

RESEAU DROMOIS DE BALISES DE CONTROLE DE LA QUALITE RADIOLOGIQUE DE L'AIR

SUIVI DES CONSEQUENCES EN FRANCE
DES REJETS DE LA CENTRALE NUCLEAIRE DE
FUKUSHIMA DAIICHI
(20 MARS 2011 – 31 MAI 2011)

Note CRIIRAD N°11-105 / Annexe au bulletin n°38 du réseau drômois

Document réalisé par le **laboratoire de la CRIIRAD**
avec le soutien financier des collectivités suivantes :

Rhône-Alpes Région

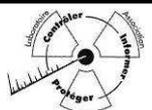


La ville de
ROMANS

VALENCE AGGLO
Sud Rhône-Alpes



Rédaction : Jérémie MOTTE, ingénieur environnement, responsable du service balises et
Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, responsable du 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
INTRODUCTION	3
1 RESUME DES INFORMATIONS MISES A DISPOSITION DU PUBLIC PAR LA CRIIRAD	4
1.1 RADIOACTIVITE DE L’AIR.....	4
1.2 RADIOACTIVITE DES PRECIPITATIONS ET DES ALIMENTS.....	6
2 SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L’AIR / MESURES OBTENUES A PARTIR DU RESEAU DE BALISES GERES PAR LA CRIIRAD DANS LE DEPARTEMENT DE LA DROME	9
2.1 SUIVI DU DEBIT DE DOSE GAMMA AMBIANT.....	9
2.2 SURVEILLANCE RENFORCEE DE LA QUALITE RADIOLOGIQUE DE L’AIR AU MOYEN DU RESEAU DE BALISES CRIIRAD SITUÉES DANS LA DROME	11
2.3 EVOLUTION DE LA CONTAMINATION PAR L’IODE 131.....	13
2.3.1 BALISE DE VALENCE.....	13
2.3.2 BALISE DE MONTELIMAR.....	15
2.3.3 BALISE DE ROMANS.....	17
2.3.4 COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DES BALISES D’AVIGNON ET DU PEAGE DE ROUSSILLON.....	19
2.4 EVOLUTION DE LA CONTAMINATION PAR LES CESIUMS 134 ET 137.....	19

ANNEXE 1 : ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA DE FILTRES ET CARTOUCHES – DEPOTS COMPRIS ENTRE LE 21 ET LE 27 MARS 2011

ANNEXE 3 : ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA DE FILTRES ET CARTOUCHES – DEPOTS COMPRIS ENTRE LE 28 MARS ET LE 9 AVRIL 2011

ANNEXE 3 : ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA DE FILTRES ET CARTOUCHES – DEPOTS POSTERIEURS AU 9 AVRIL 2011

INTRODUCTION

La question de l'impact sur le territoire français des rejets radioactifs de la centrale nucléaire japonaise de Fukushima Daiichi a été traitée dans plusieurs documents accessibles sur le site www.criirad.org. Il s'agit de différents communiqués de presse rédigés en urgence durant la phase critique en mars et avril 2011 et d'une note d'information de 9 pages mise en ligne le 9 avril 2011 intitulée : « Contamination de la France par les rejets de la centrale de Fukushima Daiichi / quels sont les risques ? ».

Un document plus complet de 56 pages, peut être téléchargé par modules sur le site de la CRIIRAD. Il rend compte des mesures réalisées par la CRIIRAD et effectue une analyse critique des données publiées par l'IRSN.

http://www.criirad.org/actualites/dossier2011/japon_bis/france/progression_masse_air.html

L'objet du présent document annexé au bulletin trimestriel N°38 (Avril à Juin 2011) du réseau Drômois de surveillance de la qualité radiologique de l'air est de :

- synthétiser les données fournies par le laboratoire de la CRIIRAD concernant la contamination de l'air, des précipitations et de la chaîne alimentaire suite à l'arrivée sur le territoire français des masses d'air contaminé en provenance du Japon (pages 4 à 8),
- détailler les mesures concernant la radioactivité de l'air obtenues à partir du réseau de balises gérées par la CRIIRAD dans le département de la Drôme (pages 9 à 20).

Le réseau de surveillance de la radioactivité en Drôme existe grâce au financement de plusieurs collectivités.

Le **Conseil Général de la Drôme** finance la gestion du réseau de surveillance des balises drômoises : fonctionnement de la centrale de gestion, transmission téléphonique entre balises et centrale de gestion, scrutation quotidienne des données enregistrées par les trois balises (Romans, Valence et Montélimar), édition et communication des résultats.

Le fonctionnement des balises proprement dites est financé par les collectivités locales. Pour l'année 2011, le financement est réparti de la façon suivante :

- la balise de Romans est entièrement financée par la **mairie de Romans** ;
- la balise de Valence est financée par la **Communauté d'Agglomération Valence Agglo Sud Rhône-Alpes**;
- la balise de Montélimar est financée par le **réseau montilien**. Celui-ci est constitué de la Communauté d'Agglomération Montélimar Sésame et de 14 communes (Aleyrac, Clionsclat, Condillac, Dieulefit, La Bégude-de-Mazenc, La Laupie, Larnas, Le Poët-Laval, Lorient-sur-Drôme, Rochebaudin, Saint-Bauzile, Saint-Gervais-sur-Roubion, Saint-Montan, Souspierre). Ces participations ne couvrant pas totalement le budget de fonctionnement de la balise, le financement est complété par une participation provisoire du Conseil Régional Rhône-Alpes et de la CRIIRAD, dans l'attente de nouveaux partenaires locaux.

Les analyses supplémentaires de filtres, cartouches, eau de pluie, végétaux, lait effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD pendant la période mars-mai 2011 ont pu être réalisées en partie grâce au soutien de la **Région Rhône-Alpes** dans le cadre de la Convention pluri-annuelle d'objectifs 2011 et sur les fonds propres de la CRIIRAD.

1 RESUME DES INFORMATIONS MISES A DISPOSITION DU PUBLIC PAR LA CRIIRAD

La CRIIRAD a suivi de près l'enchaînement dramatique des événements qui ont débuté au **Japon** avec le séisme et le tsunami le **11 mars 2011**. Dans les jours qui ont suivi, des explosions dues à l'accumulation d'hydrogène se sont succédées dans plusieurs bâtiments réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, en raison de la perte des systèmes de refroidissement. Ces événements sont à l'origine de rejets massifs de radioactivité dans l'air (dès la première explosion du 12 mars) mais aussi d'eau contaminée (après son injection dans les réacteurs pour les refroidir afin d'éviter les réactions en chaîne) dans l'Océan Pacifique.

Dans les jours suivants, la contamination de l'air a affecté la préfecture de Fukushima, mais aussi les préfectures voisines (notamment celle d'Ibaraki) jusqu'à la ville de Tokyo, située plus au sud, voire au-delà.

La CRIIRAD a suivi le trajet des masses d'air contaminé, anticipé la trajectoire générale de ces masses d'air grâce à des simulations numériques et collecté des informations sur le passage de panaches radioactifs via les réseaux de mesures situés aux Etats-Unis (détection de la contamination sur la côte ouest américaine entre le 16 et 17 mars), au Canada puis en Europe du Nord (où la détection a eu lieu entre le 21 et le 22 mars). C'est ce suivi qui a permis à la CRIIRAD d'estimer l'impact potentiel de l'arrivée des masses d'air contaminé sur le territoire français.

1.1 Radioactivité de l'air

Compte tenu de la distance (15 000 km), des facteurs de dilution (vent, précipitations,...) et de la décroissance avec le temps de l'activité des radionucléides responsables de la contamination, la CRIIRAD a indiqué dans un communiqué du **22 mars**, rédigé avant que la contamination ne touche la France métropolitaine, que les masses d'air contaminé ne devraient pas y conduire à une augmentation du débit de dose ambiant ni à une augmentation de l'activité volumique de l'air qui puisse être détectable au moyen des mesures effectuées en direct et en continu par les balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique.

Cette analyse a priori nous a permis d'être immédiatement très rassurants pour les risques associés à l'exposition externe et à l'inhalation, mais plus nuancés sur les risques liés à l'ingestion d'eau ou aliments contaminés par les retombées.

En ce qui concerne **l'irradiation externe**, la **sonde gamma**¹ située à Valence n'a enregistré en mars et avril 2011 aucune variation anormale du taux de radiation ambiant (débit de dose gamma exprimé en microSievert par heure). La légère augmentation enregistrée à 4 heures du matin dans la nuit du 4 au 5 avril (0,11 $\mu\text{Sv/h}$ contre 0,09 $\mu\text{Sv/h}$ en moyenne du 20 mars 00h TU au 20 avril 00h TU) était due à l'entraînement par la pluie des descendants à vie courte du radon, gaz radioactif naturel omniprésent dans l'air ambiant.

En ce qui concerne le suivi de la **concentration en éléments radioactifs de l'air**, les niveaux de contamination attendus étaient trop faibles pour être détectés par les mesures directes, mais suffisamment élevés pour être détectés par les analyses en laboratoire des dispositifs de piégeage des balises², beaucoup plus précises que les mesures directes. La CRIIRAD a donc mis en place un plan de surveillance adapté en augmentant la fréquence des prélèvements et

¹ Cette sonde a été installée en 2009 grâce au soutien financier de la région Rhône-Alpes.

² Les filtres à aérosols retiennent les poussières radioactives telles que celles liées au césium. Par contre, l'iode radioactif est le plus souvent majoritairement sous une forme gazeuse qui n'est que très mal retenue par les filtres à aérosols. Pour piéger l'iode gazeux et en déterminer la concentration dans l'air, les balises que gère la CRIIRAD sont équipées de capteurs spéciaux (cartouches à charbon actif).

analyses des filtres des balises. Au lieu d'effectuer une analyse mensuelle des filtres à aérosols et une analyse hebdomadaire de certaines des cartouches à charbon actif, les mesures ont été effectuées à une fréquence au moins hebdomadaire pour les filtres, et quasi quotidienne pour les cartouches de la balise située à **Valence**.

Ce suivi renforcé a permis de mettre en évidence une contamination³ de l'air par l'**iode 131 entre fin mars et fin avril** (quelques millibecquerels par mètre cube d'air).

En vallée du Rhône, le pic de contamination a été observé globalement par les balises que gère la CRIIRAD entre le 28 mars et le 7 avril avec un maxima proche de 9 mBq/m³, enregistré à Valence entre le 30 et le 31 mars, correspondant à des niveaux 100 fois inférieurs à ceux qui peuvent être mis en évidence par les mesures directes.

Sur ce graphique qui figure page 13 sont reportées en bleu les concentrations en iode sous forme gazeuse et en vert celles liées à l'iode sous forme particulaire (aérosol). On remarque qu'en moyenne plus de 80 % de l'activité de l'iode 131 est sous forme gazeuse. C'est pourquoi, afin de réaliser un diagnostic précis du niveau de contamination et donc des doses subies, il est si important de disposer de moyens de mesure de l'iode 131 gazeux. Sur la base de ces mesures, la CRIIRAD a indiqué que la quantité d'iode radioactif inhalée entre le 26 mars et fin mai était, par exemple à Valence, inférieure à 1 becquerel pour un jeune enfant et à 2 becquerels pour un adulte. Dans ces conditions la dose associée est extrêmement faible.

Grâce à tous ces résultats, la CRIIRAD a pu préciser et conforter ses premières estimations, selon lesquelles :

- **aucune protection** n'était nécessaire par rapport à l'**exposition externe**,
- **aucune protection** ne se justifiait par rapport au risque d'**inhalation** des radionucléides présents dans l'air. La CRIIRAD a ainsi fortement déconseillé aux particuliers qui l'ont contactée, de se confiner à leur domicile. En effet, le risque radiologique lié à l'inhalation de 2 Bq d'iode 131 est bien inférieur aux problèmes posés par l'accumulation d'air vicié (et donc de polluants, y compris le radon, un gaz radioactif naturel).

Durant cette phase de suivi renforcé, les résultats des analyses de la radioactivité de l'air ont été mis en ligne régulièrement sur le site internet des balises (plusieurs fois par semaine) et des communiqués ont été envoyés régulièrement par courriel à l'ensemble des partenaires du réseau, aux adhérents de la CRIIRAD et à la presse.

³ Les césiums 137 et 134 ont également été détectés, mais plus ponctuellement et avec des activités bien inférieures (de 10 à 100 fois) à celles de l'iode 131 durant les 3 premières semaines d'avril. Ces radionucléides n'ont plus été détectés dans les analyses effectuées sur l'air au mois de mai. En réalité, les rejets de la centrale nucléaire japonaise ont porté sur des dizaines de radionucléides différents. Ceux rejetés en plus grande quantité étaient très probablement des gaz rares radioactifs (par exemple des isotopes du xénon et du krypton), ainsi que des isotopes à courte période du tellure. Le xénon 133 a notamment été détecté sur la côte ouest des Etats-Unis, à des niveaux 100 fois supérieurs à l'iode 131, mais il s'agit d'un gaz rare qui n'est que très peu piégé par les dispositifs filtrants qui équipent les balises. Par ailleurs, du fait de sa période radioactive de 5 jours, son activité décroît plus rapidement que celle de l'iode 131. A noter également que l'IRSN a mesuré de très faibles niveaux de tellure 132 (période radioactive : 3,3 jours) sur des prélèvements de la fin mars 2011.

1.2 Radioactivité des précipitations et des aliments

Pour effectuer une évaluation complète des risques liés à des retombées radioactives, il est indispensable de s'interroger sur le niveau des dépôts au sol (dépôts secs et dépôts dits humides liés aux précipitations) et sur la contamination des denrées alimentaires.

En effet, et les retombées de Tchernobyl l'ont malheureusement bien montré, les doses les plus importantes interviennent le plus souvent dans la phase « post retombées » non plus à cause de l'inhalation, mais à cause de l'ingestion de denrées contaminées. Il faut alors suivre la radioactivité des précipitations et des denrées les plus exposées à des retombées radioactives, les légumes à larges feuilles, les plantes aromatiques, le lait et les produits laitiers (du fait du transfert herbe – animal – lait).

Des dizaines d'analyses d'eau de pluie, végétaux et aliments ont donc été réalisées par la CRIIRAD pendant la période des dépôts.

En ce qui concerne le contrôle des **eaux de pluie** en **France**, l'iode 131 a été détecté par la CRIIRAD à des concentrations comprises entre 0,24 Bq/l et 4,9 Bq/l. Compte tenu de la pluviométrie cela correspond à des dépôts humides de quelques Bq/m² à dizaines de Bq/m². Sur les prélèvements de fin avril (Haute-Garonne) et début mai (Finistère), l'iode 131 n'était plus détectable.

Analyse des eaux de pluie (CRIIRAD, 26 mars au 2 mai 2011)

Lieu de collecte		Pluie tombée		Iode 131 en Bq/l	Dépôts humides
Département	Commune	du	au		
Drôme	Toulaud	27/03/2011 - 10h30	28/03/2011 - 8h	0,73	9 Bq/m ²
Finistère	Quimper	27/03/2011 - 17h40	27/03/2011 - 20h15	0,49	4 Bq/m ²
		2/05/2011 - 15h15	2/05/2011 - 16h30	< 0,11	< 4 Bq/m ²
Gironde	St-Médard- en-Jalles	26/03/2011	27/03/2011	3,20	47 Bq/m ²
		29/03/2011 - 21h	31/03/2011 - 8h	1,35	
Haute-Corse	Lama	28/03/2011 - 11h	28/03/2011 - 14h	1,90	< 27 Bq/m ²
Haute-Garonne	Castelnau d'Estretfonds	27/03/2011 - 12h	30/03/2011 - 13h	4,90	(69) Bq/m ²
		23/04/2011	25/04/2011	< 0,15	< 3 Bq/m ²
Haute-Savoie	Annecy	27/03/2011 - 19h	28/03/2011 - 7h	0,24	6 Bq/m ²
		30/03/2011 - 20h	01/04/2011 - 7h	< 0,6	< 4 Bq/m ²
Nord	Verchain Maugre	30/03/2011 - 15h	31/03/2011 - 15h	0,66	7 Bq/m ²
Seine-et-Marne	Avon	29/03/2011 - 16h30	31/03/2011 - 9h	1,20	29 Bq/m ²

En ce qui concerne le contrôle des aliments, la majorité des échantillons analysés par la CRIIRAD ont été prélevés dans la Drôme et l'Ardèche. Des exemples de résultats d'analyse de **végétaux** à risque (salade, épinards, thym) sont reportés dans le tableau ci-après (échantillons du 5 au 10 avril). Les activités massiques en iode 131 sont de quelques becquerels par kilogramme.

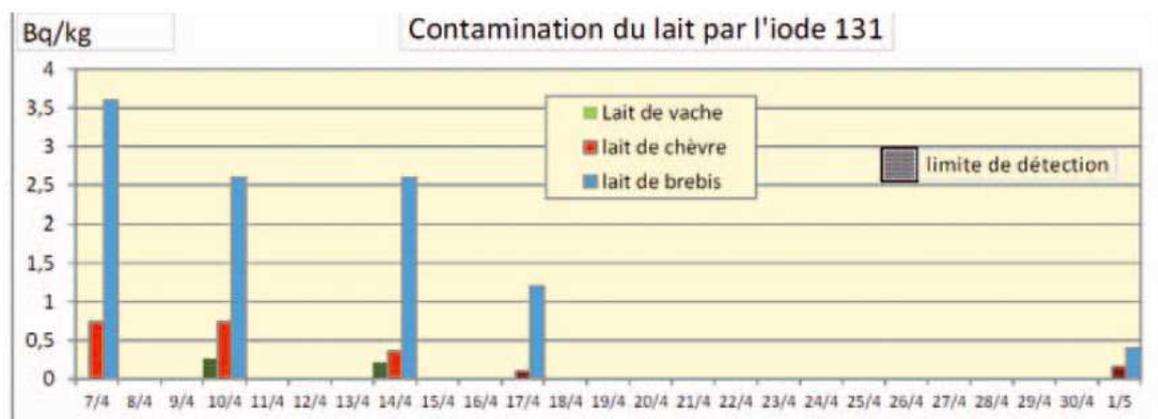
Analyse de végétaux (CRIIRAD, 5 au 10 avril 2011)

Légumes et herbes aromatiques	Lieu de collecte	Date de collecte	Iode 131 en Bq/kg frais
Blettes	Drôme	05-avril	2,1
Epinards	Drôme	05-avril	1,7
Pissenlits	Ardèche	06-avril	2,0
Salade frisée	Drôme	06-avril	0,75
Oseille	Drôme	06-avril	1,0
Epinards	Drôme	06-avril	2,4
Poireaux	Drôme	06-avril	< 0,6
Sauge	Ardèche	10-avril	3,5
Sarriette	Ardèche	10-avril	2,6
Thym	Ardèche	10-avril	4,5
Orties	Ardèche	10-avril	1,8

Les résultats d'analyse de **lait** de vache, chèvre et brebis prélevés en Ardèche entre le 7 avril et 1^{er} mai dans des secteurs proches figurent sur le graphique ci-dessous. On remarque que l'activité du lait de brebis est de 3 à 7 fois supérieure à celle du lait de chèvre et au moins 10 fois inférieure à celle du lait de vache.

Sur la base de ces résultats, la CRIIRAD a déconseillé pendant quelques semaines (durant le mois d'avril) 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, en particulier pour les jeunes enfants.

Analyse de lait en Ardèche (CRIIRAD, 5 au 10 avril 2011)



En effet, pour un enfant en bas âge, l'ingestion d'une cinquantaine de becquerels d'iode 131 suffit à délivrer à son organisme une dose de 10 microSieverts. Cette valeur de 10 microSieverts est la dose retenue par la directive Euratom 96 / 29 pour considérer que l'impact d'une activité nucléaire est négligeable⁴. Au-delà de cette valeur, il convient de réfléchir

⁴ A ne pas confondre avec la dose maximale annuelle admissible de 1 milliSievert par an soit 1 000 microSieverts par an, valeur au-delà de laquelle les risques sanitaires sont jugés inacceptables (directive Euratom 96/29, Code de la Santé Publique).

aux mesures qu'il est possible de mettre en œuvre pour diminuer les expositions. Si les aliments « à risque » (légumes à larges feuilles, lait et fromages frais, etc..) contiennent de l'ordre de 1 à 10 Bq/kg, voire plus, il est tout à fait possible d'imaginer qu'en 2 ou 3 semaines le seuil de référence de 10 μ Sv/an puisse être dépassé. Dans sa communication de début avril 2011 la CRIIRAD a donc recommandé :

« Il est cependant facile de limiter les expositions à des niveaux négligeables en veillant à ce que ces aliments ne constituent pas, tout au long du mois d'avril, la base de l'alimentation de la famille. On peut ainsi préférer le lait « longue conservation » au lait frais, ne pas faire d'excès avec les fromages frais de brebis, les blettes, les salades ou les épinards. Ces mesures de bon sens concernent tout particulièrement les enfants, les femmes enceintes et les mamans qui allaitent ».

L'iode 131 a une période physique de 8 jours. Cela signifie que sa radioactivité est divisée par 2 tous les 8 jours, par un facteur 16 au bout d'un mois et plus de 1 000 au bout de 3 mois. En l'absence de nouveaux rejets massifs d'iode 131, la contamination en iode 131 liée à Fukushima ne devait plus être mise en évidence en mai 2011.

Les mesures réalisées ont montré qu'effectivement, en mai 2011, plus aucune mesure de protection n'était justifiée, en France, y compris vis-à-vis de l'eau de pluie ou des aliments sensibles aux retombées radioactives.

Des exemples de résultats d'analyse de végétaux effectués par la CRIIRAD sont reportés dans le tableau ci-dessous (échantillons du 4 au 5 mai), on constate que l'iode 131 n'est plus détectable.

Analyse de végétaux (CRIIRAD, 4 au 5 mai 2011)

Légumes et herbes aromatiques	Lieu de collecte	Date de collecte	Iode 131 en Bq/kg frais
Epinards	Ardèche	04-mai	< 0,16
Thym	Ardèche	05-mai	< 0,46
Pissenlits	Ardèche	05-mai	< 0,61
Epinards	Ardèche	05-mai	< 0,25
Sauge	Ardèche	05-mai	< 0,83
Sarriette	Ardèche	05-mai	< 0,28

Il convient de rester par contre vigilants sur l'importation de denrées alimentaires en provenance des zones les plus touchées du territoire japonais. Car si l'iode 131 n'est plus détecté en cette fin d'année dans les denrées japonaises, la contamination en césium 137 et 134 de certaines productions reste élevée.

2 SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR / MESURES OBTENUES A PARTIR DU RESEAU DE BALISES GERES PAR LA CRIIRAD DANS LE DEPARTEMENT DE LA DROME

2.1 Suivi du débit de dose gamma ambiant

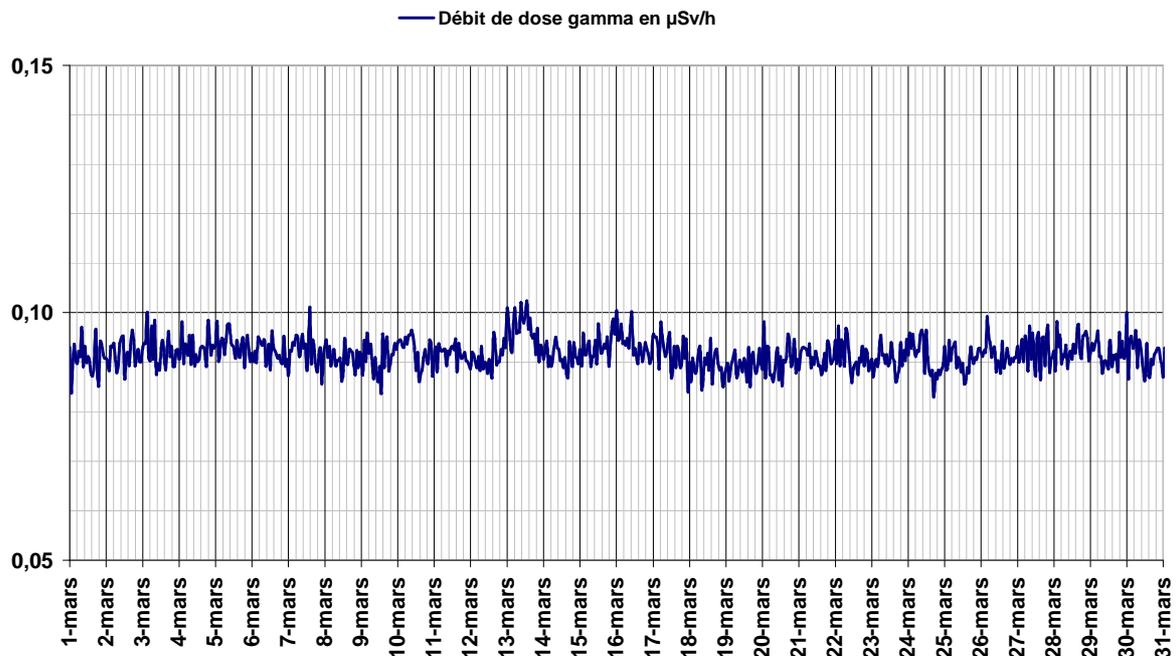
La CRIIRAD a suivi l'évolution du débit d'équivalent de dose gamma au moyen de la sonde présente à **Valence**. Les mesures de débit de dose (en $\mu\text{Sv/h}$) ont confirmé que la présence des masses d'air contaminé liées aux rejets de la centrale de Fukushima Daiichi n'entraînait aucune augmentation mesurable du niveau de rayonnement gamma.

Ceci est illustré par la courbe ci-dessous qui reproduit les valeurs horaires enregistrées du 1^{er} au 31 mars.

Les résultats fluctuent entre 0,083 et 0,102 $\mu\text{Sv/h}$, ces fluctuations sont principalement liées aux variations de la radioactivité naturelle (présence de produits radioactifs naturels dans l'air, en particulier le radon et ses descendants).

On ne constate aucune augmentation mesurable depuis l'arrivée des masses d'air contaminé sur la France (à Valence, l'iode 131 a été détecté par la CRIIRAD à partir du 28-29 mars, cf page 13).

Le niveau de rayonnement moyen enregistré à Valence entre le 1^{er} et le 20 mars, avant l'arrivée des masses d'air contaminé est de 0,098 $\mu\text{Sv/h}$. Cette valeur est comparable à la moyenne des valeurs enregistrées du 30 au 31 mars (soit 0,091 $\mu\text{Sv/h}$), au moment du pic de contamination en iode 131 de l'air ambiant à Valence (voir graphe page 13).



Dans les semaines suivantes, malgré les dépôts au sol d'une partie des éléments radioactifs contenus dans l'air, les relevés effectués à Valence n'ont révélé aucune augmentation du niveau de rayonnement ambiant en dehors des fluctuations liées à la radioactivité naturelle. En France, le niveau des retombées au sol était en effet trop faible pour provoquer une élévation mesurable du niveau de la radioactivité gamma ambiante.

Ce suivi a permis à la CRIIRAD de pouvoir répondre à de nombreuses demandes de personnes ou d'associations détentrices de radiamètres ou de dosimètres qui pensaient que les augmentations des valeurs affichées par leur appareil étaient liées aux rejets de la centrale de Fukushima.

Pour en savoir plus voir le document sur le site CRIIRAD :

http://www.criirad.org/actualites/dossier2011/japon_bis/pdf/fukushima_france_6_8.pdf

2.2 Surveillance renforcée de la qualité radiologique de l'air au moyen du réseau de balises CRIIRAD situées dans la Drôme

Le réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD comporte 5 balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique situées dans la vallée du Rhône. Il s'agit des balises du réseau drômois (**Romans, Valence et Montélimar**, dont les résultats sont détaillés dans ce document), et des balises du **Péage de Roussillon** (Isère) et d'**Avignon** (Vaucluse)⁵.

Les balises atmosphériques aspirent en continu l'air extérieur par un système de pompes et le font circuler à travers deux modules de piégeage placés en vis-à-vis de différents détecteurs de rayonnements : un filtre papier qui collecte les aérosols ou poussières atmosphériques (mais pas les produits radioactifs sous forme gazeuse) et qui est contrôlé par deux détecteurs, l'un pour l'activité bêta, l'autre pour l'activité alpha ; une cartouche à charbon actif (remplacée en routine toutes les semaines pour garantir sa capacité de piégeage) qui est contrôlée par un détecteur de rayonnements gamma, dont la fenêtre de détection est ciblée sur le contrôle de l'iode 131 gazeux. Les filtres et cartouches sont mesurés automatiquement et en continu, 24h sur 24, 365 jours par an.

Les limites de détection de ces mesures directes sont relativement élevées : 1 Bq/m³ (becquerel par mètre cube d'air) pour l'activité alpha et l'activité bêta (aérosols) ainsi que l'activité de l'iode 131 (gaz). Comme attendu, aucun dépassement de ces limites de détection n'a été enregistré pendant le passage en France des masses d'air contaminé.

En revanche, il est possible de mettre en évidence des niveaux de contamination inférieurs à la limite de détection des mesures directes en prélevant les filtres et en les analysant par spectrométrie gamma au laboratoire CRIIRAD.

En fonctionnement normal :

- le **filtre** est prélevé à la balise et analysé par spectrométrie gamma à une fréquence mensuelle (les résultats des analyses permettent de déterminer les activités volumiques moyennes des radionucléides tels que le césium 137 présents dans les aérosols - correspondant à un mois d'exposition). En général, aucune contamination n'est mise en évidence, la limite de détection est typiquement inférieure à 0,02 mBq/m³ pour le césium 137 ;
- les **cartouches à charbon actif** (qui piègent donc l'iode 131 gazeux) sont prélevées de façon hebdomadaire (ou tous les 15 jours) et analysées une fois par mois (l'activité volumique de l'iode 131 correspond dans ce cas à une activité moyenne pendant la période d'exposition. La limite de détection de l'iode 131 gazeux est typiquement inférieure à 0,1 mBq/m³).

Le laboratoire de la CRIIRAD a modifié **à compter du 20 mars la fréquence des prélèvements** et des analyses en fonction des résultats obtenus. Durant la phase de contamination, cette fréquence a été hebdomadaire pour l'ensemble des balises. Les prélèvements ont même été plus fréquents entre **fin mars et fin avril** (parfois prélèvement quotidien) au niveau de la balise de Romans puis de celle de Valence, afin de rendre compte précisément de l'évolution de la contamination.

⁵ Durant cette phase de surveillance, la CRIIRAD a examiné également les résultats des analyses des prélèvements effectués par les balises gérées notamment par le CEA, l'armée, l'IRSN et les exploitants nucléaires en France.

Il était nécessaire de conduire en parallèle :

- les analyses des **filtres aérosols**, permettant de déterminer par exemple les activités en Bq/m³ des éléments comme les **césiums 134 et 137** ainsi que de **l'iode 131** particulaire (présents dans les poussières)
- les analyses de cartouches à charbon actif qui peuvent piéger la forme gazeuse de l'iode 131. L'accident de Tchernobyl (1986) avait en effet montré que l'iode gazeux pouvait constituer la majeure partie de l'iode radioactif.

La contamination en iode 131 n'étant plus détectée en **mai**, la surveillance renforcée s'est poursuivie avec une fréquence de prélèvements et d'analyses plus espacée. Le suivi a été hebdomadaire pour les cartouches à charbon actif des balises du réseau durant les 3 premières semaines du mois et bimensuel pour les filtres aérosols (mensuel pour le filtre de Valence).

En **juin**, la gestion des prélèvements et des analyses est devenue quasiment normale (gestion mensuelle des filtres, prélèvement hebdomadaire des cartouches et analyse hebdomadaire d'une cartouche du réseau de balises CRIIRAD).

Principaux résultats des analyses et recommandations faites par la CRIIRAD

Les analyses ont permis d'identifier la présence de l'iode 131 (notamment au cours de la dernière semaine du mois de mars et durant les 3 premières semaines du mois d'avril), 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. Des traces de césium 134 et 137 ont été détectées ponctuellement dans certaines analyses de filtres aérosols courant avril. Aucun autre radionucléide artificiel émetteur gamma n'a été mis en évidence au cours du suivi.

Les résultats d'analyses des filtres et cartouches sont détaillés ci-après.

2.3 Evolution de la contamination par l'iode 131

Résumé

Le suivi effectué à la balise de **Valence** 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, l'iode 131 n'était plus détectable (voir partie 2.3.1). Les mêmes tendances ont été observées au niveau des balises de **Montélimar** et **Romans** (voir parties 2.3.2 et 2.3.3).

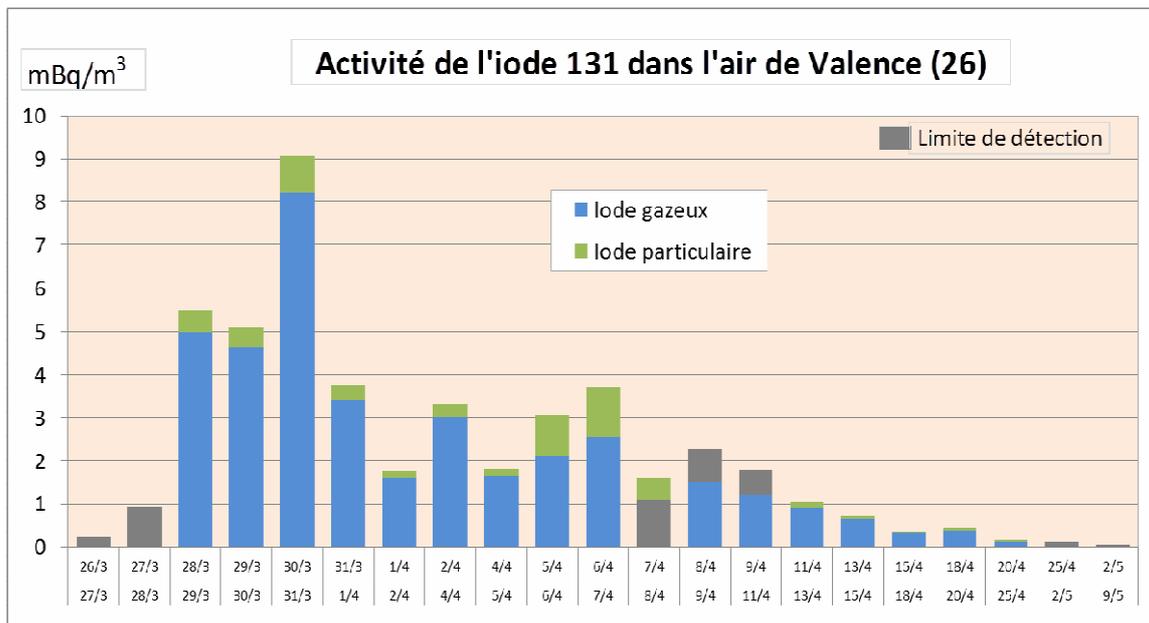
Grâce aux deux dispositifs de filtration utilisés (filtre aérosols et cartouche à charbon actif), il a été possible de déterminer **l'activité totale de l'air en iode 131**, qu'il soit présent sous forme particulaire ou gazeuse. C'est cette valeur globale qui renseigne sur le niveau d'exposition des habitants.

Les mesures ont confirmé que c'est la forme gazeuse de l'iode 131 qui a été prédominante : **l'iode sous forme gazeuse a représenté en moyenne 83% de l'iode total** dans l'air de **Valence** durant la période de contamination.

2.3.1 Balise de Valence

Suivi pendant la période de crise (fin mars- fin avril)

Note : dans le graphique ci-dessous, 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).



- L'iode 131 a été détecté dans l'air de Valence fin mars : l'analyse de la **cartouche** à charbon actif (qui a filtré l'air de Valence **entre le 28 et le 29 mars** et piégé **l'iode 131 présent sous forme gazeuse**) a révélé une activité volumique moyenne de l'ordre de **5 mBq/m³**. La contamination de l'air par l'iode 131 a été confirmée le jour suivant à des niveaux comparables. L'analyse du **filtre papier** qui retient les aérosols (poussières radioactives atmosphériques) déposés **entre le 28 mars et le 5 avril**, a confirmé la présence d'iode 131 sous forme particulaire dans l'air de Valence, à une activité moyenne durant ces 8 jours d'exposition de l'ordre de **0,5 mBq/m³**.

- Le pic de la contamination de l'air a été atteint à **Valence** dans la journée du 30 au 31 mars, avec une activité volumique moyenne (en considérant la contribution des 2 formes, particulaire et gazeuse, de l'iode 131) de l'ordre de 9 mBq/m³. Les activités moyennes de l'iode 131 dans l'air se sont maintenues la semaine suivante (entre le 31 mars et le 6 avril) à des valeurs fluctuant entre 2 et 4 mBq/m³.
- L'activité de l'iode 131 a commencé à décroître de façon progressive les 2 semaines suivantes. L'iode 131 n'était plus détecté à partir du 25 avril.

Compte tenu de la décroissance de l'activité et de l'absence de détection de la contamination fin avril, les prélèvements et les analyses ont été progressivement espacés pour permettre le piégeage de volumes d'air plus importants et abaisser la limite de détection des radionucléides recherchés.

Suivi durant le mois de mai

Le prélèvement des cartouches a été effectué à une fréquence hebdomadaire et 3 de ces cartouches ont été analysées au cours du mois.

La totalité du filtre aérosols mensuel a été prélevée et analysée.

Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée. Les limites de détection sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Média filtrant	Air échantillonné		Date de prélève	Date d'analyse	I 131 en mBq/m ³
	du	au			
Filtre Valence	01/05/11 00:00	01/06/11 00:00	01/06/11	03/06/11	< 0,067
Cartouche Valence	02/05/11 08:48	09/05/11 12:55	09/05/11	09/05/11	< 0,042
Cartouche Valence	09/05/11 12:58	16/05/11 14:36	16/05/11	16/05/11	< 0,047
Cartouche Valence	16/05/11 14:38	23/05/11 13:56	23/05/11	23/05/11	< 0,062

Légende Résultats exprimés en millibecquerels par mètre cube d'air (mBq/m³) à la date de mesure.
 ± : marge d'incertitude
 < : limite de détection
 - : non mesuré

Suivi durant le mois de juin

Toutes les cartouches à charbon actif ont été prélevées à une fréquence hebdomadaire. L'une d'entre elles, correspondant à une exposition entre le 30/05 et le 06/06, a été analysée.

La totalité du filtre aérosols mensuel a été prélevée et analysée.

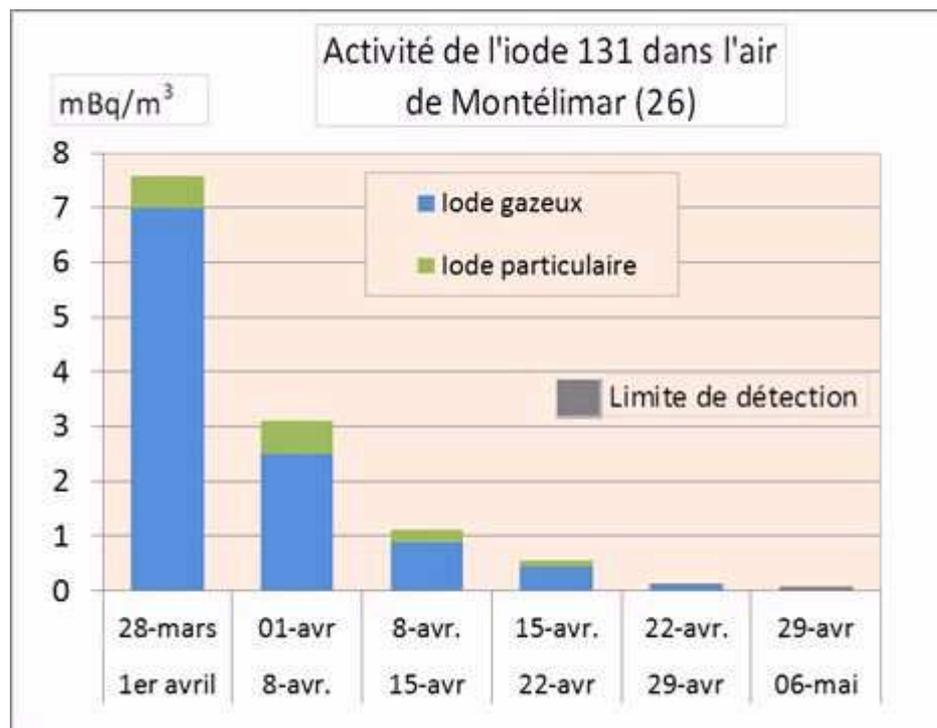
Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée : les limites de détection ont été de 0,09 mBq/m³ pour la cartouche et 0,12 mBq/m³ pour le filtre aérosols.

2.3.2 Balise de Montélimar

Suivi pendant la période de crise (fin mars- fin avril)

Les prélèvements et les analyses de filtres et de cartouches de la balise de Montélimar ont été effectués à une fréquence hebdomadaire. L'évolution de l'activité moyenne de l'iode 131 sous ses 2 formes, gazeuse et particulaire dans l'air de Montélimar est illustrée sur le graphique ci-dessous.

Note : dans ce graphique, 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).



La contamination de l'air de **Montélimar** par l'iode 131 a été détectée pour la première fois sur les filtres exposés entre **le 28 mars et le 1^{er} avril**. Le pic de contamination a été mesuré durant cette période, l'activité volumique moyenne mesurée pour ces 4 jours d'exposition a été de **7,5 mBq/m³** (les pics de contamination à **Valence** et à **Romans** ont été enregistrés durant la même période, voir parties 2.3.1 et 2.3.3).

L'iode 131 a été détecté dans les 4 prélèvements hebdomadaires suivants, avec toutefois une baisse régulière de l'activité volumique moyenne (de l'ordre de 3 mBq/m³ entre le 1^{er} et le 8 avril, cette activité est proche de 1,1 mBq/m³ entre le 8 et le 15 avril, puis 0,6 mBq/m³ entre le 15 et le 22 avril). Ce radionucléide est détecté une dernière fois dans la cartouche à charbon actif correspondant au piégeage des gaz entre le 22 et le 29 avril (à une activité moyenne de l'ordre de 0,11 mBq/m³, l'incertitude sur le résultat étant toutefois très élevée).

L'iode sous forme gazeuse a été prédominant durant la phase de contamination et a représenté en moyenne 82 % de l'iode total dans l'air de Montélimar.

L'iode 131 n'a plus été détecté dans les prélèvements de filtres et cartouches postérieurs au **29 avril**. Les prélèvements ont donc progressivement été espacés dans les semaines qui ont suivi.

Suivi durant le mois de mai

Le prélèvement des cartouches a été effectué à une fréquence hebdomadaire et 3 de ces cartouches ont été analysées au cours du mois.

Le filtre aérosols a été prélevé 2 fois, le 13 mai et le 1^{er} juin, et associé à celui d'Avignon afin de disposer d'un volume d'air plus important et de diminuer les limites de détection.

Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée. Les limites de détection sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Média filtrant	Air échantillonné		Date de prélèvt	Date d'analyse	I 131 en mBq/m ³
	du	au			
Filtre¹ Mon / Avi	29/04/11 10:49	13/05/11 09:34	13/05/11	14/05/11	< 0,005
Filtre¹ Mon / Avi	13/05/11 09:43	01/06/11 00:00	01/06/11	03/06/11	< 0,005
Cartouche Montélimar	29/04/11 10:49	06/05/11 10:02	06/05/11	06/05/11	< 0,065
Cartouche Montélimar	06/05/11 10:07	13/05/11 09:34	13/05/11	15/05/11	< 0,106
Cartouche Montélimar	13/05/11 09:43	19/05/11 12:58	19/05/11	20/05/11	< 0,052

Légende Résultats exprimés en millibecquerels par mètre cube d'air (mBq/m³) à la date de mesure.
 ± : marge d'incertitude
 < : limite de détection
 - : non mesuré
 1 : les dates correspondent à la période de dépôt du filtre de Montélimar (les prélèvements n'ayant pas été effectués simultanément aux deux balises, il existe un décalage de quelques heures entre les périodes de dépôt des deux filtres).

Suivi durant le mois de juin

Les cartouches à charbon actif ont été prélevées de façon bimensuelle. L'une d'entre elles, correspondant à une exposition entre le 14/06 et le 28/06, a été analysée.

La totalité du filtre aérosols mensuel a été prélevée et analysée.

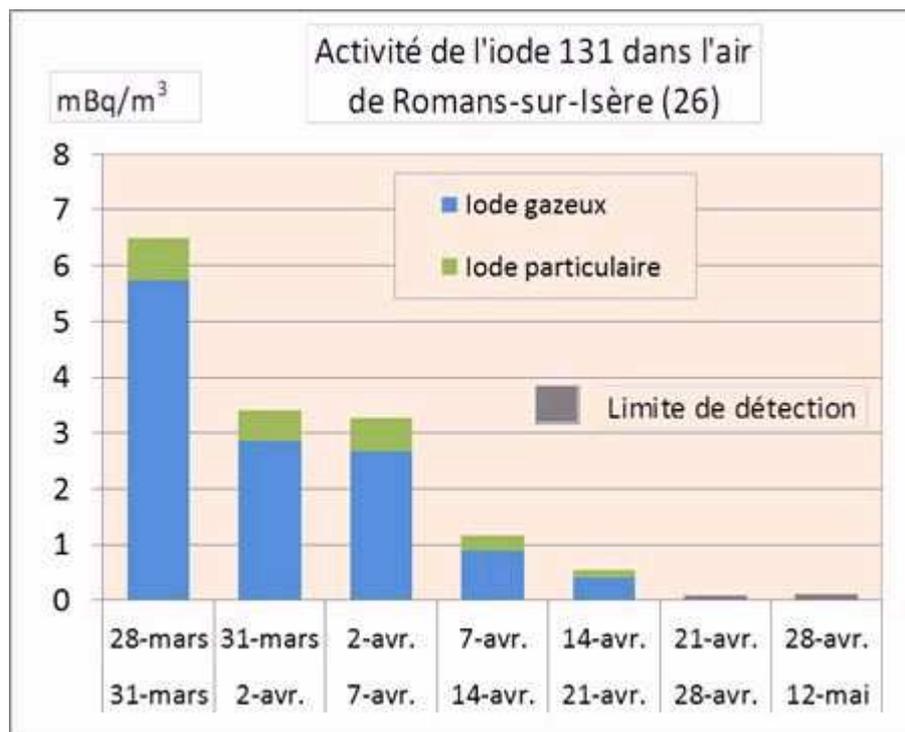
Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée : les limites de détection ont été de 0,04 mBq/m³ pour la cartouche et 0,02 mBq/m³ pour le filtre aérosols.

2.3.3 Balise de Romans

Suivi pendant la période de crise (fin mars- fin avril)

Les prélèvements et les analyses de filtres et de cartouches de la balise de Romans ont été effectués à une fréquence hebdomadaire. L'évolution hebdomadaire de l'activité moyenne de l'iode 131 sous ses 2 formes, gazeuse et particulaire dans l'air de Romans, est illustrée sur le graphique ci-dessous.

Note : dans ce graphique, 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).



La contamination de l'air de **Romans** par l'iode 131 a été détectée pour la première fois sur les filtres exposés entre **le 28 et le 31 mars**. Comme pour **Valence** et **Montélimar** (voir parties 2.3.1 et 2.3.2), le pic de contamination a été observé durant cette période, avec une activité volumique moyenne pour ces 4 jours d'exposition de **6,5 mBq/m³**.

L'évolution de l'activité de l'iode 131 est similaire à celle des 2 autres balises du réseau, avec des ordres de grandeur proches. L'iode 131 a été détecté durant les 3 premières semaines d'avril avec une baisse régulière de l'activité volumique moyenne (de l'ordre de 3 à 3,5 mBq/m³ entre le 31 mars et le 7 avril, celle-ci diminue les 2 semaines suivantes : proche de 1,2 mBq/m³ entre le 7 et le 14 avril, elle atteint une valeur de 0,6 mBq/m³ entre le 14 et le 21 avril).

La contribution de la forme gazeuse de l'iode 131 durant la phase de contamination a représenté en moyenne 79 % de l'iode total dans l'air de Romans.

Ce radionucléide n'est plus détecté dans les prélèvements postérieurs, notamment celui correspondant à une exposition entre **le 21 et le 28 avril**.

Les prélèvements ont donc été progressivement espacés au cours des 2 mois suivants, afin de pouvoir bénéficier d'un volume d'air plus important et donc d'une limite de détection plus basse.

Suivi durant le mois de mai

Le prélèvement des cartouches a été effectué à une fréquence hebdomadaire et 4 de ces cartouches ont été analysées au cours du mois.

Le filtre aérosols a été prélevé 2 fois, le 12 mai et le 1^{er} juin, et associé à celui du Péage de Roussillon afin de disposer d'un volume d'air plus important et de diminuer les limites de détection.

Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée. Les limites de détection sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Média filtrant	Air échantillonné		Date de prélèvt	N° analyse	Date d'analyse	I 131 en mBq/m ³
	du	au				
Filtre ¹ Rom / Péa	28/04/11 14:09	12/05/11 09:44	12/05/11	25 976	13/05/11	< 0,007
Filtre ¹ Rom / Péa	12/05/11 10:01	01/06/11 00:00	01/06/11	26 122	01/06/11	< 0,004
Cartouche Romans	28/04/11 14:09	05/05/11 13:55	05/05/11	25 946	05/05/11	< 0,056
Cartouche Romans	05/05/11 14:00	12/05/11 09:44	12/05/11	25 974	13/05/11	< 0,079
Cartouche Romans	12/05/11 10:01	19/05/11 08:45	19/05/11	25 997	19/05/11	< 0,051
Cartouche Romans	19/05/11 08:50	26/05/11 08:48	26/05/11	26 106	27/05/11	< 0,096

Légende Résultats exprimés en millibecquerels par mètre cube d'air (mBq/m³) à la date de mesure.
 ± : marge d'incertitude
 < : limite de détection
 - : non mesuré
 1 : les dates correspondent à la période de dépôt du filtre de Romans (les prélèvements n'ayant pas été effectués simultanément aux deux balises, il existe un décalage de quelques heures entre les périodes de dépôt des deux filtres).

Suivi durant le mois de juin

Les cartouches à charbon actif ont été prélevées de façon bimensuelle. L'une d'entre elles, correspondant à une exposition entre le 06/06 et le 14/06, a été analysée.

La totalité du filtre aérosols mensuel a été prélevée et analysée.

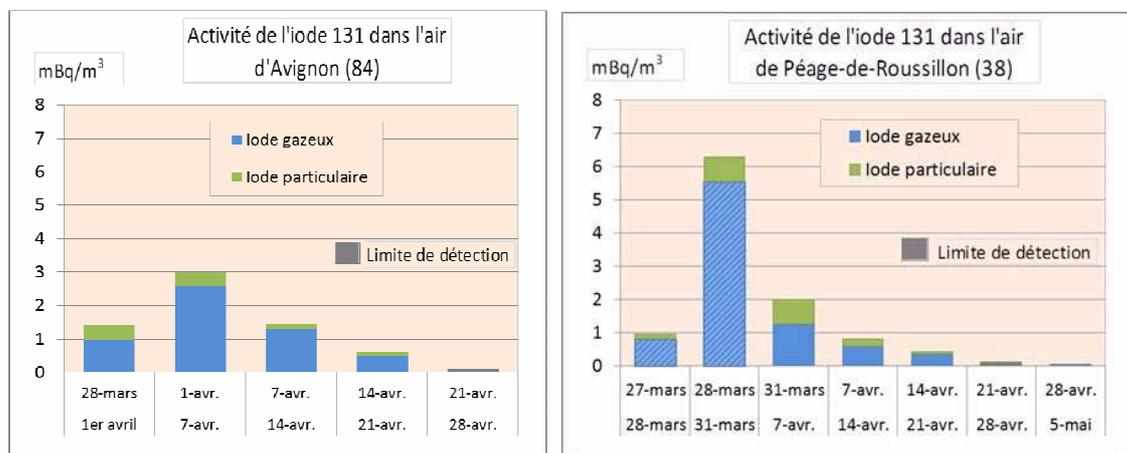
Aucune contamination par l'iode 131 sous ses formes gazeuse ou particulaire n'a été détectée : les limites de détection ont été de 0,08 mBq/m³ pour la cartouche et 0,02 mBq/m³ pour le filtre aérosols.

2.3.4 Comparaison avec les résultats des balises d'Avignon et du Péage de Roussillon

L'analyse des prélèvements au niveau des balises de surveillance de la radioactivité atmosphérique que gère également la CRIIRAD à Avignon et au Péage de Roussillon, confirme la détection de la contamination par l'iode 131 fin mars et les 3 premières semaines d'avril. Les niveaux d'activité sont comparables à ceux observés pour les balises du réseau drômois, notamment dans le cas de la balise du Péage de Roussillon.

Une petite nuance est à apporter aux résultats d'analyses de la balise d'Avignon : le pic de contamination a été observé sur les filtres exposés entre le 1er et le 7 avril, soit quelques jours après celui observé sur les autres balises gérées par la CRIIRAD (entre le 28 et le 31 mars). Voir ci-dessous les graphiques de l'activité en iode 131 pour la période entre le 28 mars et le 28 avril.

Note : dans ces graphiques, 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). La zone hachurée pour les résultats des prélèvements au Péage-de-Roussillon, signifie que l'activité a été estimée à partir d'hypothèses de calculs.



2.4 Evolution de la contamination par les césiums 134 et 137

Les isotopes 134 et 137 du césium étaient également présents dans l'air durant les 3 premières semaines d'avril mais à des niveaux d'activité nettement inférieurs à ceux de l'iode 131.

Leur activité était trop faible pour pouvoir être quantifiée par des prélèvements d'air de courte durée. Cependant, les **césium 137** et **134** ont pu être détectés ponctuellement lors des analyses des filtres à aérosols des balises⁶ de Montélimar et Romans, dès lors que les volumes d'air échantillonnés étaient suffisants (pour une période comprise entre 5 et 7 jours).

Les résultats présentés ci-dessous sont des activités moyennes correspondant à la durée d'exposition.

1) Filtres aérosols de la balise de **Montélimar**

- dépôts du 1^{er} au 8 avril : 0,09 mBq/m³ pour le césium 137 et 0,04 mBq/m³ pour le césium 134 ;
- dépôts du 8 au 15 avril : de l'ordre de 0,03 à 0,04 mBq/m³ pour chacun des 2 césiums.

⁶ La balise de **Valence** prélève un débit d'air plus faible (5 m³/h) que celui des balises de **Montélimar** et **Romans** (25 m³/h).

2) Filtres aérosols de la balise de **Romans**

- dépôts du 2 au 7 avril : 0,08 mBq/m³ pour le césium 137 et 0,1 mBq/m³ pour le césium 134 ;
- dépôts du 14 au 21 avril : 0,066 +/- 0,032 mBq/m³ pour le césium 137 et < 0,024 mBq/m³ pour le césium 134.

Il est à noter que les valeurs de ces activités sont parfois assorties de marges d'incertitude élevées (< 50%). Globalement, on peut également constater que les activités des césiums sont très inférieures (plusieurs dizaines de fois) à celles mesurées pour l'iode 131.

Pour une meilleure quantification des césiums 137 et 134 durant la phase de contamination, les différents filtres prélevés sur chaque balise ont été réunis pour une analyse globale des dépôts entre le 28 mars et le 28 (ou le 29) avril.

L'analyse a été conduite en laboratoire en comptage long afin de déterminer l'activité moyenne des 2 radionucléides sur le mois. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Média filtrant	Air échantillonné		Date de prélèvement	N° analyse	Date d'analyse	Cs 137 en mBq/m ³	Cs 134 en mBq/m ³
	du	au					
Filtre Romans	28/03/11 14:34	28/04/11 14:00	28/04/11	25 954	07/05/11	0,031 ± 0,010	0,027 ± 0,009
Filtre Valence	28/03/11 08:43	28/04/11 12:00	28/04/11	26 115	30/05/11	0,062 ± 0,036	0,048 ± 0,025
Filtre Montélimar	28/03/11 12:44	29/04/11 10:40	29/04/11	26 110	28/05/11	0,020 ± 0,008	0,022 ± 0,008

Légende

Résultats exprimés en millibecquerels par mètre cube d'air (mBq/m³) à la date de mesure.

± : marge d'incertitude

< : limite de détection

- : non mesuré

On constate que les activités des 2 césiums sont comparables. Dans le cas des retombées de Tchernobyl en France l'activité du césium 137 représentait le double de celle du césium 134.

Les résultats sont assez homogènes⁷ pour les 3 balises du réseau Drômois (quelques dizaines de µBq/m³).

⁷ La plus grande marge d'incertitude associée aux résultats de l'analyse du filtre de **Valence** s'explique par le passage d'un volume d'air moins important dans le filtre de **Valence** que dans ceux de **Romans** et **Montélimar** pour la même période d'exposition. L'air extérieur est en effet prélevé à un débit de 5 m³/h à la balise de Valence, alors qu'il est de 25 m³/h pour les 2 autres balises.

ANNEXE 1
ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA
DE FILTRES ET CARTOUCHES
DEPOTS COMPRIS ENTRE LE 21 ET LE 27 MARS 2011

RESEAU DE BALISES DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR

Réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte des collectivités territoriales partenaires

Résultats des analyses par spectrométrie gamma effectuées du 21 au 27 mars 2011

Date de prélèvement	Station	Support	Dépôts		Date d'analyse	Césium 137 (mBq/m ³)	Césium 134 (mBq/m ³)	Iode 131 ¹ (mBq/m ³)	Américium 241 (mBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma (mBq/m ³)
			du	au						
21/03/2011	Romans	Filtre	1/03/11 00:00	21/03/11 09:17	21/03/11	< 0,007	< 0,006	< 0,02	< 0,010	< LD
21/03/2011	Romans	Cartouche	14/03/11 10:43	21/03/11 09:17	21/03/11	-	-	< 0,04	-	< LD
22/03/2011	Romans	Filtre	21/03/11 09:23	22/03/11 10:49	22/03/11	< 0,075	< 0,064	< 0,07	< 0,095	< LD
22/03/2011	Romans	Cartouche	21/03/11 09:23	22/03/11 10:49	22/03/11	-	-	< 0,22	-	< LD
23/03/2011	Romans	Filtre	22/03/11 11:05	23/03/11 13:48	23/03/11	< 0,077	< 0,064	< 0,07	< 0,086	< LD
23/03/2011	Romans	Cartouche	22/03/11 11:05	23/03/11 13:48	23/03/11	-	-	< 0,30	-	< LD
24/03/2011	Drôme ²	Filtre	23/03/11 11:00	24/03/11 14:04	24/03/11	< 0,066	< 0,053	< 0,07	< 0,108	< LD
24/03/2011	Romans	Cartouche	23/03/11 14:00	24/03/11 14:04	24/03/11	-	-	< 0,25	-	< LD
24/03/2011	Montélimar	Cartouche	25/03/11 13:33	26/03/11 10:51	26/03/11	-	-	< 0,22	-	< LD
25/03/2011	Drôme ³	Filtre	24/03/11 11:45	25/03/11 14:18	25/03/11	< 0,075 ⁴	< 0,062 ⁴	< 0,07 ⁴	< 0,116 ⁴	< LD
25/03/2011	Romans	Cartouche	24/03/11 14:17	25/03/11 14:18	25/03/11	-	-	< 0,15 ⁴	-	< LD
26/03/2011	Valence	Cartouche	25/03/11 13:33	26/03/11 10:51	26/03/11	-	-	< 0,22	-	< LD
27/03/2011	Valence	Cartouche	26/03/11 10:54	27/03/11 14:21	27/03/11	-	-	< 0,23	-	< LD

Commentaires :

Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'a été détecté dans les analyses effectuées entre le 21 et le 27 mars.

Quelques éléments d'explication sur la méthodologie et les résultats :

- Lorsque l'élément radioactif recherché est absent ou si son activité est trop faible pour être détectée et-ou quantifiée, c'est la limite de détection (LD) qui est calculée et publiée. Le résultat de l'analyse est exprimé sous la forme "Césium 137 : < 0,02 mBq/m³". Dans cet exemple, le laboratoire de la CRIIRAD garantit que l'activité du césium 137 est strictement inférieure à 0,02 mBq/m³. En revanche, on ne peut savoir si l'activité réelle est de 0,01 mBq/m³ ou de 0,0001 mBq/m³. Cette limite de détection dépend de nombreux paramètres : volume d'air prélevé, géométrie de comptage, durée de comptage, ce qui explique la variabilité des limites de détection obtenues.

- Les heures sont exprimées en temps universel (TU) : TU + 1h = heure locale d'hiver, TU + 2h = heure locale d'été (passage à l'heure d'été le 27 mars).

1 - L'iode 131 est présent dans l'air sous 2 formes: une forme particulière, qui est piégée par le filtre aérosols, et une forme gazeuse, généralement prépondérante, qui est piégée par la cartouche de charbon actif. Pour rendre compte de l'activité réelle de l'air, il faut faire la somme des deux contributions.

2 - L'analyse a porté sur les filtres des balises de Romans, Valence et Montélimar.

3 - L'analyse a porté sur les filtres des balises de Romans et Valence.

4 - Résultats mis à jour après comptage plus long de l'échantillon. L'analyse est donc plus précise et la limite de détection plus basse.

ANNEXE 2
ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA
DE FILTRES ET CARTOUCHES
DEPOTS COMPRIS ENTRE LE 28 MARS ET LE 9 AVRIL 2011

RESEAU DE BALISES DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR
Réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte des collectivités territoriales partenaires

Résultats des analyses par spectrométrie gamma effectuées à partir du 28 mars 2011

Date de prélèvement	Station	Support	Dépôts		Date d'analyse	Césium 137 (mBq/m ³)	Césium 134 (mBq/m ³)	Iode 131 ¹ (mBq/m ³)	Américium 241 (mBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma (mBq/m ³)
			du	au						
28/03/2011	Valence	Cartouche	27/03/11 14:25	28/03/11 08:35	28/03/11	-	-	< 0,96	-	< LD
28/03/2011	Vallée du Rhône ²	Filtre	25/03/11 00:00	28/03/11 08:35	28/03/11	< 0,011	< 0,009	0,086 ± 0,036	< 0,015	< LD
28/03/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	21/03/11 10:17	28/03/11 13:03	28/03/11	-	-	0,20 ± 0,12	-	< LD
29/03/2011	Avignon	Cartouche	22/03/11 08:01	28/03/11 09:15	29/03/11	-	-	0,54 ± 0,22	-	< LD
29/03/2011	Valence	Cartouche	28/03/11 08:43	29/03/11 15:22	29/03/11	-	-	5,0 ± 1,0	-	< LD
28/03/2011	Avi - Mont - Péa	Filtre	25/03/11 00:00	28/03/11 09:00	29/03/11	< 0,008	< 0,007	0,08 ± 0,03	< 0,012	< LD
28/03/2011	Romans-Valence	Filtre	25/03/11 00:00	28/03/11 08:35	30/03/11	< 0,023	< 0,019	0,17 ± 0,08	< 0,023	< LD
30/03/2011	Valence	Cartouche	29/03/11 15:22	30/03/11 15:27	30/03/11	-	-	4,6 ± 1,1	-	< LD
31/03/2011	Romans-Péage	Filtre	28/03/11 14:34	31/03/11 08:54	31/03/11	< 0,035	< 0,028	0,76 ± 0,17	< 0,043	< LD
31/03/2011	Romans	Cartouche	28/03/11 14:34	31/03/11 10:17	31/03/11	-	-	5,7 ± 1,2	-	< LD
31/03/2011	Valence	Cartouche	30/03/11 15:29	31/03/11 15:18	31/03/11	-	-	8,2 ± 1,5	-	< LD
01/04/2011	Valence	Cartouche	31/03/11 15:20	1/04/11 16:38	01/04/11	-	-	3,4 ± 0,8	-	< LD
02/04/2011	Valence	Cartouche	1/04/11 16:41	2/04/11 15:08	03/04/11	-	-	1,6 ± 0,8	-	< LD
02/04/2011	Romans	Cartouche	31/03/11 10:29	2/04/11 10:40	02/04/11	-	-	2,9 ± 0,7	-	< LD
02/04/2011	Romans	Filtre	31/03/11 10:29	2/04/11 10:40	02/04/11	trace < 0,235	trace < 0,166	0,55 ± 0,13	< 0,059	< LD
01/04/2011	Montélimar	Cartouche	28/03/11 12:44	1/04/11 12:47	01/04/11	-	-	7,0 ± 1,4	-	< LD
01/04/2011	Montélimar	Filtre	28/03/11 12:44	1/04/11 12:47	02/04/11	< 0,030	< 0,014	0,57 ± 0,10	< 0,016	< LD
01/04/2011	Avignon	Cartouche	28/03/11 10:57	1/04/11 09:01	04/04/11	-	-	0,99 ± 0,40	-	< LD
01/04/2011	Avignon	Filtre	28/03/11 10:57	1/04/11 09:01	04/04/11	trace < 0,061	< 0,017	0,42 ± 0,11	< 0,018	< LD
04/04/2011	Valence	Cartouche	2/04/11 15:10	4/04/11 06:41	04/04/11	-	-	3,0 ± 0,8	-	< LD

ANNEXE 3
ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA
DE FILTRES ET CARTOUCHES
DEPOTS POSTERIEURS AU 9 AVRIL 2011

BALISES DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR
Réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte des collectivités territoriales partenaires

Analyses par spectrométrie gamma effectuées sur les prélèvements postérieurs au 9/04/2011

Date de prélèvement	Station	Support	Dépôts		Date d'analyse	Césium 137 (mBq/m ³)	Césium 134 (mBq/m ³)	Iode 131 ¹ (mBq/m ³)	Américium 241 (mBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma (mBq/m ³)
			du	au						
09/04/2011	Valence ²	Cartouche ²	8/04/11 07:35	9/04/11 09:40	12/04/2011 ²	-	-	1,5 ± 0,9	-	< LD
11/04/2011	Valence	Filtre	8/04/11 07:35	11/04/11 07:53	11/04/11	< 0,288	< 0,290	< 0,3	< 0,279	< LD
11/04/2011	Valence	Cartouche	9/04/11 09:42	11/04/11 07:53	11/04/11	-	-	1,2 ± 0,5	-	< LD
13/04/2011	Valence	Cartouche	11/04/11 08:03	13/04/11 07:21	13/04/11	-	-	0,94 ± 0,46	-	< LD
14/04/2011	Romans	Filtre	7/04/11 12:57	14/04/11 13:00	14/04/11	< 0,026	< 0,022	0,27 ± 0,09	< 0,038	< LD
14/04/2011	Romans	Cartouche	7/04/11 12:57	14/04/11 13:00	14/04/11	-	-	0,90 ± 0,24	-	< LD
14/04/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	7/04/11 14:05	14/04/11 14:05	14/04/11	-	-	0,62 ± 0,17	-	< LD
14/04/2011	Péage de Roussillon	Filtre	7/04/11 14:05	14/04/11 14:05	14/04/11	trace	trace	0,21 ± 0,07	< 0,022	< LD
14/04/2011	Avignon	Cartouche	7/04/11 07:27	14/04/11 09:03	16/04/11	-	-	1,3 ± 0,3	-	< LD
14/04/2011	Avignon	Filtre	7/04/11 07:27	14/04/11 09:03	15/04/11	trace	trace	0,16 ± 0,05	< 0,011	< LD
15/04/2011	Montélimar	Cartouche	8/04/11 13:04	15/04/11 12:54	16/04/11	-	-	0,87 ± 0,22	-	< LD
15/04/2011	Montélimar	Filtre	8/04/11 13:04	15/04/11 12:54	16/04/11	trace	trace	0,25 ± 0,06	< 0,023	< LD
15/04/2011	Valence	Cartouche	13/04/11 08:03	15/04/11 07:44	16/04/11	-	-	0,65 ± 0,41	-	< LD
18/04/2011	Valence	Filtre	11/04/11 08:03	18/04/11 07:28	18/04/11	< 0,055	< 0,047	< 0,072	< 0,079	< LD
18/04/2011	Valence	Cartouche	15/04/11 07:47	18/04/11 07:28	18/04/11	-	-	0,33 ± 0,20	-	< LD
20/04/2011	Valence	Cartouche	18/04/11 07:43	20/04/11 14:41	20/04/11	-	-	0,38 ± 0,23	-	< LD
21/04/2011	Romans	Filtre	14/04/11 13:08	21/04/11 09:51	21/04/11	0,066 ± 0,030	trace	0,14 ± 0,04	< 0,016	< LD
21/04/2011	Romans	Cartouche	14/04/11 13:08	21/04/11 09:51	22/04/11	-	-	0,41 ± 0,19	-	< LD
21/04/2011	Péage de Roussillon	Filtre	14/04/11 14:14	21/04/11 08:32	21/04/11	trace	< 0,011	0,08 ± 0,03	< 0,020	< LD
21/04/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	14/04/11 14:14	21/04/11 08:32	22/04/11	-	-	0,36 ± 0,16	-	< LD
21/04/2011	Avignon	Filtre	14/04/11 09:17	21/04/11 07:01	22/04/11	< 0,012	< 0,010	0,12 ± 0,03	< 0,015	< LD
21/04/2011	Avignon	Cartouche	14/04/11 09:17	21/04/11 07:01	22/04/11	-	-	0,50 ± 0,16	-	< LD
22/04/2011	Montélimar	Filtre	15/04/11 13:19	22/04/11 09:38	22/04/11	< 0,011	< 0,009	0,11 ± 0,03	< 0,012	< LD
22/04/2011	Montélimar	Cartouche	15/04/11 13:19	22/04/11 09:38	23/04/11	-	-	0,44 ± 0,16	-	< LD
25/04/2011	Valence	Filtre	18/04/11 07:43	25/04/11 10:15	25/04/11	< 0,048	< 0,038	< 0,06	< 0,068	< LD

BALISES DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR
Réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte des collectivités territoriales partenaires

Analyses par spectrométrie gamma effectuées sur les prélèvements postérieurs au 9/04/2011

Date de prélèvement	Station	Support	Dépôts		Date d'analyse	Césium 137 (mBq/m ³)	Césium 134 (mBq/m ³)	Iode 131 ¹ (mBq/m ³)	Américium 241 (mBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma (mBq/m ³)
			du	au						
25/04/2011	Valence	Cartouche	20/04/11 14:41	25/04/11 10:15	25/04/11	-	-	0,13 ± 0,09	-	< LD
28/04/2011	Romans	Filtre	21/04/11 09:59	28/04/11 14:00	29/04/11	< 0,013	< 0,010	< 0,02	< 0,014	< LD
28/04/2011	Romans	Cartouche	21/04/11 09:59	28/04/11 14:00	29/04/11	-	-	< 0,07	-	< LD
28/04/2011	Péage de Roussillon	Filtre	21/04/11 08:42	28/04/11 12:49	29/04/11	< 0,014	< 0,011	< 0,02	< 0,021	< LD
28/04/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	21/04/11 08:42	28/04/11 12:49	30/04/11	-	-	< 0,09	-	< LD
28/04/2011	Avignon	Filtre	21/04/11 07:07	28/04/11 06:42	29/04/11	< 0,012	< 0,010	< 0,02	< 0,017	< LD
28/04/2011	Avignon	Cartouche	21/04/11 07:07	28/04/11 06:42	30/04/11	-	-	< 0,08	-	< LD
29/04/2011	Montélimar	Filtre	22/04/11 09:48	29/04/11 10:40	29/04/11	< 0,011	< 0,009	< 0,01	< 0,013	< LD
29/04/2011	Montélimar	Cartouche	22/04/11 09:48	29/04/11 10:40	30/04/11	-	-	trace	-	< LD
02/05/2011	Valence	Filtre	25/04/11 10:25	2/05/11 08:38	02/05/11	< 0,053	< 0,039	< 0,05	< 0,044	< LD
02/05/2011	Valence	Cartouche	25/04/11 10:25	2/05/11 08:38	03/05/11	-	-	< 0,08	-	< LD
05/05/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	28/04/11 12:58	5/05/11 12:47	05/05/11	-	-	< 0,05	-	< LD
05/05/2011	Romans	Cartouche	28/04/11 14:09	5/05/11 13:55	05/05/11	-	-	< 0,06	-	< LD
05/05/2011	Avignon	Cartouche	28/04/11 06:51	5/05/11 07:15	06/05/11	-	-	< 0,06	-	< LD
06/05/2011	Montélimar	Cartouche	29/04/11 10:49	6/05/11 10:02	06/05/11	-	-	< 0,07	-	< LD
09/05/2011	Valence	Cartouche	2/05/11 08:48	9/05/11 12:55	09/05/11	-	-	< 0,04	-	< LD
12/05/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	5/05/11 12:52	12/05/11 13:07	13/05/11	-	-	< 0,08	-	< LD
12/05/2011	Romans	Cartouche	5/05/11 14:00	12/05/11 09:44	13/05/11	-	-	< 0,08	-	< LD
12/05/2011	Romans - Péage	Filtre	28/04/11 14:09	12/05/11 09:44	13/05/11	< 0,004	< 0,003	< 0,01	< 0,005	< LD
12/05/2011	Avignon	Cartouche	5/05/11 07:25	12/05/11 07:44	14/05/11	-	-	< 0,07	-	< LD
13/05/2011	Montélimar	Cartouche	6/05/11 10:07	13/05/11 09:34	15/05/11	-	-	< 0,11	-	< LD
13/05/2011	Mont - Avignon	Filtre	29/04/11 10:49	12/05/11 07:44	14/05/11	< 0,003	< 0,002	< 0,01	< 0,003	< LD
16/05/2011	Valence	Cartouche	9/05/11 12:58	16/05/11 14:36	16/05/11	-	-	< 0,05	-	< LD
19/05/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	12/05/11 13:20	19/05/11 13:00	20/05/11	-	-	< 0,08	-	< LD
19/05/2011	Romans	Cartouche	12/05/11 10:01	19/05/11 08:45	19/05/11	-	-	< 0,05	-	< LD
19/05/2011	Avignon	Cartouche	12/05/11 07:58	19/05/11 07:37	21/05/11	-	-	< 0,07	-	< LD
19/05/2011	Montélimar	Cartouche	13/05/11 09:43	19/05/11 12:58	20/05/11	-	-	< 0,05	-	< LD

BALISES DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR

Réseau géré par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte des collectivités territoriales partenaires

Analyses par spectrométrie gamma effectuées sur les prélèvements postérieurs au 9/04/2011

Date de prélèvement	Station	Support	Dépôts		Date d'analyse	Césium 137 (mBq/m ³)	Césium 134 (mBq/m ³)	Iode 131 ¹ (mBq/m ³)	Américium 241 (mBq/m ³)	Autres radionucléides artificiels émetteurs gamma (mBq/m ³)
			du	au						
23/05/2011	Valence	Cartouche	16/05/11 14:38	23/05/11 13:56	23/05/11	-	-	< 0,06	-	< LD
26/05/2011	Romans	Cartouche	19/05/11 08:50	26/05/11 08:48	27/05/11	-	-	< 0,10	-	< LD
26/05/2011	Avignon	Cartouche	19/05/11 07:45	26/05/11 07:38	28/05/11	-	-	< 0,05	-	< LD
31/05/2011	Mont - Avignon	Filtre	13/05/11 09:43	31/05/11 07:24	03/06/11	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,003	< LD
01/06/2011	Romans - Péage	Filtre	12/05/11 13:20	1/06/11 00:00	01/06/11	< 0,002	< 0,002	< 0,004	< 0,002	< LD
01/06/2011	Valence	Filtre	1/05/11 00:00	1/06/11 00:00	03/06/11	< 0,016	< 0,014	< 0,07	< 0,027	< LD
06/06/2011	Valence	Cartouche	30/05/11 09:01	6/06/11 13:38	07/06/11	-	-	< 0,09	-	< LD
14/06/2011	Péage de Roussillon	Cartouche	6/06/11 10:18	14/06/11 09:31	15/06/11	-	-	< 0,07	-	< LD
14/06/2011	Romans	Cartouche	6/06/11 09:07	14/06/11 08:34	15/06/11	-	-	< 0,08	-	< LD
16/06/2011	Avignon	Cartouche	8/06/11 07:08	16/06/11 07:42	20/06/11	-	-	< 0,06	-	< LD

Commentaires :

De l'iode 131 a été détecté dans les échantillons prélevés à partir du 28/03/2011, voir tableau de résultats des analyses du contrôle de l'air du 28 mars au 8 avril (le pic de contamination a été atteint à Valence le 30 mars). Une baisse régulière des activités est observée depuis le 9 avril pour l'ensemble des balises du réseau. L'iode 131 n'est plus détecté dans les dernières analyses de filtres et cartouches. L'activité de l'iode 131 gazeux piégé par les cartouches à charbon actif (pour une exposition du 6 au 14 juin pour les cartouches des balises de Romans et Péage de Roussillon et du 8 au 16 juin pour la cartouche d'Avignon) est systématiquement inférieure à la limite de détection (cette limite varie entre 0,05 et 0,10 mBq/m³). L'activité des isotopes du césium (134 et 137) est également inférieure à la limite de détection dans les dernières analyses de filtres (pour le piégeage des aérosols entre le 12 mai et le 1er juin). Compte tenu de ces résultats, le laboratoire de la CRIIRAD a décidé d'espacer la fréquence des prélèvements aux balises, pour permettre de piéger un volume d'air plus important: actuellement de façon hebdomadaire pour les cartouches à charbon actif et de façon mensuelle pour les filtres aérosols. L'analyse des filtres aérosols sera donc mensuelle; et au moins une des cartouches à charbon actif prélevées sera analysée de façon hebdomadaire, par roulement (la cartouche de la balise de Montélimar sera la prochaine à être analysée).

Quelques éléments d'explication sur la méthodologie et les résultats :

- Lorsque l'élément radioactif recherché est absent ou si son activité est trop faible pour être détectée et-ou quantifiée, c'est la limite de détection (LD) qui est calculée et publiée. Le résultat de l'analyse est exprimé sous la forme "Césium 137 : < 0,02 mBq/m³". Dans cet exemple, le laboratoire de la CRIIRAD garantit que l'activité du césium 137 est strictement inférieure à 0,02 mBq/m³. En revanche, on ne peut savoir si l'activité réelle est de 0,01 mBq/m³ ou de 0,0001 mBq/m³. Cette limite de détection dépend de nombreux paramètres : volume d'air prélevé, géométrie de comptage, durée de comptage, ce qui explique la variabilité des limites de détection obtenues.
- Les heures sont exprimées en temps universel (TU) : TU + 1h = heure locale d'hiver, TU + 2h = heure locale d'été (passage à l'heure d'été le 27 mars).
- 1** - L'iode 131 est présent dans l'air sous 2 formes : une forme particulaire, qui est piégée par le filtre aérosols, et une forme gazeuse, généralement prépondérante, qui est piégée par la cartouche de charbon actif. Pour rendre compte de l'activité réelle de l'air, il faut faire la somme des deux contributions.
- 2** - L'analyse de l'échantillon a été reconduite avec un temps de comptage plus long afin d'affiner les résultats.