SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET AQUATIQUE

BALISES D'AVIGNON

Rapport N°10-02

RAPPORT MENSUEL

DECEMBRE 2009

CNPE du Tricastin et tours de refroidissement de l'usine EURODIF – Photo CRIIRAD

Rhône en amont du barrage de retenue de Villeneuve-lès-Avignon – Photo CRIIRAD

Document réalisé par le **laboratoire de la CRIIRAD**
pour la **Mairie d'Avignon**

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 GRAPHES 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 8

2 RADIOACTIVITE NATURELLE 9

2.1 QU'EST-CE QUE LE RADON ? 9
2.2 RADON : RESULTATS DES CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU 9
2.2.1 GRAPHE 9
2.2.2 TABLEAU DE SYNTHESE 9
2.2.3 COMMENTAIRES 9

BALISE AQUATIQUE 9

1 PRESENTATION 9

1.1 POURQUOI ANALYSER L'EAU ? 9
1.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE 9
1.3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA 9
1.4 INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES 9

2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU 9

2.1 GRAPHES 9
2.2 COMMENTAIRES 9

3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA 9

ANNEXE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE 9

ANNEXE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE AQUATIQUE 9

LABORATOIRE CRIIRAD 9

Avertissement : toutes les valeurs horaires sont données en heures T.U. (temps universel). Pendant les heures d'été, il faut ajouter 2 heures pour revenir à l'heure locale, alors que pendant la période d'hiver, il faut ajouter 1 heure.

SYNTHESE - AIR

1) TECHNIQUE

Pendant le mois :

- **Une panne de secteur ponctuelle, intervenue le 22 décembre, a provoqué une absence de valeurs sur les voies alpha direct, bêta direct et radon entre 12h TU et 15h27 TU. Cette panne est liée à des perturbations sur le réseau d'alimentation électrique de la région.**

2) RESULTATS DES CONTRÔLES

Aucune contamination n'a été détectée pendant le mois.

CONTRÔLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

Voie alpha direct
Les activités volumiques sont restées inférieures au seuil de détection (1 Bq/m^3).

Voie bêta direct
Les activités volumiques sont restées inférieures au seuil de détection (1 Bq/m^3).

Voie bêta retardé (temps t + 5j 10h)
Les activités volumiques sont restées inférieures au seuil de détection (0,01 Bq/m^3).

Voie iode
Les activités volumiques sont restées inférieures au seuil de détection (1 Bq/m^3).

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

Analyse en laboratoire du filtre bimestriel
L'analyse du filtre bimestriel sera présentée dans le prochain rapport mensuel.

Analyse en laboratoire d'une cartouche hebdomadaire
L'analyse a été effectuée sur les gaz piégés entre le 27/10/09 08h09 et le 05/11/09 08h38. Sur la période considérée, l'activité volumique moyenne en iode 131 est inférieure au seuil de détection (0,1 mBq/m^3).

	EMETTEUR	APPROBATION
Nom	M. MOTTE Jérémie	J. SYREN
Date	04/02/2010	04/02/10
Signature		

SYNTHESE - EAU

1) TECHNIQUE

- **Des interruptions au niveau de l'alimentation électrique de la balise sont survenues à 6 reprises au cours du mois. Ces interruptions sont liées à des essais de permutation de sources électriques réalisés par la CNR, et qui ont lieu au moins une fois par mois. Ces opérations ont entraîné l'absence de valeurs sur les 2 voies de mesures les 9 et 18 décembre pour une durée de l'ordre de 6 heures ; les 17 et 24 décembre durant environ 7 heures et enfin les 22 et 29 décembre pour une durée de l'ordre de 3 heures. Compte tenu de ces événements, le taux de fonctionnement de la balise a été de 96% durant le mois.**

- **de nombreux dépassements du seuil de détection ont été observés sur la voie gamma total et, dans une moindre mesure, sur la voie iode 131. Ces dépassements ont été causés en majorité par les épisodes pluvieux survenus au cours du mois. Les autres dépassements observés entre le 25 et le 29 décembre correspondaient à un phénomène d'encrassage de la cuve causé par un dysfonctionnement du système de nettoyage. Ce dysfonctionnement a été résolu lors d'une intervention effectuée par le laboratoire CRIIRAD le 29 décembre.**

2) RESULTATS DES CONTRÔLES

Aucune contamination n'a été détectée pendant le mois.

CONTRÔLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

Voie gamma total

Le seuil de détection (1,5 Bq/l) a été dépassé à plusieurs reprises au cours du mois. Le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) n'a jamais été dépassé. L'activité volumique maximale, mesurée le 13 décembre, a été de 6,6 Bq/l.

Voie iode 131

Le seuil de détection (1 Bq/l) a été dépassé 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 13 décembre, a été de 1,7 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) et en partie à un encrassage de la cuve suite à un dysfonctionnement du système de nettoyage.

CONTRÔLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

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

La prochaine analyse sera effectuée sur échantillon prélevé début janvier 2010.

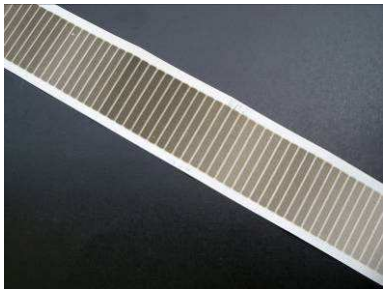
	EMETTEUR	APPROBATION
Nom	M. MOTTE Jérémie	J. SYREN
Date	04/02/2010	04/02/10
Signature		

BALISE ATMOSPHERIQUE

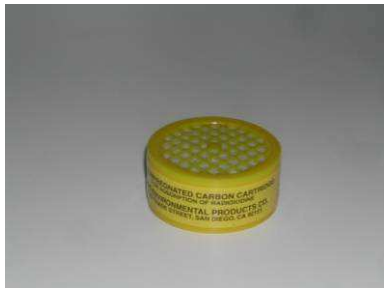
1 RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE

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 contrôle automatique continu 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 pour contrôle automatique continu en particulier de l'iode 131.



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 laboratoire[1] CRIIRAD afin d'identifier et de quantifier précisément la nature et l'activité de chacun des radioéléments émetteurs gamma. En situation courante, l'intégralité du filtre est analysée tous les deux mois et une cartouche hebdomadaire 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 le ministère chargé de l'Environnement et par le ministère chargé de la Santé pour le dosage des émetteurs gamma dans les matrices biologiques. Il a participé en outre avec succès à l'exercice d'intercomparaison organisé par l'IRSN sur le dosage de l'iode 129 et de l'iode 131 dans une cartouche à charbon actif.

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, les radioéléments bêta sont mesurés une seconde fois 5 jours après les mesures directes de manière à affiner les résultats. En effet, le « bruit de fond » des mesures différées 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/m^3** ; la **limite de détection des mesures retardées** (**bêta**) est de **0,01 Bq/m^3**. Pour l'**analyse de filtre mensuel** par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD, la **limite de détection** est **inférieure à 0,01 mBq/m^3 pour le césium 137** (comptage d'environ 50 000 s).

1.1.2 Iode

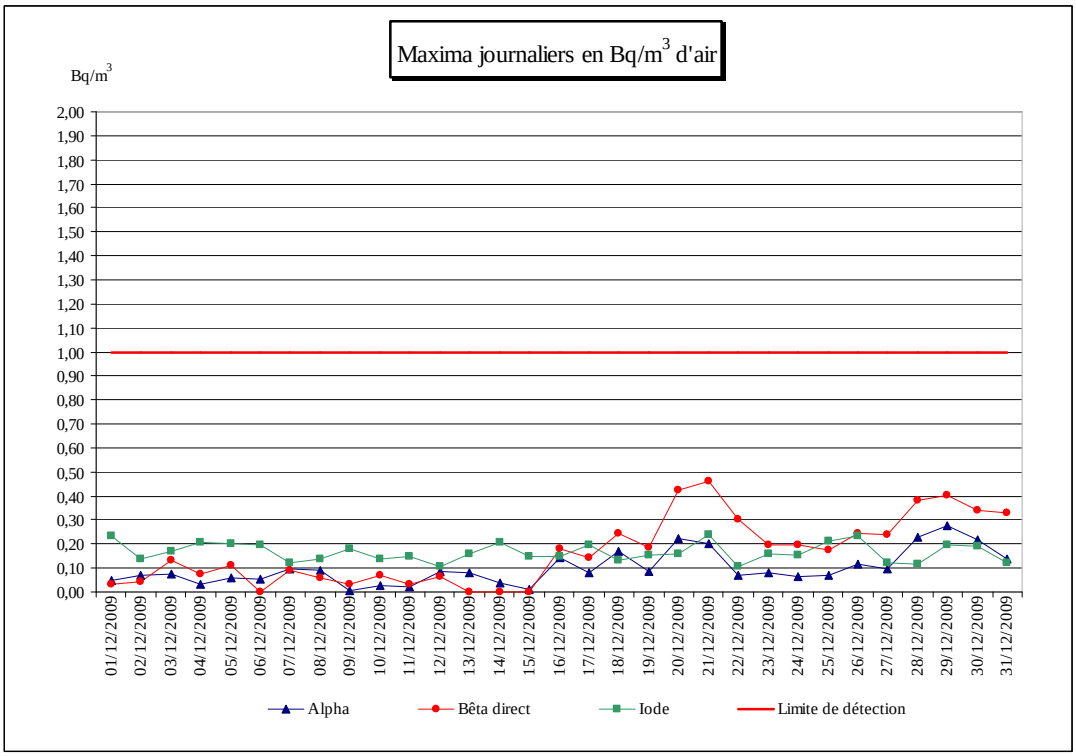
En cas d'incident, de nombreux produits de fission volatils peuvent être rejetés de façon conséquente dans l'air extérieur. L'expérience montre que parmi ces substances, l'une de celles qui a l'impact sanitaire le plus important est l'iode 131 (émetteur bêta/gamma de période physique égale à 8 jours). Afin de mesurer en continu l'activité volumique de l'air en iode 131, la balise possède un dispositif de piégeage des gaz (cartouche à charbon actif) mesuré par un détecteur gamma dont la fenêtre de mesure (291-437 keV) est centrée sur le principal pic de l'iode 131 (364,5 keV).

La **limite de détection** des **mesures directes d'iode 131** est de **1 Bq/m^3**. Pour l'**analyse mensuelle d'une cartouche hebdomadaire** par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD, la **limite de détection** est typiquement **inférieure à 0,1 mBq/m^3** pour l'iode 131 (comptage d'environ 50 000 s).

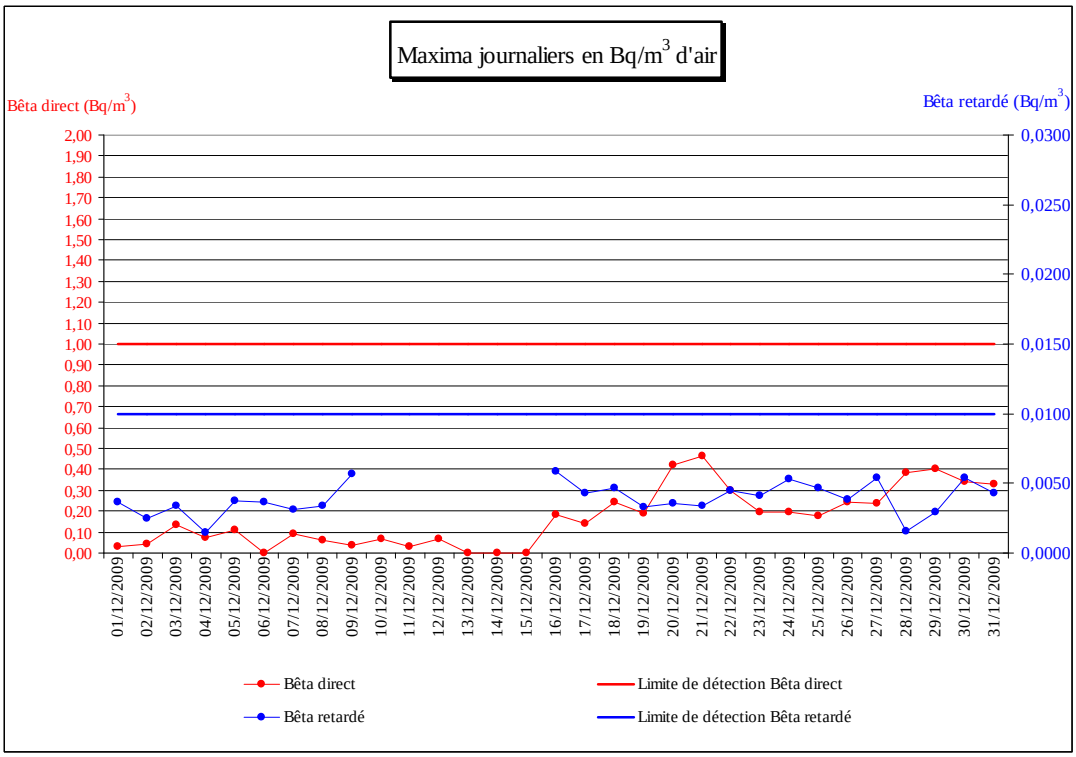
1.2 Résultats des contrôles automatiques en continu

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 au seuil de détection (1 Bq/m^3).

Bêta retardé

Aucune mesure n'a été effectuée entre le 10 et le 15 décembre du fait du prélèvement de filtre le 15 décembre (cf. note 3 page 7).

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

1.3 Résultats des contrôles différés par spectrométrie gamma

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'analyse de la cartouche prélevée au cours du trimestre. La prochaine analyse de filtre bimestriel sera présentée dans le prochain rapport mensuel.

1.3.1 Tableau

Le tableau ci-dessous présente pour le césium 137, le césium 134, l'iode 131 (radioactivité artificielle) et le béryllium 7[3] (radionucléide naturel) la limite de détection (précédée du signe <) ou l'activité mesurée (suivie de la marge d'incertitude) exprimés en millibecquerels par mètre cube (mBq/m^3).

Type d'échantillon	Début du dépôt	Fin du dépôt	Date de prélèvement	Date d'analyse	N° d'analyse	Cs 137 (mBq/m^3)	Cs 134 (mBq/m^3)	Be 7 (mBq/m^3)	I 131 (mBq/m^3)
Cartouche	27/10/09 08:09	05/11/09 08:38	05/11/09	06/11/09	24 682	-	-	-	< 0,1

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.

1.3.2 Commentaires

Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'a été détecté.

L'activité volumique en béryllium 7 correspond aux niveaux habituellement mesurés.

[3] Le béryllium 7 est donné à titre indicatif. C'est un produit radioactif naturel qui se forme dans les couches de la haute atmosphère et se dépose de manière assez homogène sur le sol.

2 RADIOACTIVITE NATURELLE

2.1 Qu'est-ce que le radon ?

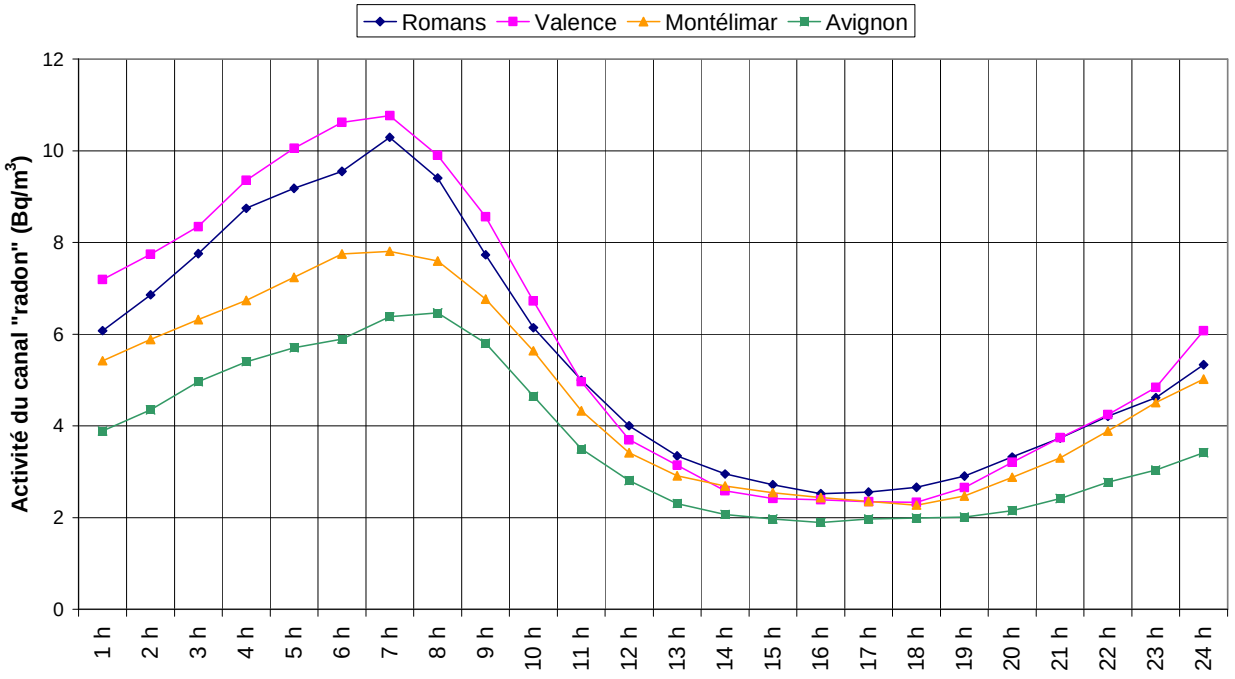
La balise mesure la concentration des descendants émetteurs alpha et bêta du radon (radon 222 et radon 220) présent dans l'atmosphère. Le radon est un gaz radioactif naturel descendant de l'uranium 238 (pour le radon 222) et du thorium 232 (pour le radon 220) contenus dans le sol.

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, neige, …).

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.

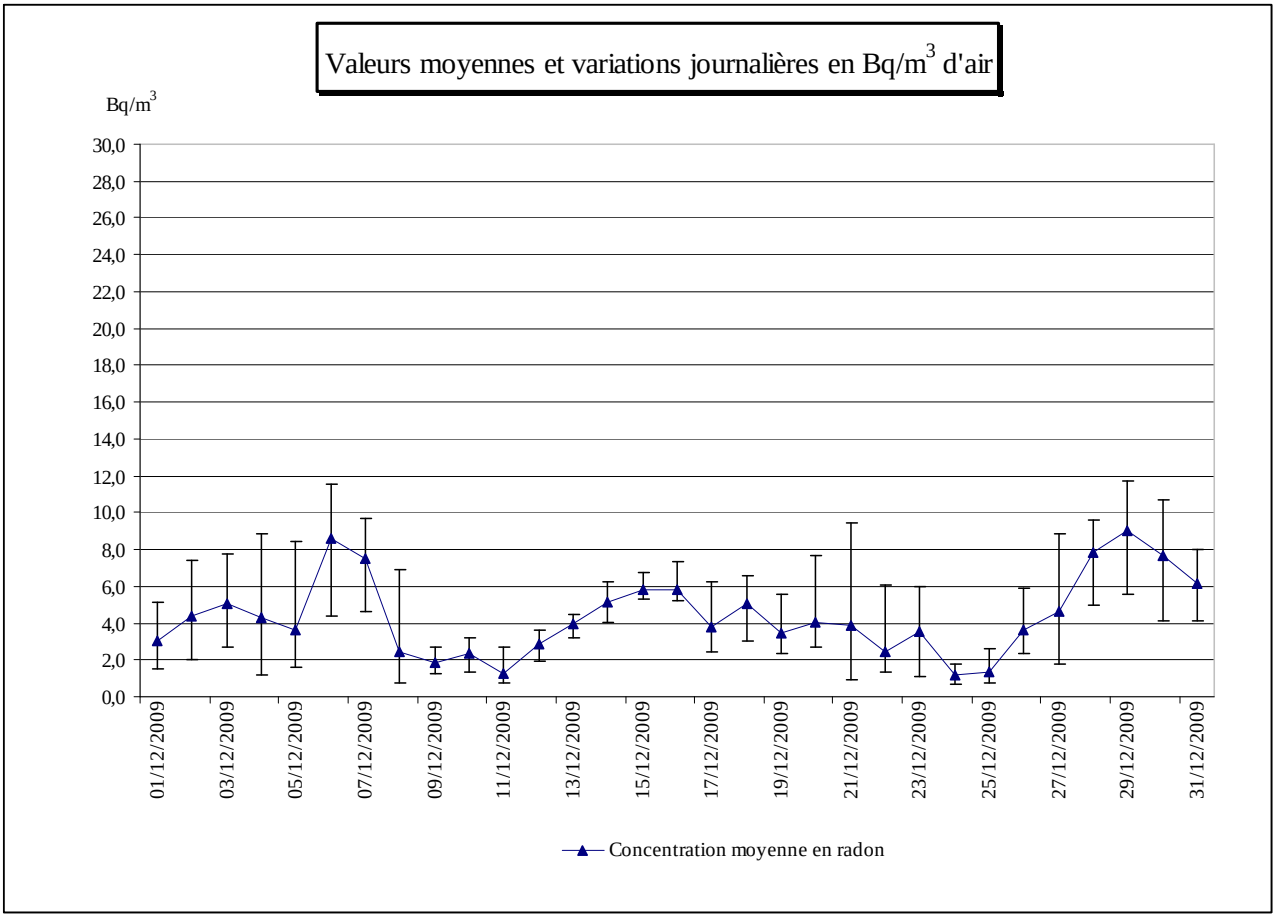
Radon - Activités horaires moyennes mesurées par les balises en septembre 2000



Exemple de variations journalières

2.2 Radon : résultats des contrôles automatiques en continu

2.2.1 Graphe[4]



2.2.2 Tableau de synthèse

Valeur horaire maximum relevée le 29/12/2009 à 10h00 Valeur horaire minimum relevée le 24/12/2009 à 21h00	11,7 Bq/m3 0,6 Bq/m3
Ecart le plus important le 21/12/2009 Ecart le plus faible le 24/12/2009	Ecart de 8,5 Bq/m3 Ecart de 1,2 Bq/m3
Moyenne mensuelle	**4,4 Bq/m3**

[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.

2.2.3 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 2008 pour la balise atmosphérique d'Avignon.

AVIGNON	Minima	Moyennes	Maxima
janv-08	0,3	4,1	13,8
févr-08	0,3	4,9	16,2
mars-08	0,3	1,6	8,9
avr-08	0,3	1,6	7,5
mai-08	0,4	2,5	8,5
juin-08	0,5	2,5	9,0
juil-08	0,7	2,7	10,2
août-08	0,5	3,0	13,9
sept-08	0,8	4,7	13,1
oct-08	0,5	5,0	16,7
nov-08	0,4	3,7	12,3
déc-08	0,3	4,2	14,5
2008	**0,3**	**3,4**	**16,7**

Activités volumiques du canal « radon » mesurées en 2008 (résultats en Bq/m^3)

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 l'ensemble des rayonnements gamma détectés dans l'eau de la cuve. 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.

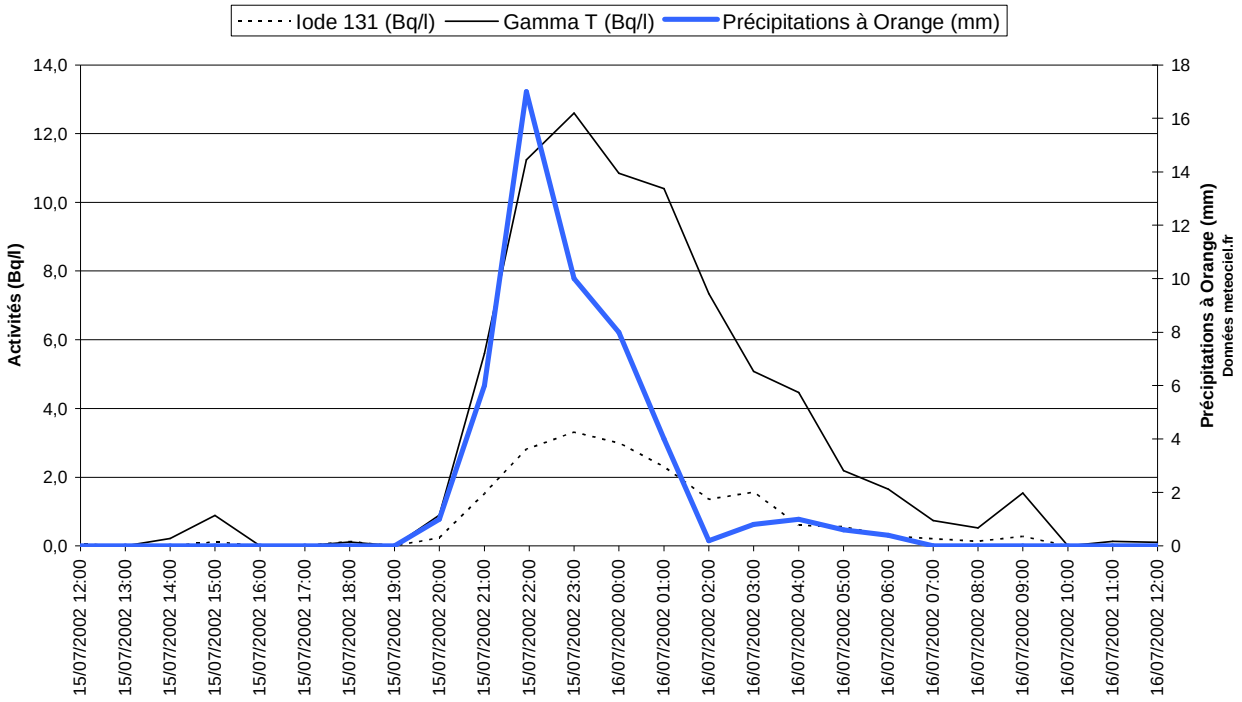
En situation courante, un échantillon d'eau est prélevé par le service hygiène santé de la mairie d'Avignon à proximité de la balise et analysé par le laboratoire CRIIRAD. Ce type de contrôle peut également être réalisé sans délai en cas de détection de contamination par la balise, grâce au service d'astreinte 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 (20 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 climatiques[5].

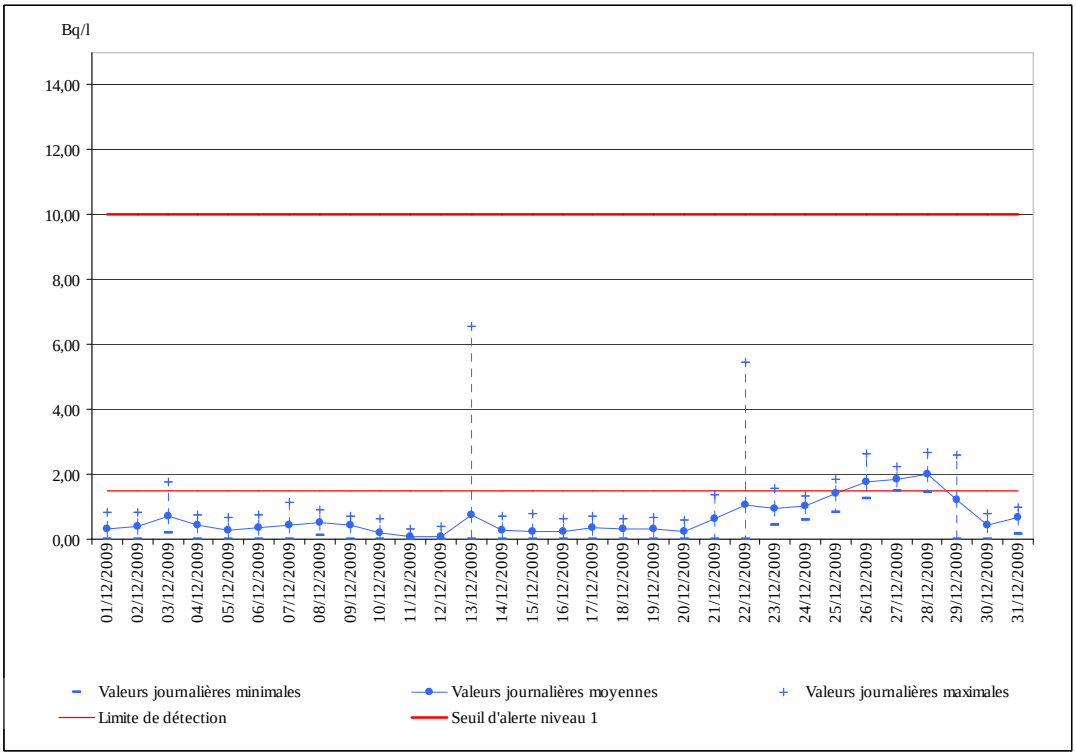
Balise aquatique d'Avignon - Exemple de dépassement dû aux précipitations



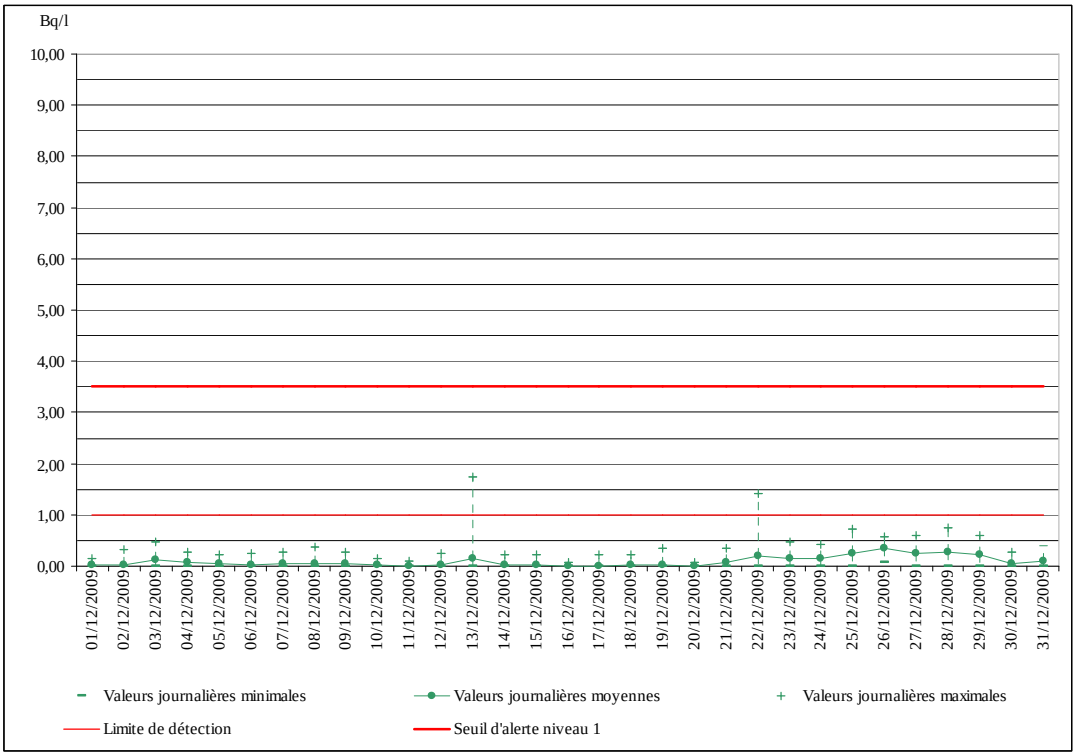
[5] L'expérience montre que lors d'un épisode orageux (dépassement ponctuel), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 3 et 4,5. Lors d'un épisode de type crue (dépassement progressif), le ratio gamma total / iode 131 est compris entre 4,5 et 6,3.

2 CONTROLES AUTOMATIQUES EN CONTINU

2.1 Graphes



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



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

2.2 Commentaires

Voie gamma total

Des dépassements ponctuels de la limite de détection (1,5 Bq/l) ont été observés le 3 décembre, le 13 décembre, les 22 et 23 décembre ainsi que du 25 au 29 décembre. Le premier seuil d'alerte (10 Bq/l) n'a jamais été dépassé ; l'activité maximale, mesurée le 13 décembre, a été de 6,6 Bq/l.

Voie iode 131

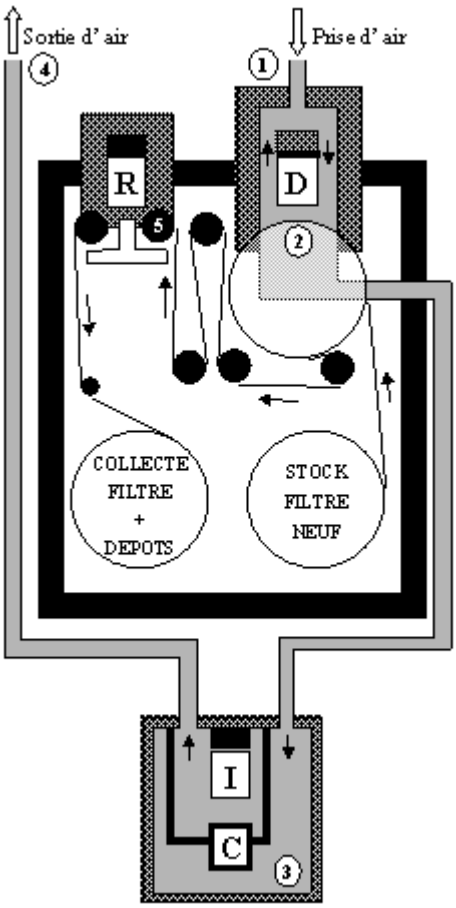
Des dépassements ponctuels de la limite de détection (1 Bq/l) ont été observés les 13 et 22 décembre. Le premier seuil d'alerte (3,5 Bq/l) n'a jamais été dépassé ; l'activité maximale, mesurée le 13 décembre, a été de 1,7 Bq/l.

Les dépassements observés au cours du mois sont liés en partie aux conditions climatiques (épisodes pluvieux ou crues) et en partie à un encrassage de la cuve de comptage suite à un dysfonctionnement du système de nettoyage (pour la période du 25 au 29 décembre).

3 CONTROLES DIFFERES PAR SPECTROMETRIE GAMMA

La prochaine analyse sera présentée dans le prochain rapport mensuel.

ANNEXE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA BALISE ATMOSPHERIQUE



1. L'air extérieur est aspiré par une pompe à un débit nominal de 25 m^3/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/m^3) 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).

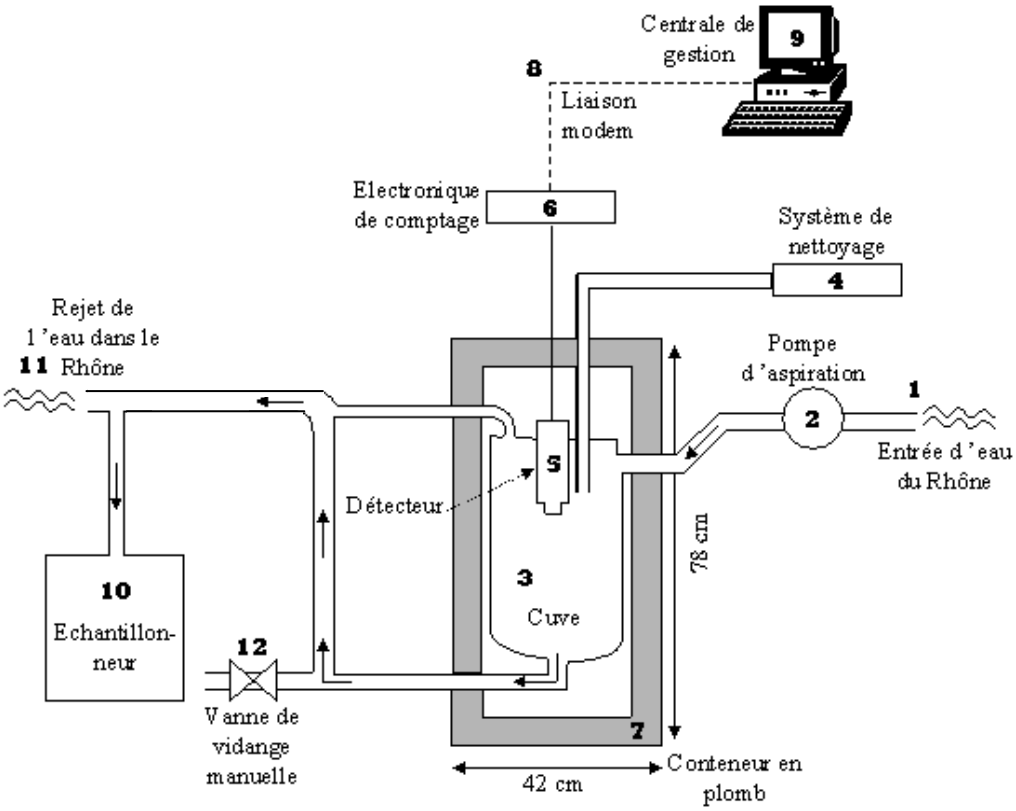
4. L'air est rejeté à l'extérieur.

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/m^3), 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 : 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 rinçage (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 dispositif Karcher (4) injecte deux litres d'eau de ville sous pression deux fois par jour, à 9h Temps Universel (TU) et à 15h 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.

- <u>Description des différents éléments composant le détecteur gamma (5)</u>
    - 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 M. 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)