

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

Rapport N°11-62

**RAPPORT MENSUEL
MARS 2011**



Tricastin - CNPE EDF et tours de refroidissement d'EURODIF

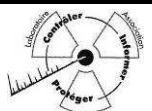


Rhône en amont du barrage de Villeneuve-lès-Avignon

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	6
1.2 RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	7
1.2.1 GRAPHERS	7
1.2.2 COMMENTAIRES	8
1.3 RESULTATS DES CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA	8
1.3.1 TABLEAU	8
1.3.2 COMMENTAIRES	9
2 RADIOACTIVITE NATURELLE	9
2.1 QU'EST-CE QUE LE RADON ?	10
2.2 RADON : RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	10
2.2.1 GRAPHE	10
2.2.2 TABLEAU DE SYNTHESE	10
2.2.3 COMMENTAIRES	11
BALISE AQUATIQUE	12
1 PRESENTATION	12
1.1 POURQUOI ANALYSER L'EAU ?	12
1.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE	12
1.3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA	13
1.4 INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES	13
2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU	14
2.1 GRAPHERS	14
2.2 COMMENTAIRES	15
3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA	16
ANNEXE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE	17
ANNEXE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE AQUATIQUE	18
LABORATOIRE CRIIRAD	20

Avertissement : toutes les valeurs horaires sont exprimées en heures T.U. (temps universel).
 Pour obtenir l'heure locale, il faut ajouter 2 heures en été, et 1 heure en hiver. En 2011, le passage à l'heure d'été est intervenu le 27 mars.

SYNTHESE - AIR

1) ASPECTS TECHNIQUES

Pendant le mois de mars 2011, aucun problème technique n'a été rencontré et le taux de fonctionnement de la balise atmosphérique a atteint 100%.

2) RESULTATS DES CONTRÔLES

CONTRÔLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

Les masses d'air contaminé par les rejets de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi sont arrivées en Europe autour des 21/22 mars. Compte tenu de la distance (de l'ordre de 15 000 km), l'activité volumique des radionucléides avait fortement décru et la contamination n'a pas été détectée par les mesures effectuées en direct à la balise : en France, en effet, l'activité 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/m^3 .

Voie bêta direct : aucun dépassement de la limite de détection de 1 Bq/m^3 .

Voie bêta retardé (temps t + 5j et 10h) : aucun dépassement de la limite de $0,01 \text{ Bq/m}^3$.

Voie iode : aucun dépassement de la limite de détection de 1 Bq/m^3 .

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

Afin d'évaluer l'impact des rejets de Fukushima Daiichi sur la vallée du Rhône, le laboratoire de la CRIIRAD a mis en place, dès le 20 mars, une surveillance renforcée et augmenté la fréquence des prélèvements de filtres et de cartouches pour analyse en spectrométrie gamma. **Ces analyses ont permis d'identifier la présence de l'iode 131 et de quantifier son activité totale, somme de l'iode 131 présent sous forme gazeuse et de l'iode 131 dit particulaire, c'est-à-dire associé aux aérosols.**

- L'analyse de la **cartouche** à charbon actif (qui a filtré l'air d'Avignon **entre le 22 et le 28 mars**, et qui a piégé **l'iode 131 présent sous forme gazeuse**) a révélé une activité volumique moyenne, pour les 7 jours considérés, de **$0,54 \text{ mBq/m}^3$** . La contamination de l'air par l'iode 131 a été confirmée par l'analyse suivante, avec une activité volumique moyenne de l'ordre de **1 mBq/m^3** pour les gaz piégés entre le **28 mars et le 1^{er} avril**.
- Le **filtre papier**, qui retient les aérosols (poussières radioactives atmosphériques), n'a pas été analysé seul mais associé à celui des autres balises du réseau géré par la CRIIRAD afin d'améliorer la limite de détection en prenant en compte un volume d'air filtré plus important. Pour la période **du 25 au 28 mars**, l'activité volumique moyenne de l'iode 131 **particulaire** était de **$0,08 \text{ mBq/m}^3$** . La contamination de l'air par l'iode 131 a été confirmée par l'analyse suivante, portant sur les aérosols présents dans l'air **du 28 mars au 1^{er} avril**. L'activité moyenne sur ces 4 jours était plus élevée : **$0,42 \text{ mBq/m}^3$** .
- Aucun autre radionucléide artificiel n'a été détecté. L'activité des **césiums 137 et 134** est restée inférieure aux limites de détection.

Le niveau de contamination de l'air était trop faible pour provoquer une augmentation mesurable du débit de dose gamma ambiant. Aucune protection n'était donc nécessaire par rapport à l'exposition externe. De la même façon, aucune protection ne se justifiait par rapport au risque d'inhalation des radionucléides présents dans l'air. En revanche, le laboratoire de la CRIIRAD a suivi de près l'impact des retombées radioactives (dépôts secs et dépôts associés à la pluie), déconseillant pendant quelques semaines l'utilisation d'eau de pluie comme source principale d'alimentation et les surconsommations de denrées sensibles, type légumes à larges feuilles et fromages de chèvre ou de brebis.

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) a été dépassée à plusieurs reprises au cours du mois. Le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) a été dépassé à une reprise. L'activité volumique maximale, mesurée le 27 mars, a été de 11,1 Bq/l.

Voie iode 131


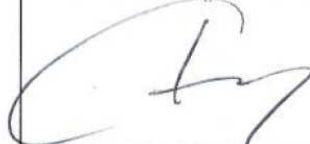
La limite de détection (1 Bq/l) a été dépassée à plusieurs reprises au cours du mois. Le premier seuil d'alerte (3,5 Bq/l) n'a jamais été dépassé. L'activité volumique maximale, mesurée le 27 mars, a été de 2,8 Bq/l.

Les dépassements mesurés lors des contrôles en continu sont liés à la variation de la charge et du débit du Rhône (lors de fortes pluies ou de crues) et ne constituent pas une anomalie.

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

Analyse en laboratoire d'un échantillon d'eau du Rhône

L'analyse bimestrielle a été effectuée sur un échantillon prélevé le 8 mars. Aucun radionucléide émetteur gamma n'a été détecté.

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom	J. MOTTE	C. CASTANIER
Date	19/07/2011	20/07/2011
Signature		

BALISE ATMOSPHERIQUE

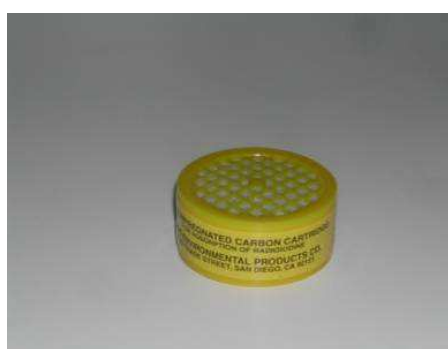
1 RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE

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 laboratoire¹ 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

¹ 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.

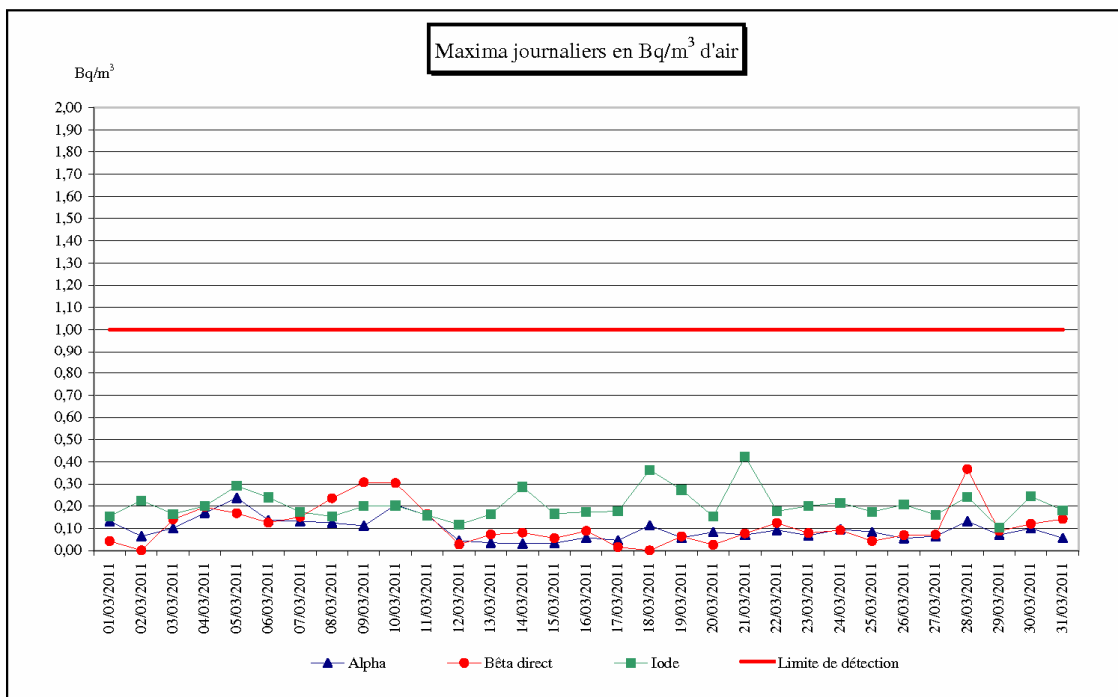
La limite de détection des mesures en direct de l'activité de l'iode 131 est de 1 Bq/m³.

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).

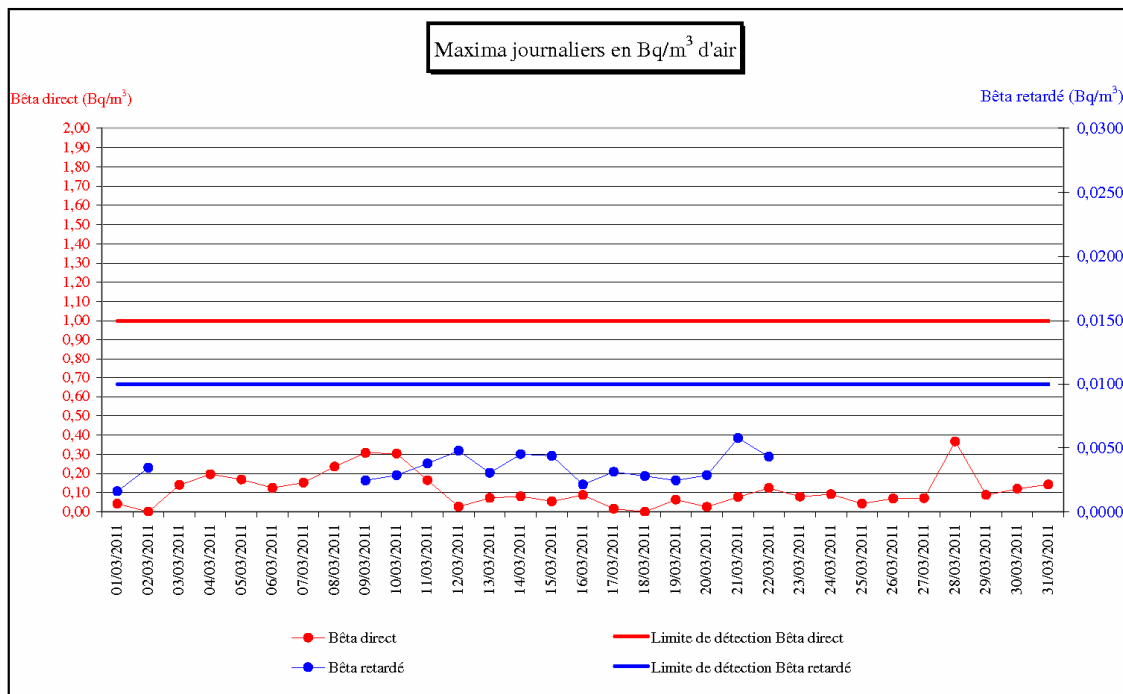
1.2 Résultats des contrôles automatiques en continu

1.2.1 Graphes

Mesures directes (alpha-bêta-iode)



Bêta direct (temps t) - bêta retardé (temps t + 5j 10h)²



² 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.

1.2.2 Commentaires

Alpha, bêta direct, iode 131

Toutes les valeurs sont restées inférieures à la limite de détection. La présence dans l'air de radionucléides émetteurs bêta (césium 134, césium 137 et iode 131) n'a pas été détectée par la mesure en direct de la balise compte tenu de la limite de détection du détecteur bêta total (1 Bq/m^3) et du détecteur de la voie iode (1 Bq/m^3). Les activités volumiques étaient en effet de l'ordre de 100 fois inférieures.

Bêta retardé

Pendant la période de mesure, toutes les valeurs sont restées inférieures au seuil de détection ($0,01 \text{ Bq/m}^3$).

Comme on le constate sur le graphique, aucune mesure n'a été effectuée entre le 3 et le 8 mars du fait du prélèvement des filtres des mois de janvier et février le 8 mars (cf. le schéma de déroulement du filtre en annexe 1 page 18). L'absence de mesures à partir du 23 mars est lié aux prélèvements des filtres le 28 mars et le 1^{er} avril dans le cadre du suivi de l'impact des rejets de Fukushima Daiichi.

1.3 Résultats des contrôles différés par spectrométrie gamma

L'impact des rejets imputables à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi a pu être évalué grâce aux dispositifs de filtration de l'air des balises (filtre papier et cartouches) dont le prélèvement et l'analyse ont été intensifiés.

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	25/03/11 00:00	28/03/11 09:00	28/03/11	25 773	29/03/11	< 0,008	< 0,007	3,4 ± 0,5	0,08 ± 0,03
Filtre	28/03/11 10:57	01/04/11 09:01	01/04/11	25 806	04/04/11	< 0,061	< 0,017	2,2 ± 0,6	0,42 ± 0,11
Cartouche	22/03/11 08:01	28/03/11 09:15	28/03/11	25 769	29/03/11	-	-	-	0,54 ± 0,22
Cartouche	28/03/11 10:57	01/04/11 09:01	01/04/11	25 804	04/04/11	-	-	-	0,99 ± 0,40

Légende

Résultats exprimés en millibecquerels par mètre cube d'air (mBq/m^3) à la date de mesure.
 ± : marge d'incertitude
 < : limite de détection
 - : non mesuré

1.3.2 Commentaires

La présence de l'iode 131 a été mise en évidence par les différentes analyses de filtres et cartouches effectuées durant la dernière semaine de mars 2011.

Cartouches

De l'iode 131 gazeux a été détectée dans la cartouche qui a piégé les gaz entre le **22 et le 28 mars**. L'activité volumique moyenne était de **0,54 mBq/m³** (moyenne sur les 6 jours considérés). L'activité de l'iode 131 n'était pas détectable pendant les premiers jours de la période de prélèvement. Si l'on tient compte des différentes données disponibles pour la vallée du Rhône, on peut considérer que l'activité mesurée correspond pour l'essentiel à la période du 26 au 28 mars et que l'activité moyenne de l'air variait entre **1 et 2 mBq/m³**.

Sur la période suivante, **du 28 mars au 1^{er} avril**, l'activité volumique moyenne de l'air d'Avignon avoisinait **1 mBq/m³**.

Filtres

Les analyses de filtres ont permis de quantifier l'iode 131 présent dans les aérosols. Son activité est nettement inférieure à celle de l'iode 131 gazeux piégé par les cartouches.

Le filtre contenant les dépôts **du 25 au 28 mars** a été analysé avec l'ensemble des filtres des balises gérées par la CRIIRAD (Montélimar, Valence, Romans et Péage de Roussillon) afin d'augmenter le volume d'air échantillonné et de baisser ainsi la limite de détection. L'analyse a révélé une activité volumique moyenne de l'air de **0,08 mBq/m³**.

Le filtre qui a collecté les aérosols présents dans l'air d'Avignon sur la période suivante, **du 28 mars au 1^{er} avril**, a permis d'évaluer à **0,42 mBq/m³** l'activité de l'iode 131 particulaire.

Grâce aux deux dispositifs de filtrage utilisés, il a été possible de déterminer l'activité totale de l'air en iode 131, qu'il soit présent sous forme particulaire ou gazeuse. C'est cette valeur qui renseigne sur le niveau d'exposition des habitants. Les résultats obtenus ont permis de rassurer la population sur l'absence de risques par exposition externe et par inhalation des produits radioactifs présents dans l'air.

Les isotopes 134 et 137 du césium étaient également présents mais à des activités nettement inférieures à celle de l'iode 131 (de l'ordre de 10 à 20 fois, voire plus). Leur activité était trop faible pour pouvoir être quantifiée par des prélèvements d'air limités à quelques jours. En revanche, le filtre du 28 mars au 1^{er} avril a été analysé conjointement avec le filtre du 1^{er} au 28 avril afin de déterminer l'activité moyenne de ces 2 radionucléides sur la période de contamination maximale de l'air. Les résultats sont présentés dans le bulletin du mois d'avril.

2 RADIOACTIVITE NATURELLE

2.1 Qu'est-ce que le radon ?

Le radon appartient à la famille des gaz rares (hélium, néon, krypton, ...). Inodore, incolore, sans saveur, il ne réagit pas chimiquement avec les autres éléments. C'est le seul gaz rare naturellement radioactif. Son principal isotope, le radon 222, est produit par la désintégration du radium 226. Il appartient à la chaîne de l'uranium 238, un élément radioactif naturel omniprésent dans l'écorce terrestre, mais à des niveaux variables en fonction de la nature des roches.

Les émanations se produisent en permanence et en tous points du territoire mais elles sont plus élevées dans les zones dont le sol contient des roches riches en uranium (c'est notamment le cas des roches magmatiques, et en particulier des granites). Le Limousin, le Massif Central, la Bretagne et la Corse sont des régions particulièrement concernées par le radon. Dans les secteurs a priori plus pauvres en uranium, le radon produit par des roches plus profondes peut cependant remonter à la surface par le biais des failles.

Présent en concentration élevée dans les sols, le radon se dilue rapidement dans l'air extérieur où les activités volumiques varient généralement **de quelques becquerels à quelques dizaines de becquerels par mètre cube d'air**, pour un climat tempéré continental. Des niveaux nettement plus élevés peuvent être mesurés à proximité des gisements uranifères et des sites d'extraction de l'uranium. Les concentrations dans l'air ambiant peuvent être alors de plusieurs centaines de becquerels par mètre cube, voire plus.

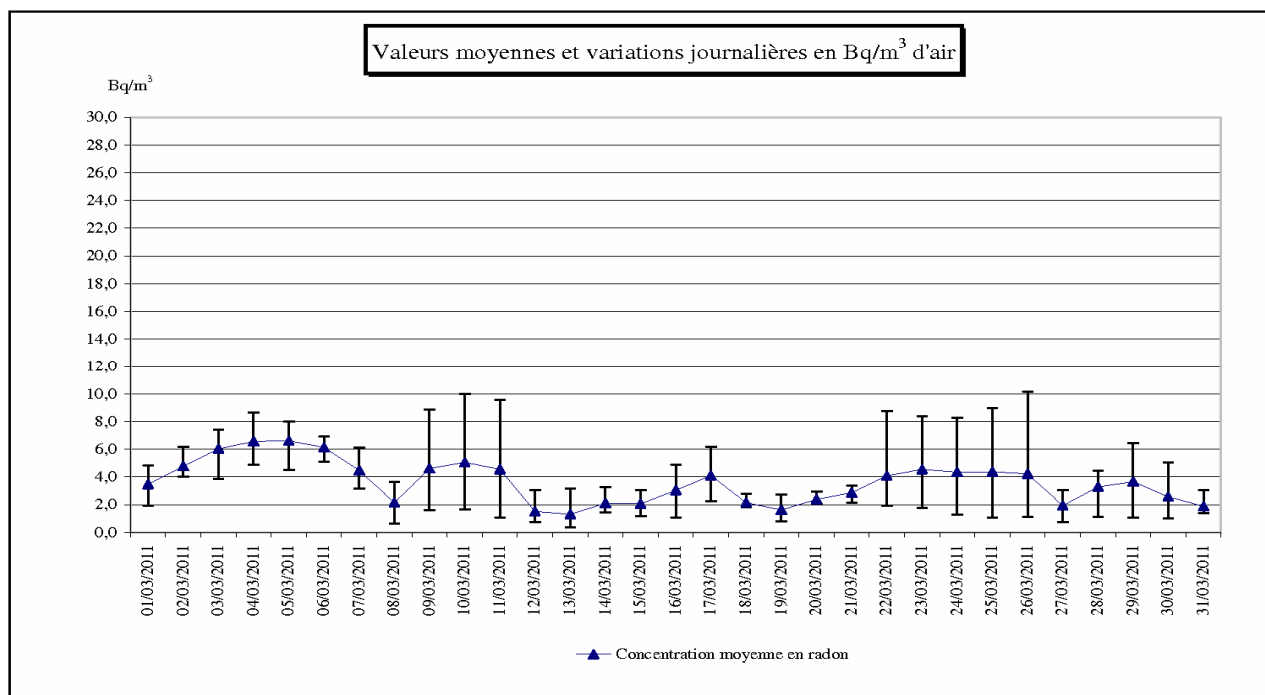
La concentration du radon dans l'atmosphère varie en fonction de différents paramètres :

- la teneur du sol en uranium 238 (radon 222) et thorium 232 (radon 220),
- 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, neige, ...). A l'échelle d'une journée, on constate typiquement une augmentation des concentrations au cours de la nuit, des niveaux maximums en tout début de matinée, puis une diminution, pour atteindre des valeurs minimales en fin d'après-midi.

2.2 Radon : résultats des contrôles automatiques en continu

2.2.1 Tableau de synthèse

Valeur horaire maximum relevée le 26/03/2011 à 08h00	10,2 Bq/m ³
Valeur horaire minimum relevée le 13/03/2011 à 08h00	0,4 Bq/m ³
Ecart le plus important le 26/03/2011	Ecart de 9 Bq/m ³
Ecart le plus faible le 20/03/2011	Ecart de 0,9 Bq/m ³
Moyenne mensuelle	3,6 Bq/m³

2.2.2 Grphe³2.2.3 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)

³ Ce graphe présente pour chaque jour l'activité volumique horaire maximale, l'activité volumique horaire minimale et la moyenne journalière des activités volumiques horaires.

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.

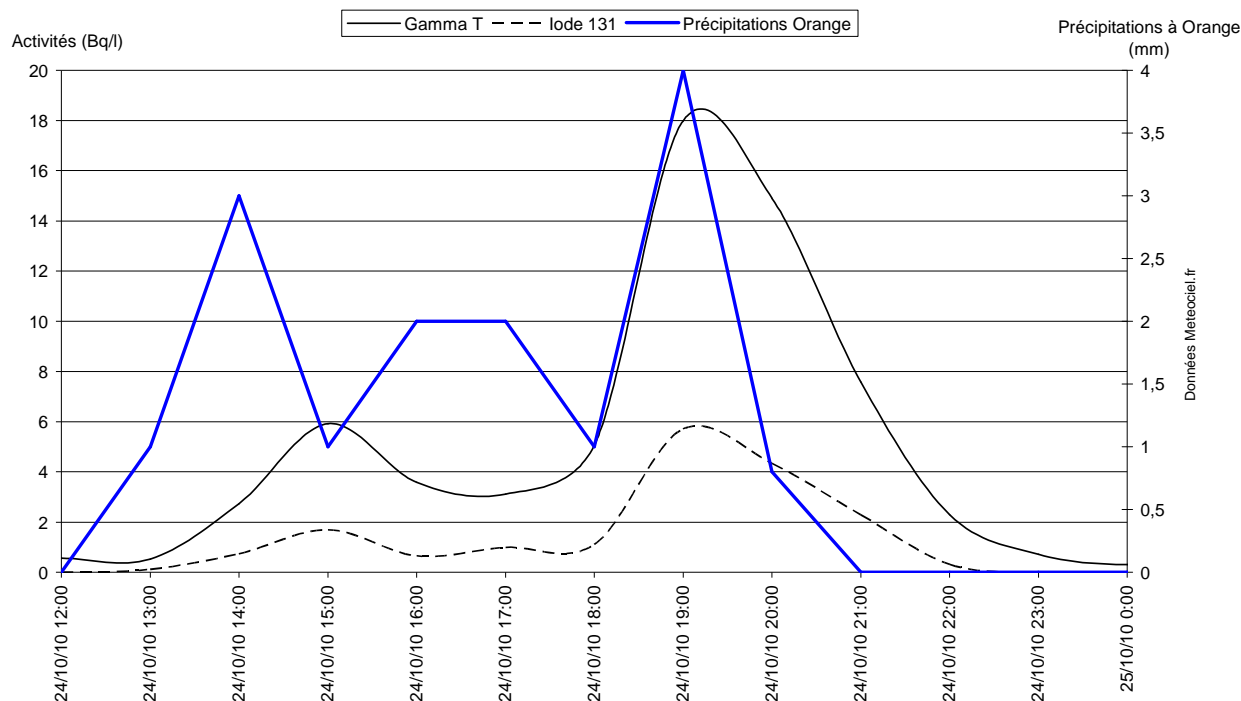
En situation courante, un échantillon d'eau du Rhône est prélevé par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon en amont du Pont Saint-Bénézet sur l'ancien site de la capitainerie à Avignon et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de 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 climatiques⁴.

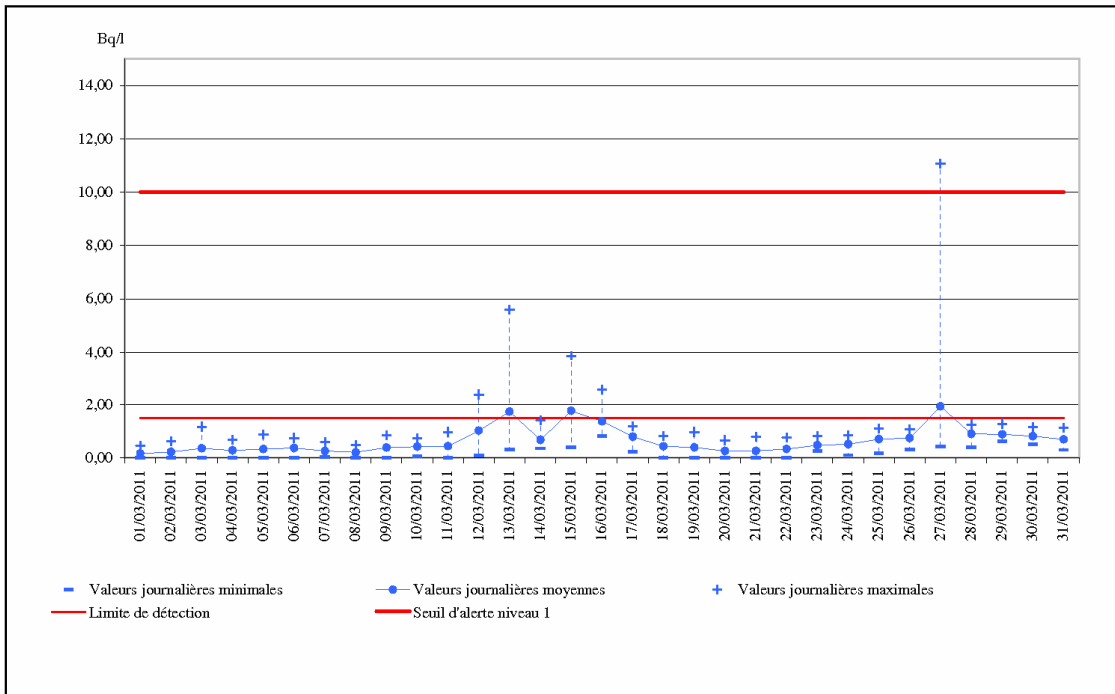
Balise aquatique d'Avignon - Exemple de dépassement dû aux précipitations



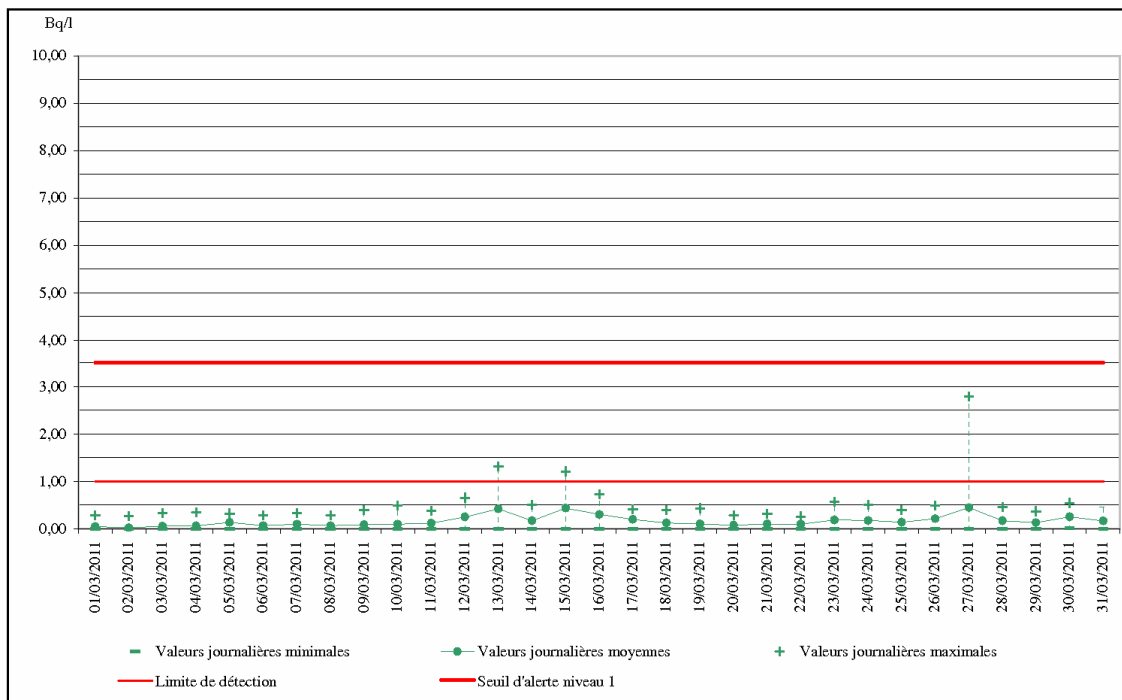
⁴ L'expérience montre que lors d'un épisode orageux (dépassement ponctuel), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 3 et 4,5. Lors d'un épisode de type crue (dépassement progressif), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 4,5 et 6,3.

2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

2.1 Graphes



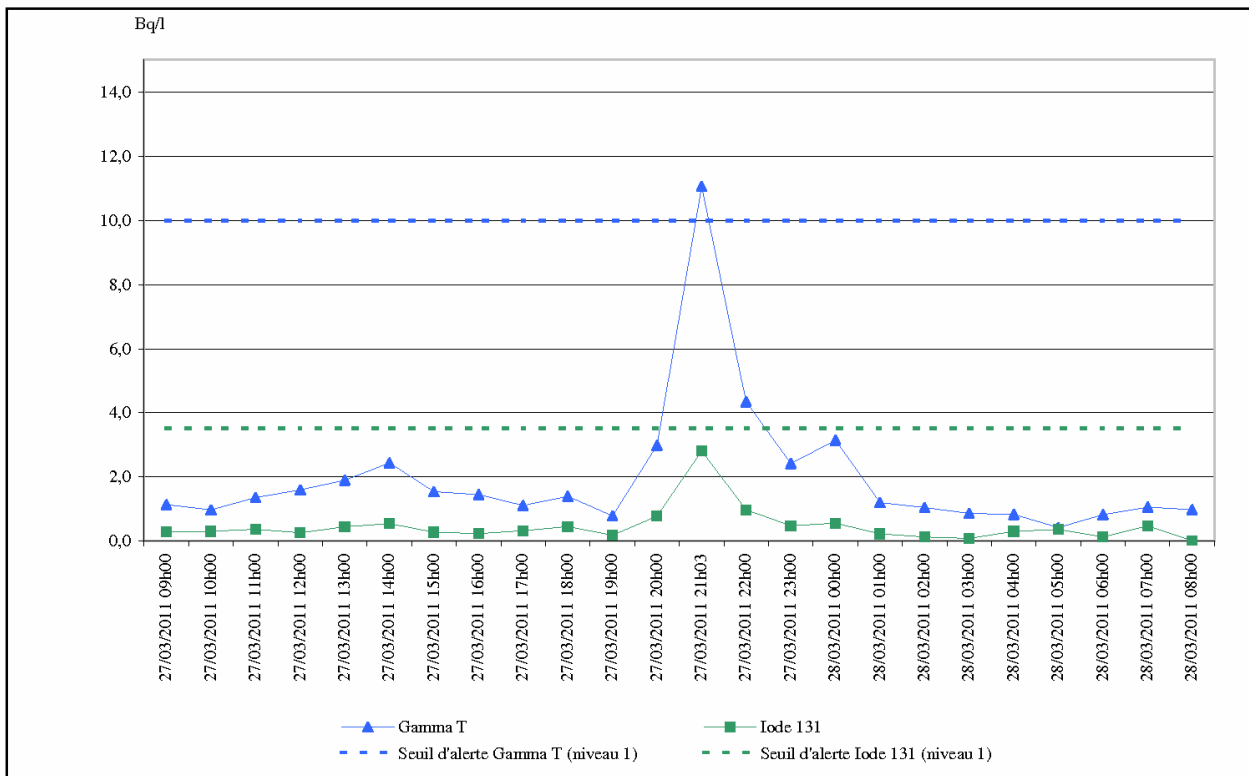
Evolution des activités volumiques de la voie « gamma total » au cours du mois



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 27/03/2011 09h00 et le 28/03/2011 08h00.

Maximum mensuel (voie "rayonnement gamma total") : 11,1 Bq/l. Observé le 27/03/2011 à 21h03.



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 entre le 12 et le 16 mars ainsi que le 27 mars. Le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) a été dépassé à une reprise ; l'activité maximale, mesurée à 21h03, a été de 11,1 Bq/l.

Voie iode 131

Des dépassements ponctuels de la limite de détection (1 Bq/l) ont été observés les 13, 15 et 27 mars. Le premier seuil d'alerte (3,5 Bq/l) n'a jamais été dépassé ; l'activité maximale, mesurée le 27 mars, a été de 2,8 Bq/l.

Les dépassements observés au cours du mois sont liés aux conditions climatiques (épisodes pluvieux ou crues).

Le dépassement du seuil d'alerte du 27 mars sur la voie gamma total a provoqué le déclenchement des alarmes d'astreinte. Les techniciens d'astreinte ont pu vérifier que ce dépassement était bien d'origine naturelle (suite à de fortes pluies) : le ratio des activités volumiques gamma total/iode était de 3,9, valeur caractéristique d'un épisode orageux (voir la note 6 au bas de la page 14).

3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

L'analyse de l'échantillon prélevé le 8 mars est présentée ci-dessous.

Eau du Rhône	Type d'analyse	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	Rn 222* (Bq/l)	I 131 (Bq/l)	Cs 137 (Bq/l)	K 40 (Bq/l)
mar-avr 11	Courte	08/03/11	10/03/11	25 737	< 3,3	-	-	-
mar-avr 11	Longue	08/03/11	10/03/11	25 738	-	< 0,03	< 0,04	< 2,2

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.

* : l'activité du radon 222 est exprimée à la date de prélèvement et déterminée à partir de la valeur moyenne de ses descendants émetteurs gamma, le bismuth 214 et le plomb 214.

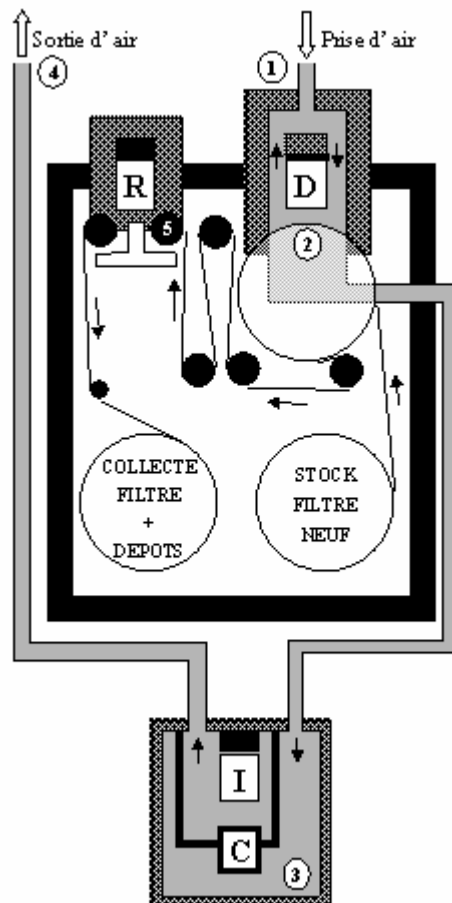
Radioactivité artificielle

Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'a été détecté.

Radioactivité naturelle

Les activités volumiques des principaux radionucléides naturels émetteurs gamma recherchés sont inférieures aux limites de détection.

ANNEXE 1 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE



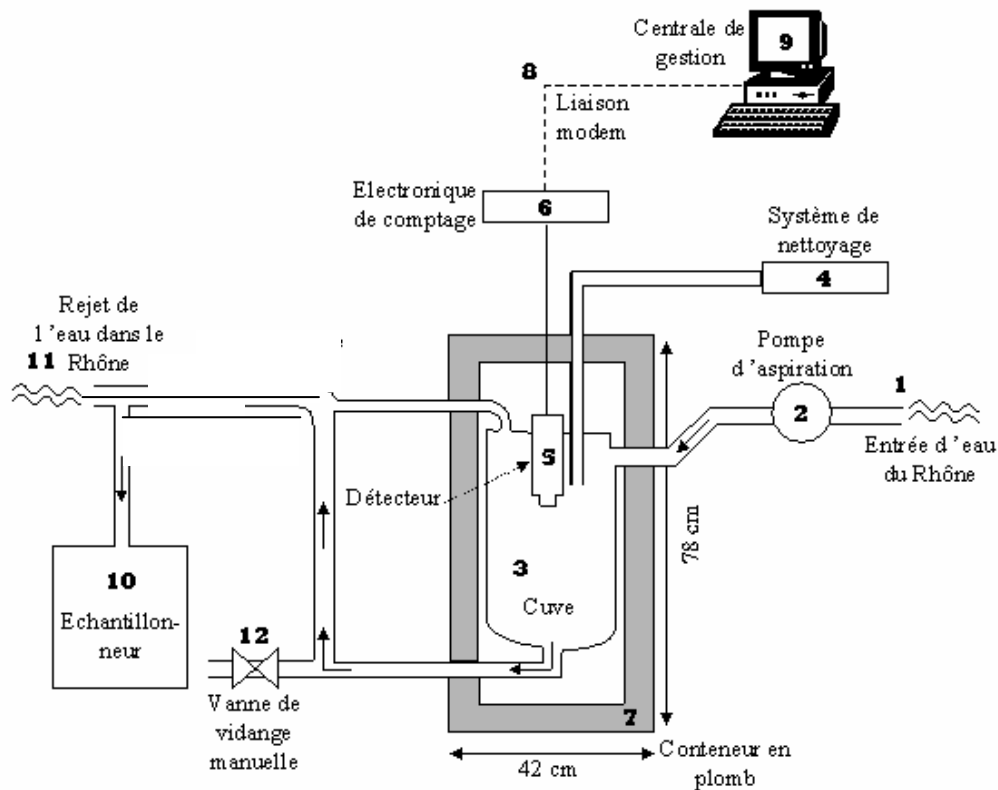
1. L'air extérieur est aspiré par une pompe à un débit nominal de 25 m³/heure.
2. Il passe à travers un filtre déroulant qui retient les particules en suspension dans l'air. Un double détecteur à scintillation (plastique et sulfure de zinc), disposé en regard du filtre (D), mesure en continu les rayonnements 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 pompe (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 (Tl). 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, notamment lors des opérations de nettoyage.

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)