mois-ci (cf. note 3).

³ Les mesures « bêta retardé » ne sont pas effectuées pendant les 5j 10h suivant un prélèvement de filtre. Dans le graphe ci-dessus, les résultats « bêta retardé » réalisés à « t + 5j10h » sont représentés à « t » afin d'être comparés aux résultats « bêta direct » correspondants.

1.3 Résultats des contrôles différés par spectrométrie gamma

1.3.1 Tableau

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses par spectrométrie gamma pour les 3 radionucléides artificiels caractéristiques des rejets de Fukushima Daiichi : le césium 137, le césium 134 et l'iode 131 (radioactivité artificielle). Aucun autre radionucléide artificiel émetteur gamma n'a été détecté. Est également indiquée l'activité du béryllium 7, un radionucléide naturel qui se forme dans les couches de la haute atmosphère et se dépose de manière assez homogène sur le sol.

L'activité mesurée est exprimée en millibecquerels par mètre cube (mBq/m^3) et suivie de la marge d'incertitude (précédée du signe +/-). Lorsque le radionucléide n'a pas été détecté, est indiquée la limite de détection (précédée du signe <).

Support	Dépôt		Date de prélèvement	N° analyse	Date d'analyse	Cs 137 (mBq/m^3)	Cs 134 (mBq/m^3)	Be 7 (mBq/m^3)	I 131 (mBq/m^3)
	du	au							
Filtre	01/04/11 09:12	07/04/11 07:07	07/04/11	25 849	09/04/11	$0,061 \pm 0,026$	$0,040 \pm 0,021$	$4,9 \pm 0,8$	$0,37 \pm 0,07$
Cartouche	01/04/11 09:12	07/04/11 07:07	07/04/11	25 847	09/04/11	< 0,142	< 0,143	< 1,2	$2,59 \pm 0,71$
Filtre	07/04/11 07:27	14/04/11 09:03	14/04/11	25 881	15/04/11	$0,033 \pm 0,026$	$0,031 \pm 0,022$	$6,0 \pm 0,9$	$0,16 \pm 0,05$
Cartouche	07/04/11 07:27	14/04/11 09:03	14/04/11	25 883	16/04/11	< 0,065	< 0,050	< 0,5	$1,30 \pm 0,31$
Filtre	14/04/11 09:17	21/04/11 07:01	21/04/11	25 904	22/04/11	< 0,012	< 0,010	$6,4 \pm 0,9$	$0,11 \pm 0,03$
Cartouche	14/04/11 09:17	21/04/11 07:01	21/04/11	25 905	23/04/11	< 0,053	< 0,042	< 0,3	$0,50 \pm 0,16$
Filtre	21/04/11 07:07	28/04/11 06:42	28/04/11	25 927	29/04/11	< 0,012	< 0,010	$4,9 \pm 0,7$	< 0,02
Cartouche	21/04/11 07:07	28/04/11 06:42	28/04/11	25 929	30/04/11	< 0,060	< 0,044	< 0,4	< 0,08

1.3.2 Commentaires

Dans le cadre du suivi de l'impact des rejets de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi par le laboratoire de la CRIIRAD, les analyses des filtres et des cartouches ont montré que **l'iode 131 était le radionucléide prépondérant**. Il était présent sous forme particulaire (piégé par le filtre papier qui retient les aérosols) et sous forme gazeuse (piégé par la cartouche à charbon actif). **Dans l'air d'Avignon, l'iode sous forme gazeuse a représenté en moyenne 82% de l'iode total** : de 70% (prélèvement de fin mars) à 89% (prélèvement du 7 au 14 avril).

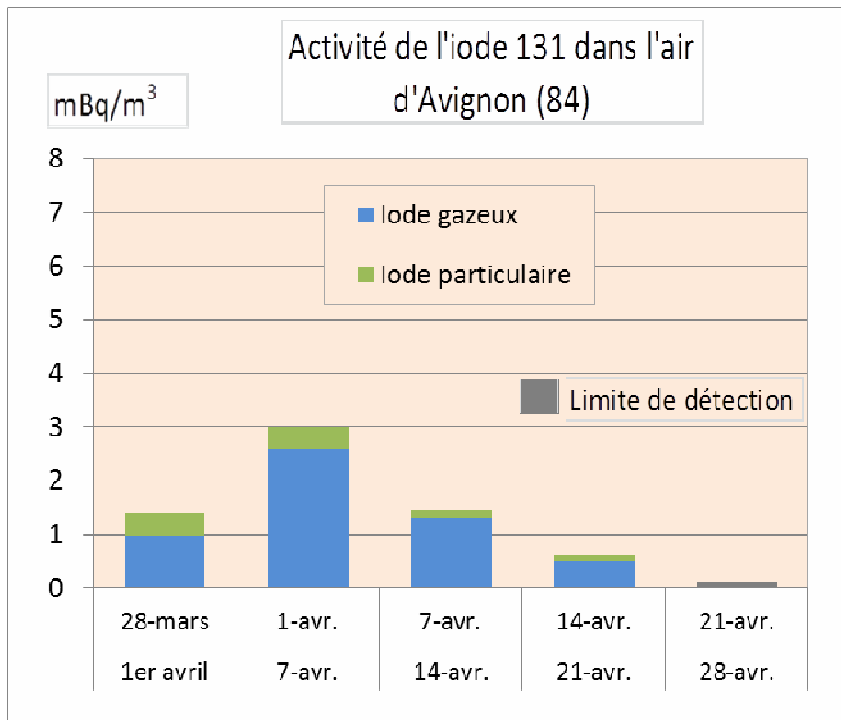
Le niveau maximal d'iode 131 a été mesuré entre le 1^{er} et le 7 avril : moyenne de **3 mBq/m^3** . L'activité de l'iode 131 a ensuite régulièrement diminué : $1,5 \text{ mBq/m}^3$ du 7 au 14 avril ; de l'ordre de $0,6 \text{ mBq/m}^3$ entre le 14 et le 21 avril et n'était plus détectée dans le prélèvement d'air du 21 au 28 avril.

Les analyses des filtres correspondant aux dépôts de poussières du 1^{er} au 7 avril et du 7 au 14 ont révélé des traces de **césium 137 et 134**, à des activités inférieures de l'ordre de 5 à 10 fois à celles de l'iode 131 particulaire. Rapportées à l'activité de l'iode 131 total, l'activité du césium 137 est de l'ordre de 40 à 50 fois inférieure. Il faut cependant souligner que les résultats d'analyse sont assortis de marges d'incertitude élevées.

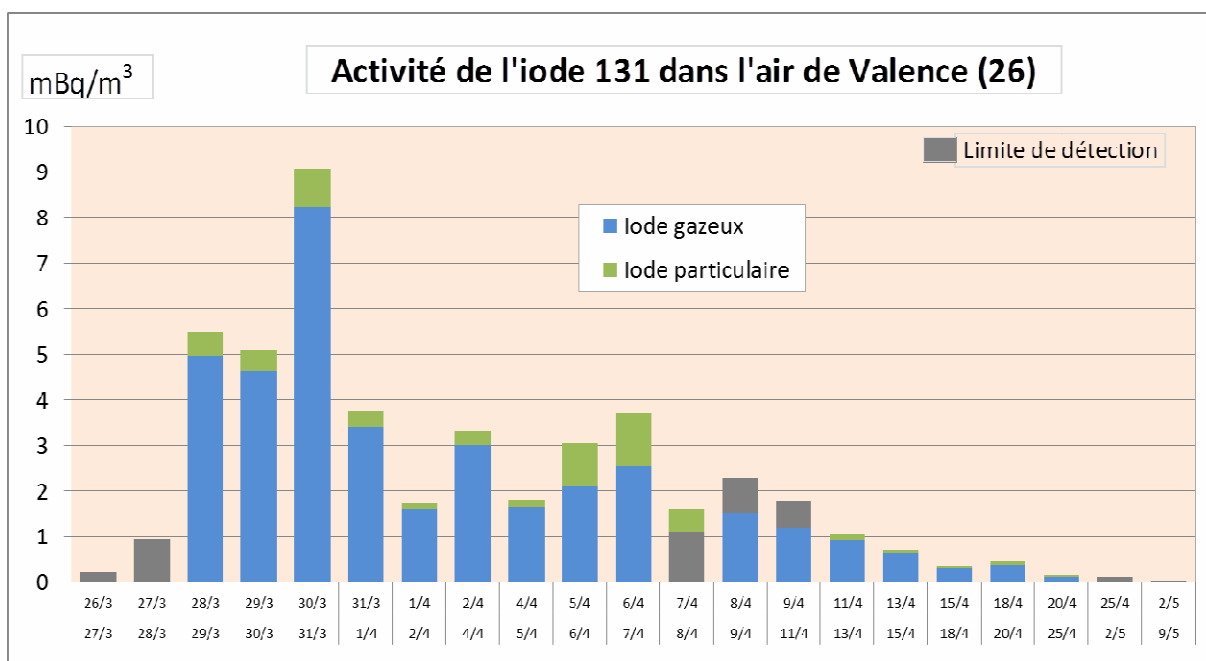
Afin de déterminer l'activité moyenne des césiums 137 et 134 durant la période de contamination maximale de l'air et réduire les marges d'incertitude, l'ensemble des filtres correspondant au dépôt des aérosols entre le **28 mars et le 28 avril** a été analysé en comptage long. L'analyse a confirmé durant cette période la présence des 2 césiums à des activités moyennes de l'ordre de **0,02 mBq/m³** (voir tableau ci-dessous).

Support	Dépôt		N° analyse	Date d'analyse	Cs 137 (mBq/m ³)	Cs 134 (mBq/m ³)
	du	au				
Filtre	28/03/11 10:57	28/04/11 06:42	26 108	27/05/11	0,021 ± 0,009	0,023 ± 0,008

Les résultats des analyses de filtres et de cartouches prélevés sur la balise d'Avignon sont représentés dans le graphique ci-après. L'activité réelle de l'iode 131 dans l'air est la somme de l'activité de l'iode gazeux piégé par la cartouche (barres bleues) et de l'iode particulaire déposé sur le filtre papier (barres vertes). Les résultats sont des valeurs moyennes sur la période de prélèvement correspondante. La contamination était maximale sur la première semaine du mois d'avril. Elle n'est plus détectable sur les prélèvements postérieurs au 21 avril.



Le suivi effectué sur les dispositifs filtrants de la balise de Valence (implantée dans le même immeuble que le laboratoire de la CRIIRAD) a permis de rendre compte des fluctuations quotidiennes des niveaux de contamination, faisant apparaître un premier pic fin mars, puis une légère remontée de l'activité de l'iode 131 dans l'air autour du 6 avril. Après le 25 avril, elle n'était plus détectable.



2. RADIOACTIVITE NATURELLE

1.4 Qu'est-ce que le radon ?

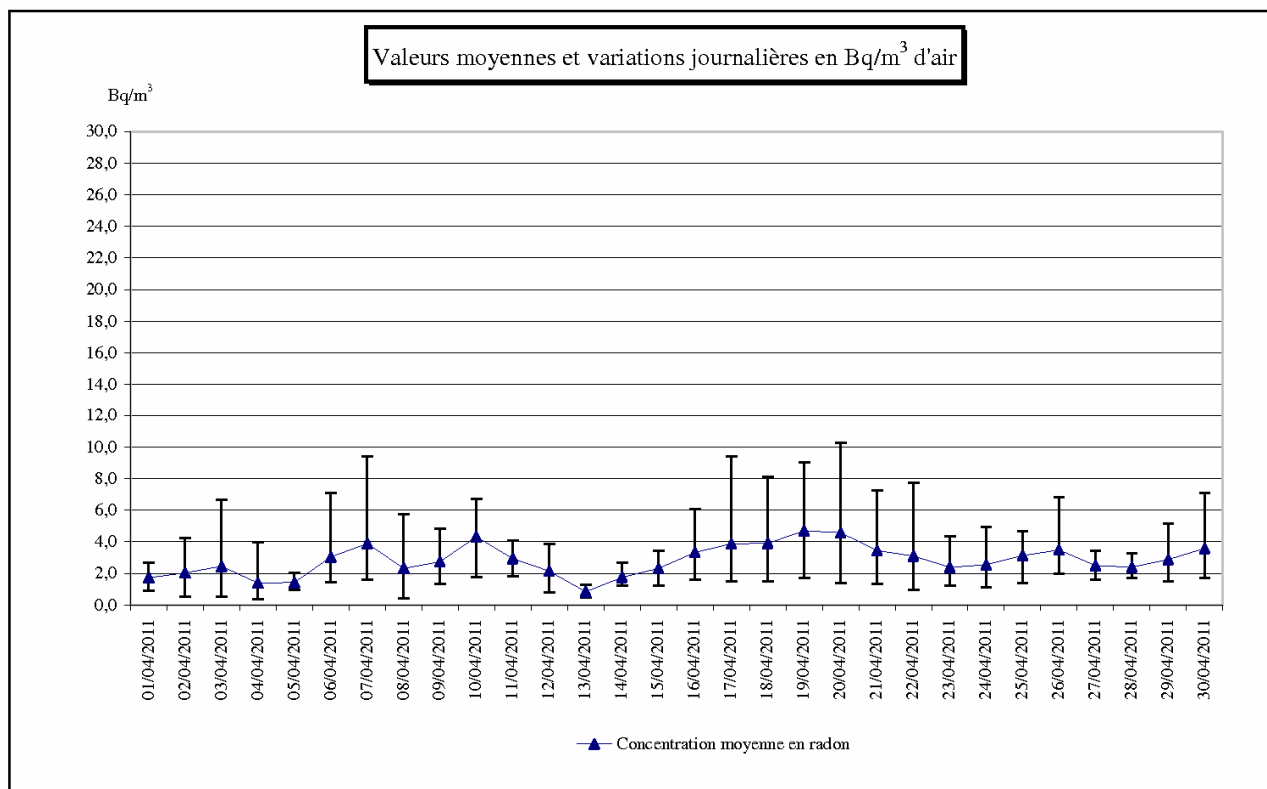
Le radon est un gaz radioactif naturel descendant de l'uranium 238 (pour le radon 222) et du thorium 232 (pour le radon 220) contenus dans le sol. La concentration du radon 222 dans l'atmosphère varie en fonction de différents paramètres :

- la teneur du sol en uranium 238 (radon 222) et thorium 232 (radon 220), très variable selon la nature du sol (plus importante par exemple dans les régions granitiques que dans les régions calcaires),
- la porosité du sol (qui favorise ou limite l'émanation du radon),
- les conditions météorologiques qui influent à la fois sur l'émission du radon et sur sa dispersion (vent, pression, température, pluie, ...).

Elle varie généralement de quelques becquerels à quelques dizaines de becquerels par mètre cube d'air, pour un climat tempéré continental. Il existe quelques exceptions, comme les secteurs d'extraction d'uranium où les teneurs en radon dans l'air ambiant peuvent être de plusieurs centaines de becquerels par mètre cube, voire au-delà.

1.5 Radon : résultats des contrôles automatiques en continu

1.5.1 Grappe⁴



⁴ Ce graphe présente pour chaque jour l'activité volumique horaire maximale, l'activité volumique horaire minimale et la moyenne journalière des activités volumiques horaires.

1.5.2 Tableau de synthèse

Valeur horaire maximum relevée le 20/04/2011 à 08h00	10,3 Bq/m ³
Valeur horaire minimum relevée le 04/04/2011 à 16h00	0,4 Bq/m ³
Ecart le plus important le 20/04/2011	Ecart de 8,9 Bq/m ³
Ecart le plus faible le 13/04/2011	Ecart de 0,8 Bq/m ³
Moyenne mensuelle	2,8 Bq/m³

1.5.3 Commentaires

Aucune anomalie particulière n'a été mesurée. Les concentrations en radon sont normales pour la vallée du Rhône et la saison.

Les données mensuelles peuvent être comparées au tableau ci-dessous qui synthétise les résultats de l'année 2010 pour la balise atmosphérique d'Avignon.

AVIGNON	Minima	Moyennes	Maxima
janv-10	0,4	5,6	17,5
févr-10	0,3	3,6	12,6
mars-10	0,3	2,6	9,7
avr-10	0,4	3,3	10,2
mai-10	0,4	2,4	9,1
juin-10	0,4	2,9	13,5
juil-10	0,3	3,3	11,3
août-10	0,7	3,3	11,6
sept-10	0,5	3,6	13,8
oct-10	0,5	4,5	14,2
nov-10	0,4	3,6	12,1
déc-10	0,6	4,0	12,9
2010	0,3	3,6	17,5

Activités volumiques du canal « radon » mesurées en 2010 (résultats en Bq/m³)

BALISE AQUATIQUE

1 PRESENTATION

1.1 Pourquoi analyser l'eau ?

Les nombreuses installations nucléaires de la vallée du Rhône rejettent de manière chronique des substances radioactives dans le milieu aquatique. Compte tenu des facteurs de dilution et de l'éloignement des différentes installations, il est difficile d'effectuer, à partir d'un seul point de mesure, un suivi des rejets liquides courants. Toutefois, il est primordial de disposer d'une balise qui mesure de manière continue la radioactivité du fleuve en aval des principales installations afin de détecter, en cas d'incident, une augmentation de ces rejets dans le Rhône.



Local dans lequel est installée la balise aquatique

1.2 Principe de fonctionnement de la balise

La balise aquatique est constituée d'un dispositif qui prélève en permanence l'eau du Rhône grâce à un dispositif de pompage et la fait transiter dans une cuve de comptage équipée d'un spectromètre gamma dont l'électronique comporte deux voies de comptage :

- une première voie (gamma total) prend en compte les rayonnements gamma détectés dans l'eau de la cuve sur une gamme de 100 et 2 000 keV en énergie. Cette mesure permet de suivre en continu l'évolution de la radioactivité globale de l'eau. Cette mesure globale ne permet toutefois pas d'identifier les radionucléides à l'origine du rayonnement ;
- la deuxième voie de mesure (iode 131) est centrée autour de l'énergie gamma de l'iode 131 (364 keV). L'iode 131 est l'un des radionucléides émetteurs gamma dont les rejets pourraient être très significatifs en cas d'incident sur une centrale électronucléaire.

1.3 Contrôles différés par spectrométrie gamma

L'eau du Rhône peut être prélevée et soumise à des analyses complémentaires par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD. Ces analyses permettent d'identifier et de doser les radionucléides émetteurs gamma, et notamment les descendants du radon 222.

En situation courante, un échantillon d'eau du Rhône est prélevé par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon en amont du Pont Saint-Bénézet sur l'ancien site de la capitainerie à

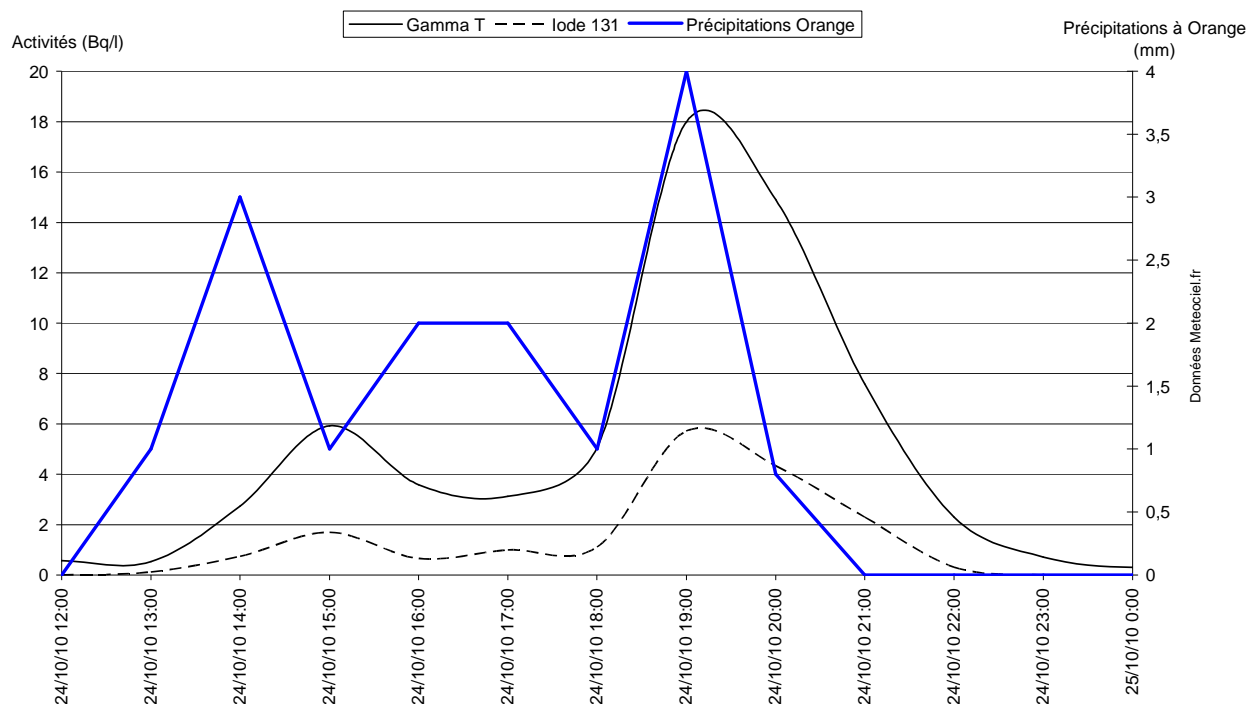
Avignon et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de détection de contamination par la balise, grâce au service d'astreinte permanent du service hygiène santé de la mairie d'Avignon et du laboratoire CRIIRAD.

1.4 Influence des conditions climatiques

Les activités volumiques détectées par la voie « gamma total » et, dans une moindre mesure, par la voie « iode 131 », sont influencées par les conditions climatiques. En effet, lors des épisodes de pluie, le radon 222 naturellement présent dans l'air et le sol du bassin versant du Rhône est lessivé vers le fleuve. La présence des descendants du radon émetteurs gamma dans l'eau du Rhône entraîne une augmentation des valeurs mesurées par la balise. Selon l'intensité de l'épisode pluvieux, cette augmentation peut induire un dépassement du seuil détection (1,5 Bq/l pour la voie gamma total et 1 Bq/l pour la voie iode 131), du **seuil d'alerte de niveau 1** (10 Bq/l pour la voie gamma total et 3,5 Bq/l pour la voie iode 131) voire, exceptionnellement, du **seuil d'alerte de niveau 2** (30 Bq/l pour la voie gamma total et 10 Bq/l pour la voie iode 131).

En cas de dépassement de seuil, l'étude du ratio entre les activités volumiques des deux voies de mesure permet de vérifier que l'augmentation est bien due aux conditions climatiques⁵.

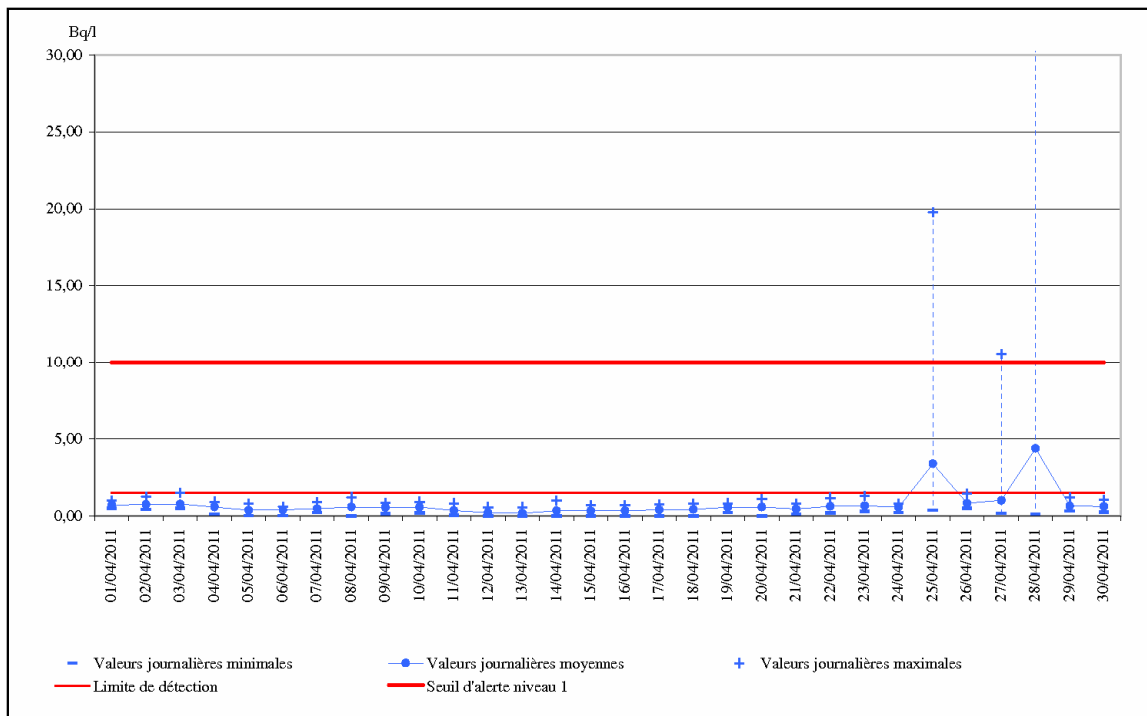
Balise aquatique d'Avignon - Exemple de dépassement dû aux précipitations



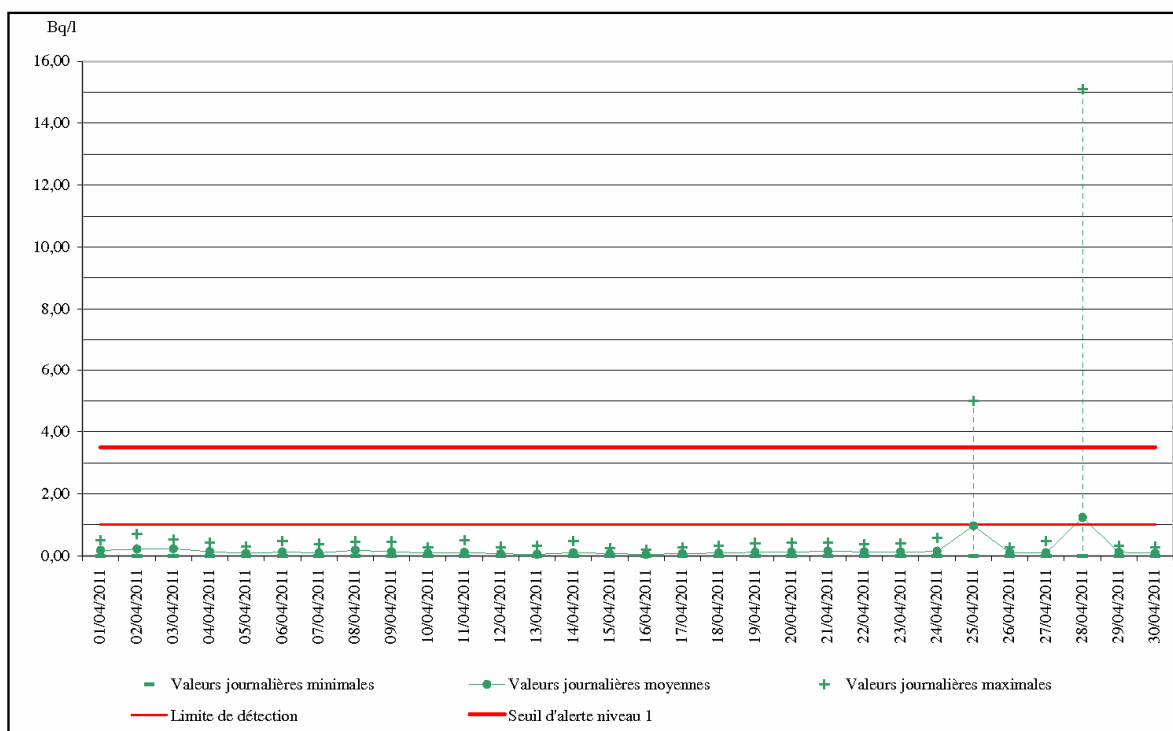
⁵ L'expérience montre que lors d'un épisode orageux (dépassement ponctuel), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 3 et 4,5. Lors d'un épisode de type crue (dépassement progressif), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 4,5 et 6,3.

2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

2.1 Graphes



Evolution des activités volumiques de la voie « gamma total »⁶ au cours du mois

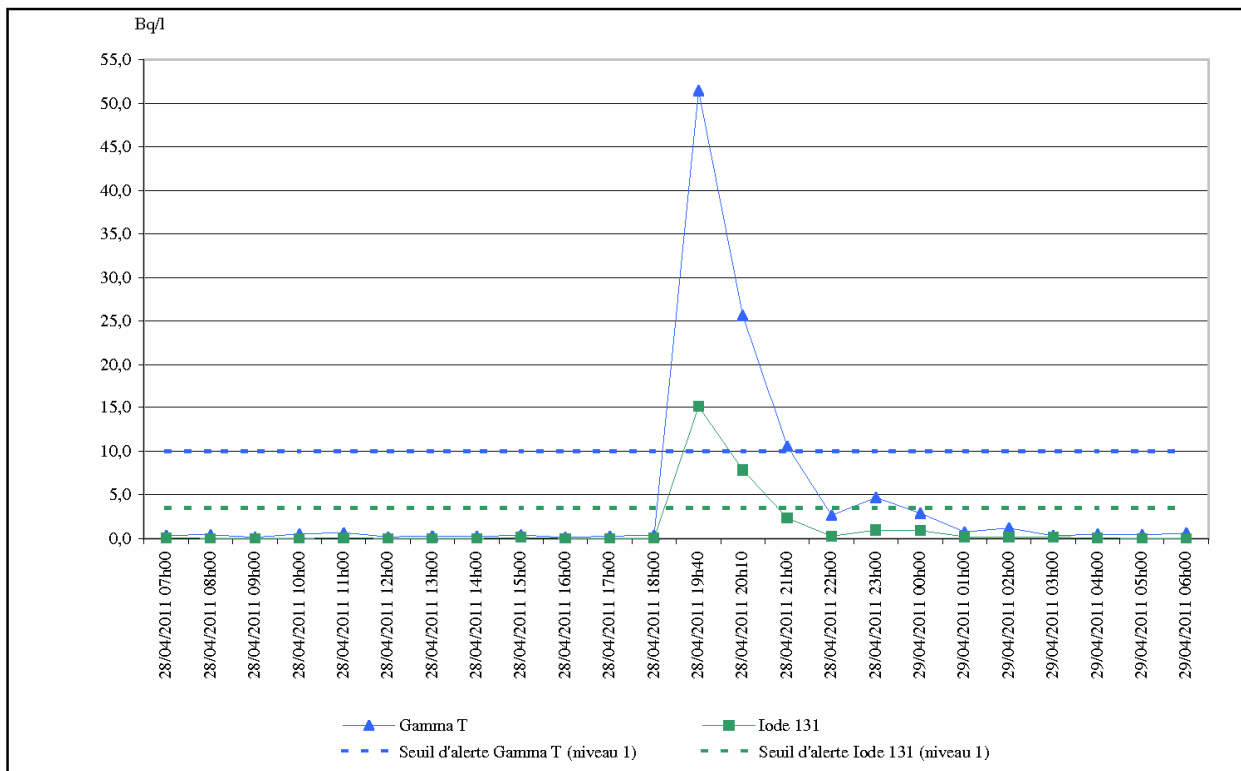


⁶ Pour des raisons d'échelles, la valeur maximale observée sur la voie gamma total le 28 avril (51 Bq/l) n'apparaît pas sur le graphique. Voir graphique des activités mesurées sur les 2 voies ci-dessous pour la période du 28 au 29 avril.

Evolution des activités volumiques de la voie « iode 131 » au cours du mois

Activités mesurées sur les voies "Iode 131" et "rayonnement Gamma Total"
entre le 28/04/2011 07h00 et le 29/04/2011 06h00.

Maximum mensuel (voie "rayonnement gamma total") : 51,5 Bq/l. Observé le 28/04/2011 à 19h40.



Evolution des activités volumiques des deux voies de mesure pendant les 24 heures au cours desquelles le maximum mensuel a été mesuré

2.2 Commentaires

Voie gamma total

Des dépassements ponctuels de la limite de détection (1,5 Bq/l) ont été observés les 25, 27 et 28 avril. Le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) a été dépassé à 3 reprises les 25, 27 et 28 avril ; l'activité maximale, mesurée le 28 avril à 19h40 TU, a été de 51 Bq/l.

Voie iode 131

Des dépassements ponctuels de la limite de détection (1 Bq/l) ont été observés les 25 et 28 avril. Le premier seuil d'alerte (3,5 Bq/l) a également été dépassé les 25 et 28 avril ; l'activité maximale, mesurée le 28 avril à 19h40 TU, a été de 15 Bq/l.

1) Dépassements du 25 et 28 avril

Les dépassements de seuils d'alerte sur chacune des voies de mesure ont provoqué un déclenchement des alarmes d'astreinte. Les techniciens d'astreinte ont pu vérifier que les dépassements du 25 et du 28 avril étaient bien d'origine naturelle (suite à de fortes pluies). Le ratio des activités volumiques gamma total/iode était respectivement de 4 et 3,4, valeurs caractéristiques d'un épisode orageux (voir la note 6 au bas de la page 13).

Des échantillons d'eau de la cuve ont été prélevés automatiquement par la balise lors de ces épisodes de dépassement. Compte tenu des valeurs particulièrement élevées de l'épisode du 28 avril (les maxima observés sur les 2 voies de mesures jusqu'à ce jour étaient de l'ordre de

30 Bq/l pour la voie gamma total et 10 Bq/l pour la voie iode 131), un technicien du laboratoire CRIIRAD s'est rendu à la balise pour récupérer les échantillons.

L'échantillon d'eau, correspondant à la période pour laquelle les activités ont été les plus élevées (le 28/04 entre 19h30 TU et 20h TU), a été analysé par spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD : **aucune contamination de l'eau du Rhône n'a été détectée** (voir tableau ci-dessous). Ces résultats confortent l'hypothèse de dépassements liés à la variation de la charge et du débit du Rhône lors de l'épisode orageux.

Echantillon	Type d'analyse	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)	Pb 214 (Bq/l)	Bi 214 (Bq/l)	Pb 212 (Bq/l)
Eau du Rhône prélevée automatiquement	Longue (**)	28/4/11 21:45	29/04/11	25 925	< 0,16	< 0,13	< 6,1	< 0,54	< 0,88	< 0,65

Légende

± : indique la marge d'incertitude associée à la mesure.

< : signifie que le radionucléide n'a pas été détecté : la valeur annoncée constitue le seuil de détection en dessous duquel le radionucléide n'est pas détectable.

2) Dépassement du 27 avril sur la voie Gamma Total

Un dépassement du seuil d'alerte (10 Bq/l) a également été enregistré ponctuellement sur la voie gamma total le 27/04/2011 entre 07h40 TU et 07h55 TU (valeur mesurée : 10,5 Bq/l). Il est peu probable que cette élévation temporaire de l'activité sur la voie Gamma Total soit liée à une contamination de l'eau du Rhône compte tenu de la brièveté de l'événement : aucune élévation du taux de comptage n'a par ailleurs été constatée sur la voie iode 131 ; les données météorologiques n'indiquent aucune précipitation durant cet événement. Il est donc peu probable qu'il s'agisse d'une augmentation de la radioactivité naturelle liée au radon et ses descendants. On peut avancer l'hypothèse d'un artefact de mesure.

L'échantillonneur a prélevé automatiquement un échantillon de l'eau de la cuve lors de ce dépassement. Par précaution, cet échantillon a été récupéré et envoyé le 28/04 par les Services Techniques de la Ville d'Avignon. L'analyse de l'échantillon n'a révélé aucune contamination de l'eau du Rhône (voir tableau ci-dessous).

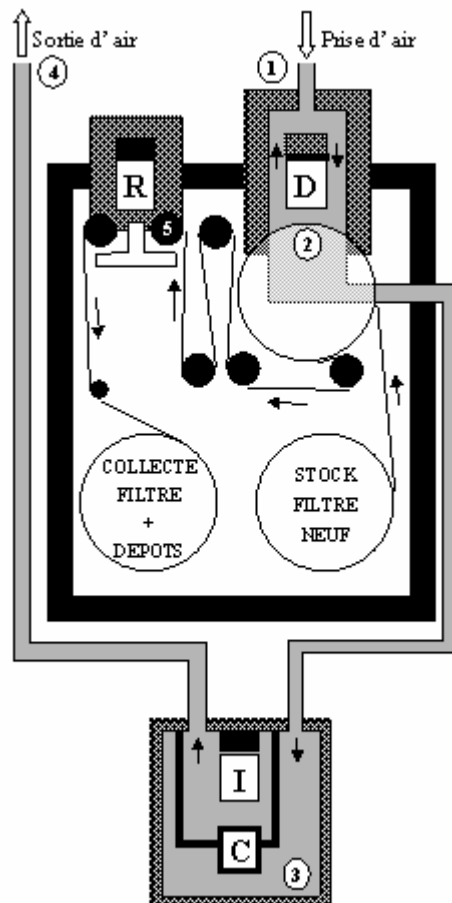
Echantillon	Type d'analyse	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)	Pb 214 (Bq/l)	Bi 214 (Bq/l)	Pb 212 (Bq/l)
Eau du Rhône prélevée automatiquement	Longue (*)	27/4/11 9:50	02/05/11	25 934	< 0,17	< 0,12	< 5,6	< 0,53	< 0,42	< 0,49

Légende

± : indique la marge d'incertitude associée à la mesure.

< : signifie que le radionucléide n'a pas été détecté : la valeur annoncée constitue le seuil de détection en dessous duquel le radionucléide n'est pas détectable.

ANNEXE 1 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE



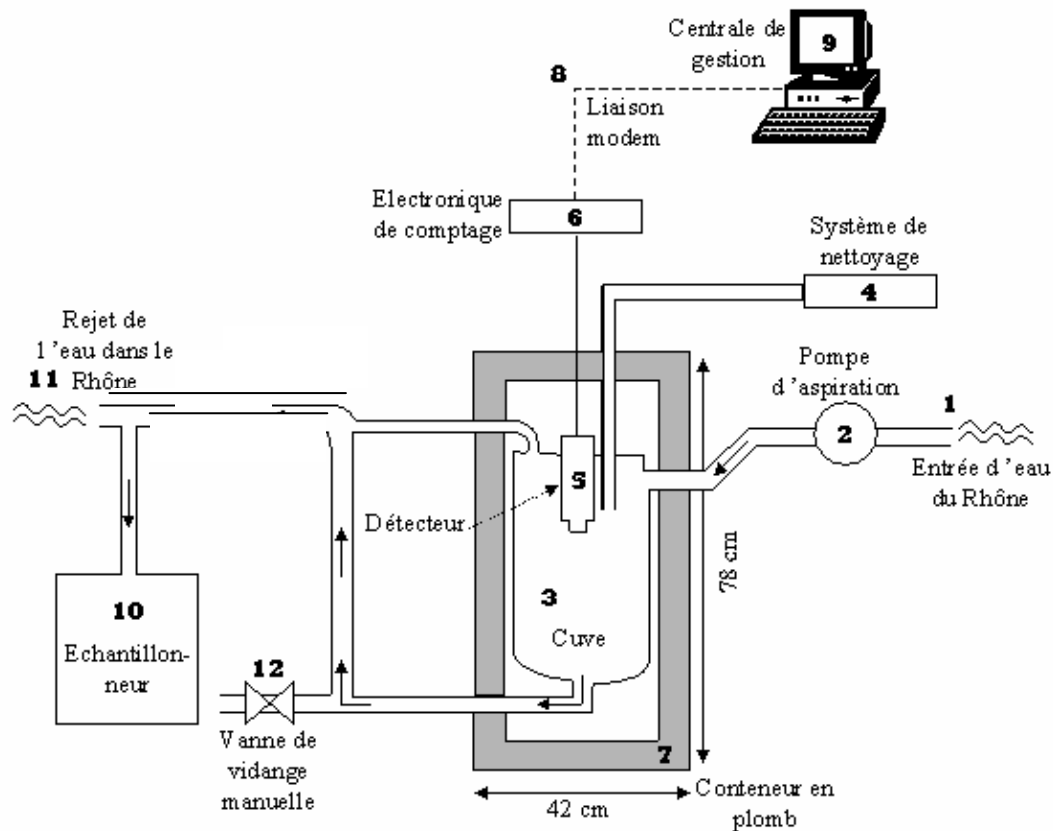
1. L'air extérieur est aspiré par une pompe à un débit nominal de 25 m³/heure.
2. Il passe à travers un filtre déroulant qui retient les particules en suspension dans l'air. Un double détecteur à scintillation (plastique et sulfure de zinc), disposé en regard du filtre (D), mesure en continu les rayonnements alpha et bêta émis par les poussières atmosphériques. Le système de détection permet de différencier la radioactivité artificielle (seuil de détection : 1 Bq/m³) de la radioactivité naturelle.
3. L'air est ensuite canalisé vers la cartouche à charbon actif (C) où un détecteur spécifique de type NaI(I) mesure le rayonnement gamma dans une fenêtre comprise entre 291 et 437 keV centrée sur le principal pic de l'iode 131 (364,5 keV).
4. L'air est rejeté à l'extérieur.
5. Cinq jours après la mesure directe, le filtre passe sous un autre détecteur (R) qui effectue une seconde mesure du rayonnement bêta, dite mesure retardée, avec un niveau de détection plus bas (0,01 Bq/m³), la radioactivité naturelle (descendants à vie courte du radon 222) ayant pratiquement disparu.

Systématiquement... et en cas d'alerte

L'analyse complémentaire du filtre en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD permet d'identifier et de quantifier précisément les éléments radioactifs qui y sont déposés.

ANNEXE 2 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

DE LA BALISE AQUATIQUE



Les différents dispositifs du système sont détaillés dans les paragraphes qui suivent :

A. Système de prélèvement d'eau en continu (cf. schéma, n°1, 2, 3)

L'eau du Rhône est prélevée grâce à un dispositif de pompage (1), situé sur la canalisation d'entrée d'eau (2), qui assure un débit de 2 à 4 m³/h. Elle transite dans une cuve en acier inoxydable (3) d'une capacité de 25 litres (volume actif : 23 litres) avant d'être évacuée par une sortie d'eau située vers le haut de la cuve. L'intérieur de la cuve est poli et sa partie inférieure est profilée de façon à limiter les dépôts de matières en suspension dans l'eau. Un cylindre en acier inoxydable terminé par un embout en polypropylène est monté dans le couvercle de la cuve, il abrite le détecteur.

B. Le système de nettoyage (cf. schéma, n°4)

Un encrassement de la cuve par dépôt de fines particules peut se produire assez rapidement à cause de la charge de l'eau du Rhône et entraîner une augmentation du bruit de fond dans la cuve, ce qui perturbe les mesures. Pour supprimer ce problème, un compresseur (4) injecte de l'air sous pression quatre fois par jour, à 0h Temps Universel (TU), 6h (TU), 12h (TU) et 18h (TU) : les particules déposées sont entraînées hors de la cuve, et le bruit de fond reste stable. Ce dispositif n'arrête pas le système d'aspiration d'eau et ne perturbe pas les mesures. De plus, il peut être adapté en fonction de la charge de l'eau du Rhône en particules.

C. Le système de détection (cf. schéma, n°5, 6, 7)

Le dispositif de surveillance est basé sur la détection des rayonnements gamma dont l'énergie est comprise entre 0,1 et 2 MeV (Méga électron Volt). Les radionucléides qui n'ont pas d'émission gamma ne sont donc pas détectés. Tel est le cas, par exemple, du tritium ou du strontium 90, émetteurs bêta purs, dont la mesure est délicate et exige des procédures spéciales. Cependant, la plupart des radionucléides

rejetés par les installations nucléaires sont des émetteurs gamma (césium 137, césium 134, iode 131, rhodium 106, cobalt 60, cobalt 58, manganèse 54, etc...). Ce mode de contrôle est donc approprié pour la surveillance en continu de la radioactivité de l'eau.

- Description des différents éléments composant le détecteur gamma (5)
 - Le **scintillateur** est inséré dans l'embout en polypropylène. C'est un cristal d'iodure de sodium activé au thallium : NaI (TI). Le rayonnement est absorbé par le scintillateur et converti en photons lumineux.
 - Le **photomultiplicateur** convertit ce signal lumineux en signal électrique (émission d'électrons).
 - L'**électronique de détection (6)** : le signal électrique ainsi généré passe par un préamplificateur, puis est envoyé vers l'électronique de comptage où s'effectuent les calculs d'activité (cf. partie D).
- Dispositif de comptage (6)

L'électronique associée au détecteur comporte deux voies de comptage distinctes permettant le traitement des deux signaux.

- **Mesure du gamma total** : une première voie prend en compte l'ensemble des rayonnements gamma détectés entre 100 et 2000 keV. Cette mesure permet de suivre en continu l'évolution de la radioactivité globale de l'eau. Il n'est toutefois pas possible de connaître ainsi le spectre de la contamination (mesure globale sans identification des radionucléides).
- **Mesure différentielle adaptée au cas de l'iode 131** : en plus de la mesure de la radioactivité globale, le système de comptage permet de réaliser une mesure différentielle sur une deuxième voie. Actuellement, sur la balise fluviale, cette voie est centrée sur l'énergie gamma de l'iode 131 (fenêtre de 0,32 à 0,40 MeV). Ce réglage a été choisi en vue d'assurer un suivi spécifique de cet élément compte tenu de sa radiotoxicité et de sa présence dans les rejets effectués par les installations nucléaires et la médecine nucléaire.

Remarque : la fenêtre de détection de la voie "gamma total" englobe la fenêtre de la voie "iode 131". Il existe donc une corrélation entre les deux voies ; une augmentation de l'activité en iode 131 induit une augmentation du signal sur la voie "iode 131", mais également sur la voie "gamma total".

- Protection contre le rayonnement parasite
 - **Blindage de plomb (7)** : la cuve est insérée dans un conteneur en plomb de 5 cm d'épaisseur, destiné à la protéger des émissions gamma extérieures et à réduire ainsi le bruit de fond ambiant. Le poids total de l'ensemble est d'environ 750 Kg. La partie supérieure est amovible et permet d'accéder à la cuve et au détecteur. Des orifices ont été aménagés afin de permettre le passage des tuyaux de circulation d'eau et d'air ainsi que les liaisons électroniques.
 - **Embout en polypropylène** : l'ensemble du système de détection est monté dans un cylindre en acier inoxydable à l'exception de la partie sensible, le scintillateur, qui est enveloppé par du polypropylène.

E. Liaison balise d'eau - centrale de gestion (cf. schéma, n°8, 9)

Les résultats acquis par l'électronique de la balise sont transmis par liaison modem (8) à la centrale de gestion (9) de la CRIIRAD à Valence qui assure le contrôle du fonctionnement de la balise et l'analyse des résultats. En fonctionnement normal, la centrale de gestion interroge la balise deux fois par jour et charge toutes les données en mémoire. En cas de dépassement du seuil d'alarme, la balise alerte immédiatement la centrale de gestion et les techniciens d'astreinte. Les données transférées sont traitées à l'aide d'un logiciel tableur graphique permettant d'élaborer des documents d'analyse et de synthèse.

F. Système d'échantillonnage (cf. schéma, n°10)

En cas de dépassement des seuils d'alarme fixés à 10 Bq/l pour la voie gamma total et à 3,5 Bq/l pour la voie iode, un échantillonnage de l'eau contaminée s'effectue automatiquement (prélèvement d'1 flacon d'1 litre toutes les demi-heures). Celle-ci sera ensuite analysée en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD pour déterminer et quantifier les radionucléides présents.

NB : l'échantillonneur automatique est actuellement hors service. En cas de nécessité, un prélèvement rapide peut être assuré par le service « astreinte » de la ville d'Avignon et du laboratoire CRIIRAD.

G. Rejet de l'eau (cf. schéma, n°11, 12)

L'eau est évacuée dans le Rhône par une sortie (11) située vers le haut de la cuve. Une vanne (12), située vers le bas de la cuve, permet de vidanger manuellement la cuve en cas de besoin.

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. Il est placé sous la responsabilité de Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire.

Le laboratoire comprend notamment un service dédié à la gestion des réseaux de balises de contrôle en continu de la radioactivité dans l'environnement. Sept scientifiques et techniciens assurent le fonctionnement de ce service.



RESPONSABLE DU SERVICE DE GESTION DES BALISES

Jérémie MOTTE



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Bruno CHAREYRON



RESPONSABLE TECHNIQUE

Christian COURBON



RESPONSABLE CONTROLE QUALITE

Julien SYREN



INTERVENTIONS HEBDOMADAIRES, ANALYSES

Stéphane PATRIGEON



SCRUTATION DES DONNEES

Stéphane MONCHÂTRE



PREPARATION DES ECHANTILLONS

Jocelyne RIBOUËT

EQUIPE D'ASTREINTE

Bruno CHAREYRON, Christian COURBON, Stéphane PATRIGEON, Julien SYREN, Jérémie MOTTE, Corinne CASTANIER et Roland DESBORDES (respectivement directrice et président de la CRIIRAD)