



## Rapport CRIIRAD N°20-24

# Suivi du tritium dans les précipitations en Drôme en 2019

Etude réalisée dans le cadre de la gestion des  
balises CRIIRAD de Rhône-Alpes en 2019

Secteur : Drôme



Communes du  
réseau montilien

Date de réalisation des prélèvements : Année 2019.

Responsable scientifique : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire  
Responsable d'étude : Jérémie MOTTE, ingénieur en environnement,  
Responsables des prélèvements : Christian COURBON, Stéphane PATRIGEON,  
techniciens au laboratoire CRIIRAD,  
Responsable de la préparation des échantillons : Sara ORTUNO, technicienne de  
laboratoire,  
Responsable des analyses par scintillation liquide: Marion JEAMBRUN, docteur en  
géochimie.



LABORATOIRE DE LA CRIIRAD  
29, Cours Manuel de Falla – 26000 VALENCE

☎ 04 75 41 82 50

<http://www.criirad.org>  
[balises@criirad.org](mailto:balises@criirad.org)

## SOMMAIRE

<b>1. Contexte et Objectifs de l'étude .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Rappels sur les rejets de tritium effectués par certaines installations nucléaires ....</b>	<b>6</b>
2.1. Généralités sur les rejets des installations nucléaires .....	6
2.2. Généralités sur le tritium .....	7
2.3. Rejets de tritium à l'atmosphère entre 2014 et 2018 .....	7
<b>3. Activité du tritium dans les eaux de pluie.....</b>	<b>8</b>
3.1. Réalisation des prélèvements .....	8
3.2. Mesures effectuées par la CRIIRAD .....	9
3.3. Interprétation des résultats .....	11
3.3.1. Rappels sur les niveaux de tritium attendus (hors impact des rejets des installations nucléaires).....	11
3.3.2. Gamme de résultats observés sur la campagne d'analyses .....	12
3.3.3. Résultats obtenus par l'IRSN et les exploitants à proximité des INB .....	12
<b>4. Synthèse et conclusion.....</b>	<b>15</b>
<b>Annexe 1 : Protocoles et agréments du laboratoire de la CRIIRAD pour le dosage du tritium .....</b>	<b>18</b>
<b>Annexe 2 : Présentation du réseau de surveillance CRIIRAD .....</b>	<b>19</b>



Station de prélèvement d'eau de pluie de Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme) à proximité du site de Tricastin

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

## Présentation du réseau de surveillance de la radioactivité de l'air ambiant exploité par la CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD gère un réseau indépendant de contrôle de la radioactivité de l'air en Auvergne Rhône-Alpes, en Avignon et à Genève (Suisse) grâce au soutien de différentes collectivités partenaires (voir annexe 2). Au niveau de la région Auvergne Rhône-Alpes, ce réseau est composé de 5 stations :

- des balises implantées dans la **Drôme** à Romans-sur-Isère, Valence et Montélimar, en **Isère** à Péage de Roussillon et en **Ardèche** à Saint-Marcel d'Ardèche ;

Les balises de ce réseau effectuent une **surveillance en continu** de l'activité des aérosols émetteurs alpha et bêta et des iodes radioactifs<sup>1</sup> de manière à alerter immédiatement l'équipe d'astreinte de la CRIIRAD en cas d'augmentation de la radioactivité de l'air ambiant.

Ce réseau d'alerte a pour objet de permettre de détecter très rapidement une contamination consécutive à un accident grave : en **1986**, il aurait ainsi permis de détecter la contamination provoquée en France par les retombées de l'accident de **Tchernobyl** en Ukraine.

Le réseau permet également de déceler des contaminations de moindre importance, comme ce fut le cas en **2011** lors du passage des masses d'air contaminé par les rejets de la centrale nucléaire de **Fukushima** Daiichi au Japon. En effet, le système de prélèvement de l'air par les filtres aérosols et les cartouches à charbon actif des balises conserve la mémoire de la contamination : des analyses ultérieures en laboratoire (dont les limites de détection sont bien meilleures que celles des mesures directes) permettent alors d'identifier et de quantifier les radionucléides présents et de déterminer les niveaux de risque associés.

Ces éléments sont indispensables pour évaluer le risque dans les premières heures suivant une contamination atmosphérique, mais il est également important de déterminer **l'intensité des retombées au sol**. Ces retombées vont en effet entraîner une contamination directe (fruits, céréales,...) ou indirecte (viande, lait, fromage,...) des denrées alimentaires. L'exposition externe due aux retombées (beaucoup plus durable que l'exposition aux panaches radioactifs) et la consommation d'aliments contaminés sont deux voies d'exposition majeure en cas d'accident nucléaire impliquant des rejets atmosphériques.

## Intérêt des pluviomètres

Les dépôts secs et les **dépôts humides**, associés aux précipitations, sont les deux mécanismes de transfert intervenant dans le cadre des dépôts au sol.

Le contrôle de l'activité volumique des précipitations est essentiel car elles peuvent multiplier par 10, ou plus, l'activité déposée au sol (ce qui a été mis en évidence par de nombreuses études in situ et des modélisations).

Afin de compléter le dispositif de surveillance de l'air et de pouvoir disposer de la mesure d'activité dans les précipitations, la CRIIRAD a décidé, à partir de **2014**, d'implanter un **pluviomètre** au niveau de chaque station du réseau de balises situées en Rhône Alpes<sup>2</sup>. Le réseau a été complété par l'installation de 2 autres pluviomètres, l'un en **2016** à proximité de la balise atmosphérique d'**Avignon**, l'autre en **2017**, sur la commune de Saint-Paul-Trois-Châteaux, à proximité du site nucléaire de **Tricastin**.

---

<sup>1</sup> Du fait du désengagement financier du CD 07 et du CD 38, la surveillance des iodes a été interrompue à la balise de Saint-Marcel d'Ardèche à partir du 06/02/2018 et à celle de Péage de Roussillon à partir du 31/12/2018. A noter que la sonde gamma de Saint-Agrève, qui n'est plus financée depuis 2018 suite au désengagement du CD 07, a été arrêtée le 01/04/2019.

<sup>2</sup> Rapport CRIIRAD N°15-06 / Mise en place d'un réseau de pluviomètres et mesure du tritium dans les précipitations en Rhône-Alpes (juillet-décembre 2014).

Ces pluviomètres peuvent être utilisés immédiatement en cas de suspicion de contamination (suite à des alarmes de balises ou de sondes gamma ou en cas de notification d'incidents sur les installations nucléaires proches).

Corrélés à la hauteur d'eau et à la surface de captage, les résultats d'analyse d'eaux de pluie (Bq/l) permettent en effet d'évaluer les activités surfaciques (Bq/m<sup>2</sup>), qui permettront d'évaluer les niveaux de risque liés à l'exposition externe et à la contamination de la chaîne alimentaire. Ces données sont nécessaires pour apprécier l'opportunité des contre-mesures susceptibles d'être mises en œuvre par les autorités : mise en stabulation du bétail, interdiction ou restriction de consommation pour les aliments à risque, etc.

C'est pourquoi, lors des interventions hebdomadaires effectuées par un technicien CRIIRAD au niveau de chaque balise, les pluviomètres sont vidés. Sur l'année 2019, cela concerne les pluviomètres de Valence, Romans, Montélimar et Saint-Paul-Trois-Châteaux. Compte tenu des contraintes budgétaires, le liquide recueilli n'est pas analysé de manière systématique.

Les pluviomètres peuvent être utilisés également pour suivre l'impact des **rejets chroniques** des installations nucléaires. Le présent rapport porte sur le suivi du **tritium**.

### Intérêt du suivi du tritium dans l'eau de pluie

Le choix du suivi du tritium est motivé par les raisons suivantes :

- Le tritium est **un des principaux radionucléides rejetés** dans l'atmosphère par les centrales nucléaires en fonctionnement normal.
- Son activité dans l'air ambiant n'est pas suivie par le réseau de balises. Il ne peut en effet être détecté qu'au moyen de dispositifs d'échantillonnages spécifiques (barboteurs par exemple), dont n'est pas équipé le réseau d'alerte géré par la CRIIRAD.
- Il peut en revanche être suivi dans les **précipitations**. C'est ce que le laboratoire de la CRIIRAD avait fait en 2002-2003 dans le cadre d'une étude à l'échelle du territoire français<sup>3</sup> et en 2009-2010 dans le cadre de la convention pluri annuelle 2007-2009 avec la Région Rhône-Alpes<sup>4</sup>.

Il est d'autant plus important de suivre l'activité du tritium que ce radionucléide est très facilement intégré à **la chaîne alimentaire**. Une étude conduite<sup>5</sup> en 2003 par le laboratoire de la CRIIRAD avait permis de mettre en évidence une contamination en tritium de certains échantillons de végétaux dans l'environnement du CNPE de Saint-Alban (Isère). Cette contamination était imputable aux rejets de tritium dans l'atmosphère effectués par la centrale électronucléaire.

### Emplacement des pluviomètres

Le réseau comptait **4 stations**<sup>6</sup> à fin 2019 dans la vallée du Rhône : **Valence, Montélimar, Saint-Paul-Trois-Châteaux et Avignon**.

Deux de ces stations sont situées à proximité de centrales électronucléaires (Cruas et Tricastin). Compte tenu de sa proximité par rapport au laboratoire de la CRIIRAD, la station de **Valence** est particulièrement indiquée dans le cas du suivi d'un événement dépassant le cadre régional.

La localisation des pluviomètres (avec les coordonnées GPS) figure sur la carte 1 page suivante.

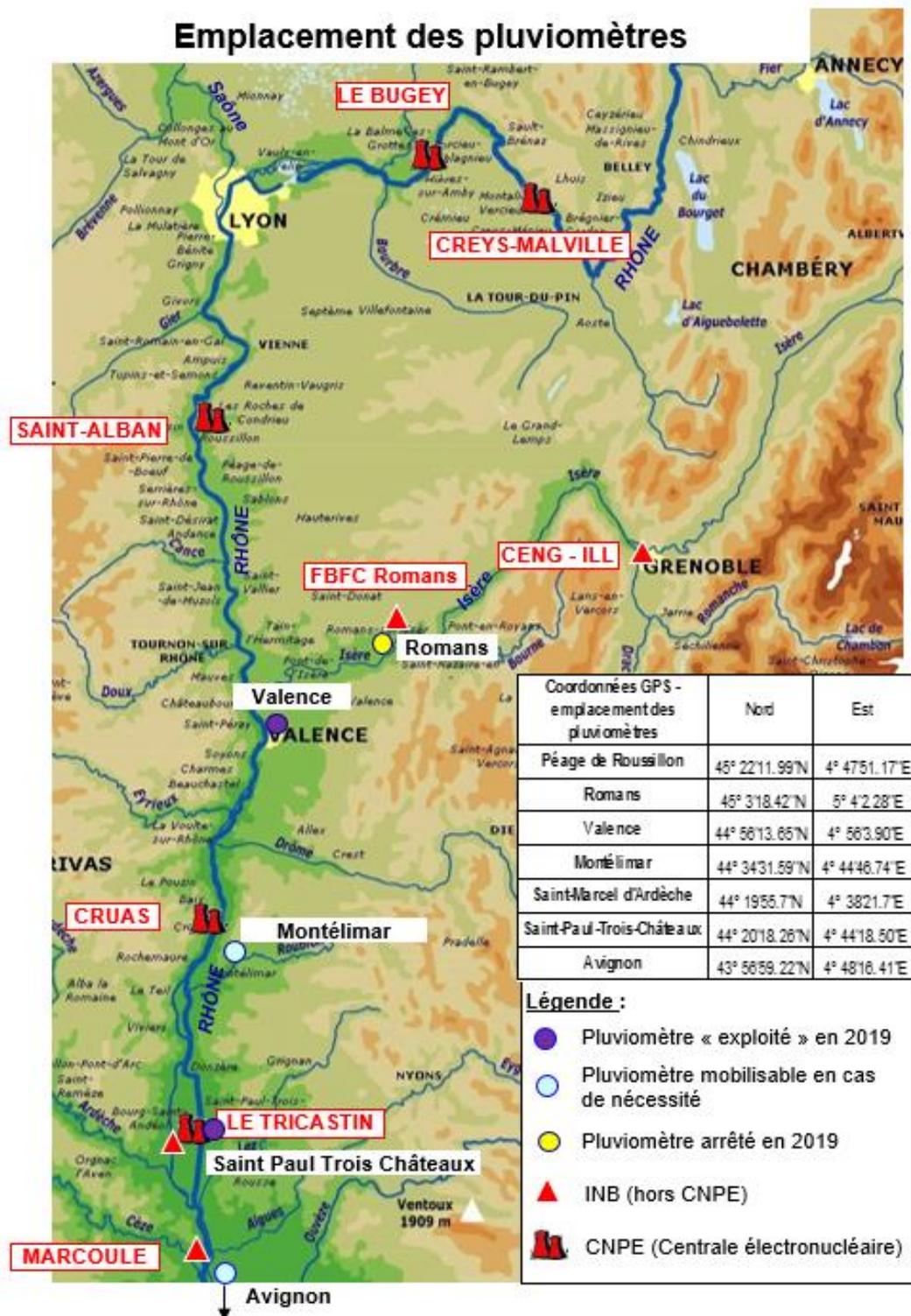
<sup>3</sup> Note CRIIRAD N°03-21 / Mesure de l'activité volumique du tritium dans les eaux de pluie en France / B. Chareyron, juin 2003.

<sup>4</sup> Note CRIIRAD N°12-71 / Mesure du tritium dans l'eau du Rhône (2009) et dans les précipitations en Rhône-Alpes (2009-2010).

<sup>5</sup> Rapport CRIIRAD N°04-20/ Etude préliminaire de l'impact des rejets de tritium et carbone 14 du CNPE de Saint-Alban / Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD à la demande de l'association AIRE, avec le soutien financier du Conseil Régional Rhône-Alpes, du Conseil Général de l'Isère et des municipalités de Salaise sur Sanne (38), Roussillon (38), Péage de Roussillon (38), Condrieu (69), Saint-Maurice l'Exil (38) et Saint-Appolinard (42) / B. Chareyron, avril 2004.

<sup>6</sup> Les pluviomètres de **Saint-Marcel d'Ardèche** (début 2018) et de **Péage-de-Roussillon** (fin 2018) ont dû être abandonnés suite au désengagement financier respectivement du CD 07 et du CD 38. Celui de **Romans-sur-Isère**, détruit par la grêle en juin 2019, n'a pas été remplacé.

Carte 1 / localisation des pluviomètres



L'emplacement des pluviomètres a été choisi afin de garantir au mieux :

- leur **sécurité** : c'est le cas pour les dispositifs situés dans les centres de secours (Romans, Montélimar) ou protégés par des clôtures : services techniques (Avignon), proximité des locaux de la CRIIRAD (Valence).
- leur **accessibilité** : les dispositifs de prélèvement sont accessibles 24h/24, 365 jours par an.

- la **proximité** de la balise, afin de pouvoir coordonner « la gestion de routine » (prélèvement de l'eau et vidange du pluviomètre) avec la tournée hebdomadaire des balises pour éviter les surcoûts de gestion importants. Pour la station d'Avignon, les services techniques de la Ville s'occupent de sa gestion (lors des prélèvements à la balise atmosphérique).

Dans la mesure du possible, les pluviomètres sont installés à plus de 10 mètres des bâtiments afin de limiter l'effet de leur présence sur la qualité de l'eau de pluie récupérée (notamment suite à des éclaboussures ou les effets de toit ou de bordure).

#### **Suivi effectué en 2019**

Le laboratoire de la CRIIRAD a effectué en 2019 le suivi hebdomadaire du pluviomètre de **Saint-Paul-Trois-Châteaux**, à proximité du site nucléaire du Tricastin. Le budget ne permet pas en effet d'effectuer les mesures hebdomadaires sur toutes les stations.

Lorsque la quantité d'eau recueillie n'était pas suffisante, le contrôle a porté, à une reprise, sur les eaux recueillies à **Valence**.

## 2. RAPPELS SUR LES REJETS DE TRITIUM EFFECTUES PAR CERTAINES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

### 2.1. Généralités sur les rejets des installations nucléaires

Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire entraîne la production de radionucléides artificiels qui contaminent l'eau du circuit primaire et qui se retrouvent en partie dans les effluents liquides rejetés.

En fonction de leur nature et de leur forme physico-chimique, certains de ces radionucléides sont présents dans les **rejets atmosphériques**, soit sous forme de poussières (aérosols) soit sous forme de gaz. C'est le cas des gaz rares (comme le krypton 85, le xénon 133, l'argon 41, etc.), du carbone 14 (qui peut être par exemple sous forme de gaz carbonique), et du **tritium** (qui peut être sous forme d'hydrogène, de vapeur d'eau, etc.).

Un certain nombre d'installations nucléaires en Rhône-Alpes, et en particulier dans la vallée du Rhône (dont les centrales électronucléaires) sont autorisées à rejeter du tritium sous forme liquide ainsi que dans l'atmosphère. **Le tritium représente plus de 99 % de la radioactivité rejetée par voie liquide par les centrales nucléaires et c'est un des principaux constituants des rejets radioactifs à l'atmosphère (avec les gaz rares et le carbone 14).**

Nous reproduisons ci-après, à titre indicatif, les autorisations de rejets et les rejets déclarés dans l'atmosphère par le CNPE de Cruas des années 2016, 2017 et 2018.

Tableau 1 / Rejets radioactifs à l'atmosphère / CNPE de Cruas / années 2016, 2017 et 2018 (source : EDF rapport TSN 2018)

Famille	Limite annuelle réglementaire (GBq)	Prévisionnel 2018 (GBq)	Activité rejetée (GBq) (% limite annuelle)		
			2018	2017	2016
Carbone 14 <sup>1</sup>	2 200	900	808 (36,7 %)	666 (30,3%)	629 (28,6%)
Tritium	8 000	1 500	1510 (18,9 %)	1474 (18,4%)	1370 (17,1%)
Gaz rares <sup>2</sup>	48 000	1 400	1460 (3,0 %)	2020 (4,2%)	2310 (4,8%)
Iodes <sup>2</sup>	1,2	0,050	0,0476 (4,0 %)	0,0531 (4,4%)	0,0574 (4,8%)
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs Béta ou gamma <sup>2</sup>	0,8	0,020	0,006 (0,75 %)	0,006 (0,7%)	0,012 (1,5%)

<sup>1</sup> Valeur mesurée.

<sup>2</sup> L'information relative à chaque paramètre constituant le résultat global est présentée en annexe 4.

NB : Un GigaBecquerel (1 GBq) représente un milliard de becquerels.

On remarque que les quantités rejetées, par radionucléide ou famille de radionucléides, sont, pour les 3 années présentées, du même ordre de grandeur. En terme de quantités, les rejets de tritium dans l'air entre 2016 et 2018 arrivent toujours en première ou en seconde position des rejets atmosphériques du CNPE.

Si l'on prend l'exemple de l'année 2018, les substances radioactives rejetées en plus grande quantité sont :

- **le tritium** : 1 510 GBq,
- **les gaz rares radioactifs** : 1 460 GBq,
- **le carbone 14** : 808 GBq.

## 2.2. Généralités sur le tritium

Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène dont il possède les mêmes propriétés chimiques. Il émet des rayonnements bêta de faible énergie. Sa période physique est de **12,3 ans**, c'est-à-dire qu'il faut attendre 12,3 ans avant que sa radioactivité ne soit divisée par 2.

Dans un réacteur nucléaire, du tritium « artificiel » est produit par fission ternaire de l'uranium, mais surtout par **l'activation neutronique** du bore et du lithium contenus dans l'eau du circuit primaire.

La quantité de tritium produite est globalement liée à l'énergie fournie par le réacteur.

L'atome de tritium étant de l'hydrogène, c'est le plus petit atome existant. Que ce tritium soit associé à des molécules d'eau sous forme liquide ou sous forme gazeuse (vapeur d'eau), il est extrêmement difficile de séparer les atomes d'hydrogène radioactif (le tritium) des atomes d'hydrogène stable. C'est pourquoi le tritium **n'est pas piégé par les systèmes de filtration** mis en place sur les effluents radioactifs liquides et gazeux avant rejet.

Une fois rejeté dans l'atmosphère, le tritium est assez rapidement oxydé sous forme d'eau (H<sub>2</sub>O), c'est pourquoi on le retrouve en particulier dans les précipitations.

Compte tenu de sa longue période physique (12,3 ans), il est transporté au gré des vents à très grande distance.

## 2.3. Rejets de tritium à l'atmosphère entre 2014 et 2018

Dans le cadre de la publication d'un livre blanc sur le tritium, l'ASN a mis à disposition sur un site dédié les activités en tritium rejetées par les installations nucléaires situées sur le territoire français : <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/plus/bilan-rejets-tritium.html>

Le tableau 2 page suivante reprend les rejets de tritium à l'atmosphère pour les installations situées en région Rhône-Alpes ou à proximité, sur la période 2014 à 2018.

Les installations ont été classées par ordre de rejet décroissant sur l'année 2018.

Les rejets les plus importants concernent l'Installation Nucléaire de Base Secrète (INBS) de **Marcoule**. Après des rejets respectifs en 2014 et 2015 de 35 GBq et 77 GBq, les rejets de tritium ont augmenté entre 2016 et 2018 avec des valeurs comprises entre **20 000 GBq** et **25 000 GBq**. Ces rejets restent en 2018 de 12 à 13 fois supérieurs à ceux émis par les CNPE de Saint-Alban ou de Cruas Meysse et de 17 fois supérieurs à ceux émis par le CNPE du Tricastin.

**Le réacteur de l'Institut Laue Langevin (ILL) à Grenoble** (réacteur de recherche à eau lourde) est en seconde position de ce classement avec **8 800 GBq** de rejets de tritium à l'atmosphère en 2018, ce qui représente près de 8 fois les rejets du CNPE du Tricastin.

Viennent ensuite les **réacteurs électronucléaires** (Saint-Alban, Cruas Meysse, Tricastin et Bugey) avec des rejets relativement constants sur chacun des sites d'une année sur l'autre. Sur la période 2014-2018, ces rejets varient de **619 à 1 720 GBq/an** selon les sites et les années. A noter que les rejets de la centrale de **Creys-Malville / Superphénix**, en cours de démantèlement, sont en nette diminution en 2018 (**140 GBq**) par rapport aux 2 années précédentes (**48 300 GBq** en 2016 et **22 000 GBq** en 2017).

Tableau 2 / Rejets de tritium atmosphérique des Installations Nucléaires de Base (INB) de la Région Rhône-Alpes ou limitrophes (en GBq par an) [Source : livre blanc ASN]

INB	2014	2015	2016	2017	2018
CEA Marcoule (INBS)	35	77	25 000	24 000	20 000
ILL Grenoble	8 300	7 200	4 900	13 000	8 800
CNPE de Saint-Alban	1 410	1 620	1 490	1 450	1 590
CNPE du Cruas-Meyssse	1 180	1 410	<b>1 410</b>	1 470	1 510
CNPE du Tricastin	1 720	1 540	1 430	1 350	1 140
CNPE du Bugey	619	878	627	593	728
CNPE de Creys-Malville / Superphénix	47 900	326	48 300	22 000	140
CEA Cadarache (INB)	47	53	45	45	48
Marcoule : Atalante - Phenix - Melox (pas de rejet tritium)	35	77	18	29	39
AREVA NC Pierrelatte (INB + INBS)	0	0	0,3	0,5	0,5
SOCATRI (site du Tricastin)	0,5	0,8	0,5	0,2	0,1
CEA Grenoble (INB)	0,0	0	0,0	0,0	0,0
COMURHEX Pierrelatte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Note : on observe une incohérence au niveau des rejets de tritium atmosphérique pour la centrale de Cruas-Meyssse en 2016, entre la valeur publiée dans le livre blanc de l'ASN, en gras dans le tableau ci-dessus (1 410 GBq) et la valeur déclarée par l'exploitant dans le tableau 1, page 6 de ce rapport (1 370 GBq).

### 3. ACTIVITE DU TRITIUM DANS LES EAUX DE PLUIE

#### 3.1. Réalisation des prélèvements

En ce qui concerne les stations de Montélimar, Romans (jusqu'en juin) et Avignon, le personnel chargé des interventions hebdomadaires sur ces balises (services techniques de la Ville à Avignon, laboratoire de la CRIIRAD à la station de Romans) a veillé en **2019** à ce que le recueil des précipitations soit possible en cas de nécessité (vidange et nettoyage hebdomadaire du pluviomètre si nécessaire).

La coordination de la collecte des échantillons, leur prise en charge ainsi que leur traitement a été assumée par Mme Sara Ortuno, technicienne de laboratoire.

Au total, **29 échantillons d'eau de pluie** (28 prélevés à Saint-Paul-Trois-Châteaux et 1 à Valence) ont été recueillis, traités et analysés au laboratoire de la CRIIRAD par scintillation liquide.

Les analyses ont été réalisées par M. Stéphane Patrigeon, technicien métrologue et validées par M. Bruno Chareyron, directeur du laboratoire et madame Marion Jeambrun, responsable qualité du laboratoire.

Les agréments du laboratoire et des précisions sur la méthodologie figurent en Annexe 1.

### Implantation du pluviomètre CRIIRAD proche du CNPE du Tricastin (Source : Google Earth)



## 3.2. Mesures effectuées par la CRIIRAD

Les activités mesurées sont exprimées en Becquerel par litre (Bq/l) et reportées dans les tableaux 3 et 4 ci-après. Les critères de la norme NF ISO 11929 :2010 ont été appliqués pour le calcul des limites caractéristiques de l'activité en tritium (seuil de décision, limite de détection, marges d'incertitude).

Tableau 3 / Activité du tritium dans les précipitations / Mesures CRIIRAD / campagne 2019 /  
Mesure ponctuelle à **Valence**  
Semaine 10 en 2019

Semaines concernées	Période de précipitation		Activité en tritium (1)	Observations
	Début	Fin	Bq/l	
10	19/03/2019 12:30	26/03/2019 12:30	< 2,1	Suivi hebdomadaire

(1) : Application de la norme NF ISO 11929:2010 pour le calcul des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection, marges d'incertitude)

Tableau 4 / Activité du tritium dans les précipitations / Mesures CRIIRAD / campagne 2019  
**Saint-Paul-Trois-Châteaux (Tricastin)**  
 Semaines 5 à 52 (2019)

Semaines concernées	Période de précipitation		Activité en tritium (1)	Observations
	Début	Fin		
5	21/01/2019 15:00	28/01/2019 15:00	< 1,9	Suivi hebdomadaire
6	28/01/2019 15:00	05/02/2019 15:05	< 1,9	Suivi hebdomadaire
7	05/02/2019 15:05	11/02/2019 10:45	6,6 ± 1,5	Suivi hebdomadaire
11	04/03/2019 12:00	11/03/2019 15:45	< 2,0	Suivi hebdomadaire
15	11/03/2019 15:45	10/04/2019 10:30	1,3 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
17	10/04/2019 10:30	23/04/2019 11:15	1,4 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
18	23/04/2019 11:15	30/04/2019 15:00	< 1,9	Suivi hebdomadaire
20	07/05/2019 12:00	14/05/2019 11:10	< 2,1	Suivi hebdomadaire
22	21/05/2019 15:50	28/05/2019 15:05	3,2 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
24	03/06/2019 13:00	10/06/2019 15:00	1,7 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
25	10/06/2019 15:00	17/06/2019 15:00	2,3 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
26	17/06/2019 15:00	24/06/2019 15:00	1,4 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
28	01/07/2019 13:28	09/07/2019 10:30	< 1,9	Suivi hebdomadaire
31	23/07/2019 11:25	29/07/2019 15:10	1,3 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
34	13/08/2019 16:15	20/08/2019 11:00	4,3 ± 1,2	Suivi hebdomadaire
37	02/09/2019 10:30	10/09/2019 15:30	1,9 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
39	16/09/2019 13:30	24/09/2019 15:00	< 2,0	Suivi hebdomadaire
41	30/09/2019 12:30	08/10/2019 15:10	1,3 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
42	08/10/2019 15:10	15/10/2019 12:00	< 2,0	Suivi hebdomadaire
43	15/10/2019 12:00	22/10/2019 15:15	< 1,9	Suivi hebdomadaire
44	22/10/2019 15:15	29/10/2019 15:10	< 1,9	Suivi hebdomadaire
45	31/10/2019 11:15	04/11/2019 15:00	< 1,9	Suivi hebdomadaire
46	04/11/2019 15:00	13/11/2019 11:10	1,8 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
47	13/11/2019 11:10	18/11/2019 15:00	< 1,9	Suivi hebdomadaire
48	18/11/2019 15:00	25/11/2019 10:30	1,3 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
50	02/12/2019 15:00	09/12/2019 12:10	1,2 ± 1,1	Suivi hebdomadaire
51	09/12/2019 12:10	17/12/2019 14:50	1,0 ± 1,0	Suivi hebdomadaire
52	17/12/2019 14:50	23/12/2019 12:20	< 1,9	Suivi hebdomadaire

(1) : Application de la norme NF ISO 11929:2010 pour le calcul des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection, marges d'incertitude)

### 3.3. Interprétation des résultats

#### 3.3.1. Rappels sur les niveaux de tritium attendus (hors impact des rejets des installations nucléaires)

Du tritium est produit **naturellement** dans la haute atmosphère par interaction du rayonnement cosmique sur certains atomes présents dans l'air. Il est donc naturellement présent en faible<sup>7</sup> quantité dans les **eaux de pluie** et les eaux de surface.

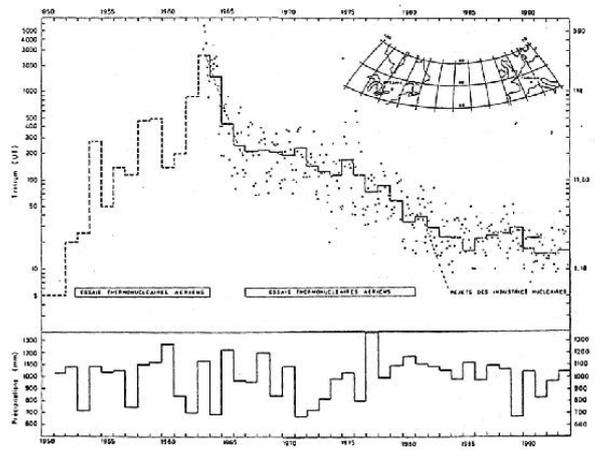
**Avant 1945**, les eaux de pluie avaient une très faible teneur en tritium (typiquement **inférieure à 1 Bq/l** : l'AIEA dans le cadre d'une modélisation théorique<sup>8</sup> donnait en effet une activité de l'ordre de **0,6 Bq/l**). A cette époque, le tritium contenu dans les eaux était d'origine strictement naturelle.

Puis, l'exploitation de réacteurs nucléaires et les explosions atomiques ont conduit à une dispersion à grande échelle de tritium d'origine artificielle. Pendant la période des **essais nucléaires atmosphériques** (particulièrement intenses dans les **années 50 / 60**) et peu après, les teneurs en tritium dans les eaux de pluies en France ont atteint 150 Bq/l et plus.

Le graphique 4 ci-dessous<sup>9</sup> montre que l'activité du tritium dans l'eau de pluie mesurée en métropole à Thonon-les-Bains (Haute-Savoie) a augmenté de façon marquée (**plus de 500 Bq/l en 1963**, lors des apports massifs de tritium lié aux essais nucléaires) pour diminuer progressivement ensuite.

De nos jours, l'activité du tritium dans les eaux de pluie (hors influence des sites nucléaires) est le plus **souvent inférieure à 2 Bq/l**. Il est donc important d'avoir une limite de détection de cet ordre de grandeur pour éventuellement se prononcer sur la présence d'une contamination artificielle distincte du bruit de fond naturel et du reliquat des essais militaires.

**Graphe 4 / Activité du tritium dans les précipitations à Thonon-les-Bains (Haute-Savoie) de 1963 à 1993 (Bq/l sur l'échelle de droite) /Laboratoire de Thonon / Professeur Olive**



**Graphique 1** : Teneurs en tritium mensuelles(•) et annuelles(-) dans les précipitations à Thonon de 1963 à 1993 ainsi que les hauteurs annuelles des précipitations [P. Olive et al, 1996].

<sup>7</sup> Hors zones polaires.

<sup>8</sup> Roether, W. 1967. « Estimating the tritium input to groundwater from wine samples: Groundwater and direct run-off contribution to Central European surface waters. » Dans *Isotopes in Hydrology*. Agence Internationale de l'énergie atomique, Vienne, p. 73-79.

<sup>9</sup> Olive et al, 1996 : Estimation pratique de «l'âge» des eaux souterraines en Europe par le tritium. *Rev. Sci. Eau* 4 523-533.

### 3.3.2. Gamme de résultats observés sur la campagne d'analyses

Sur les 29 prélèvements effectués, les activités volumiques du tritium se répartissent comme suit

- 14 résultats inférieurs à la limite de détection : entre **< 1,9 Bq/l et < 2,1 Bq/l** (48 % des cas).
- **15 détections<sup>10</sup> de tritium (52 % des cas)** avec une activité de **1,0 ± 1,0 Bq/l** à **6,6 ± 1,5 Bq/l** (eau de pluie prélevée le 11/02/2019 à Saint-Paul-Trois-Châteaux, à proximité du **Tricastin**).

Onze de ces résultats sont associés à des incertitudes élevées (> 50 %).

Les prélèvements pour lesquels le tritium a été détecté de façon significative (incertitudes < 50 %) concernent les 4 eaux de pluie prélevées à **Saint-Paul-Trois-Châteaux** entre le 05/02 et le 11/02, entre le 21/05 et le 28/05, entre le 10/06 et le 17/06 et entre le 13/08 et le 20/08, avec des valeurs comprises entre **2,3 Bq/l et 6,6 Bq/l**.

### 3.3.3. Résultats obtenus par l'IRSN et les exploitants à proximité des INB

La station de Saint-Paul-trois-Châteaux se situe à proximité du site du Tricastin. Les résultats obtenus peuvent être comparés à ceux obtenus par les exploitants du site nucléaire et par l'IRSN.

Pour les études de tritium dans l'eau de pluie, le laboratoire de la CRIIRAD consulte les résultats mis en ligne par l'IRSN<sup>11</sup> et les exploitants des installations nucléaires sur le site Internet du **Réseau National de Mesures** (nommé par la suite RNM) <https://www.mesure-radioactivite.fr/#/>

**Les résultats de la consultation de ce site, effectuée le 18/09/2020 pour les résultats disponibles depuis le 01/01/2019, sont portés dans le tableau 5.**

#### Remarques générales

Le suivi du tritium dans l'eau de pluie (du moins ce qui est mis à disposition du public), est effectué par l'IRSN et les exploitants (EDF, AREVA, CEA), sur au moins un point de contrôle sur chacun des 2 sites (Tricastin, Marcoule), avec une périodicité qui peut être mensuelle (suivi de l'IRSN à Marcoule par exemple) ou bimensuelle (mesures EDF).

Le délai de mise en ligne des résultats est de l'ordre de 2,5 à 3 mois pour l'IRSN et entre 3 et 5 mois pour les exploitants.

Comme souligné lors des années précédentes, certaines données mises en ligne sont difficiles à interpréter dans la mesure où des résultats publiés<sup>12</sup> sur le site du Réseau National de Mesures ne font mention que de la date de début de l'échantillonnage (pas de date de fin systématiquement précisée), notamment pour les données mises en ligne par l'exploitant AREVA. C'est également le cas pour les données publiées par l'exploitant EDF entre le 01/01/2019 et le 01/06/2019. EDF précise ensuite la date de fin d'échantillonnage pour ses données publiées entre le 01/06/2019 et le 31/12/2019.

Bien que les limites de détection soient parfois relativement élevées (en ce qui concerne EDF, elles sont le plus souvent comprises entre **5 et 6 Bq/l**), on constate que le tritium a été fréquemment détecté à proximité des installations nucléaires considérées ici.

<sup>10</sup> Selon les critères de la norme NF ISO 11929 :2010.

<sup>11</sup> L'IRSN ne publie plus, depuis le 11 octobre 2018 de données pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement sur le site : <https://sws.irsn.fr>.

<sup>12</sup>La date de fin des échantillonnages pour ceux effectués par l'IRSN est généralement précisée sur le site.

### Marcoule

Pour le site de **Marcoule**, le CEA met en ligne les résultats des stations de Codolet (située au sud du site) et de Saint-Etienne-des-Sorts (au nord). L'IRSN exploite également une station à Codolet.

A **Codolet**, le tritium a été détecté par l'IRSN dans **45 % des cas** (5 échantillons sur 11). L'activité maximale, est de **20,4 ± 3,0 Bq/l** (01/02/2019 au 03/02/2019). Il est détecté à trois reprises sur les 17 échantillons prélevés par le CEA : l'activité maximale, **98,6 ± 16,7 Bq/l** a été mesurée entre le 15/01/2019 et le 01/02/2019.

A Saint-Etienne-des-Sorts, le tritium a été détecté par le CEA à 2 reprises (sur 17 échantillons) avec une valeur maximale de **5,8 ± 4,8 Bq/l** (entre le 15/08/2019 et le 02/09/2019).

### Tricastin

Au nord du site, à **Pierrelatte**, AREVA<sup>13</sup> publie 13 résultats en 2019 qui sont tous **en-dessous de la limite de détection** (résultats entre <2 et <2,8 Bq/l).

Au sud, à **Bollène**, EDF indique 7 détections sur 21 échantillons (**33 % des cas**). La valeur maximale, **7,85 ± 4,76 Bq/l**, est mesurée entre le 15/08/2019 et le 31/08/2019. Le tritium est détecté par AREVA à 2 reprises sur 13 échantillons avec une activité de **2,2 ± 2,3 Bq/l** entre le 28/05/2019 et le 28/06/2019 et de **2,6 ± 2,2 Bq/l** entre le 27/11/2019 et le 27/12/2019. L'IRSN indique, au niveau de la station nommée « AS1 TRICASTIN » (située au sud du site du CNPE), 5 détections sur 12 résultats mensuels (maximum **8,6 ± 2,6 Bq/l** entre le 01/08/2019 et le 01/09/2019).

Il est probable que la présence de tritium lié aux rejets des installations nucléaires serait mise en évidence plus souvent si la limite de détection était abaissée, notamment pour EDF. La limite de détection EDF est en effet relativement élevée (de l'ordre de 5 à 6 Bq/l), celle d'AREVA est de l'ordre de 2 à 5 Bq/l.

Le suivi hebdomadaire effectué par la CRIIRAD sur la station de **Saint-Paul-Trois-Châteaux**, à proximité de Bollène, met en évidence une détection de tritium dans 15 cas sur 28 (**54 % des cas**). L'activité maximale, **6,6 ± 1,5 Bq/l**, a été observée entre le 05/02/2019 et le 11/02/2019.

---

<sup>13</sup> L'IRSN n'a pas publié de résultats pour sa station « AREVA NC PIERRELATTE » depuis fin 2018 (pas d'information sur le site RNM d'une éventuelle fin d'exploitation de cette station).

Tableau 5 : Synthèse des résultats d'analyses de tritium dans les eaux de pluie par l'IRSN et les exploitants à proximité des installations nucléaires de Cruas Meysse, Tricastin et Marcoule – année 2019 (valeurs mises en ligne au 18 septembre 2020)

Station de pluviométrie - Lieu (N° département)	Site nucléaire à proximité	Organisme gestionnaire	Date mise en ligne dernier résultat	Fourchettes de valeurs mesurées en 2019 <sup>(1)</sup>	Détections du tritium (X fois sur Y mesures)	Période <sup>(2)</sup> pour laquelle la valeur maximale a été mesurée en 2019		Périodicité résultats	Source de l'information
						Date de début d'échantillonnage	Date de fin d'échantillonnage		
Saint-Etienne-des-Sorts (30)	CEA MARCOULE	CEA	15/05/2020	de non détecté (<LD) à 5,8 +/- 4,8 Bq/l	2 détections sur 17 mesures	15/08/2019	02/09/2019	Bimensuelle	Site RNIM
Codolet (30)	CEA MARCOULE	CEA	15/05/2020	de non détecté (<LD) à 98,6 +/- 16,7 Bq/l	3 détections sur 17 mesures	15/01/2019	01/02/2019	Bimensuelle	Site RNIM
Codolet (30)	CEA MARCOULE	IRSN	22/06/2020	de non détecté (< LD) à 20,4 +/- 3,0 Bq/l	5 détections sur 11 mesures	01/02/2019	03/02/2019	Mensuelle	Site RNIM
Pierrelatte RA 8 (26)	TRICASTIN	AREVA	26/06/2020	non détecté (< LD, LD entre 2,0 Bq/l et 2,8 Bq/l)	pas de détection sur 13 mesures	Sans objet	Sans objet	Mensuelle	Site RNIM
Bollène (84)	TRICASTIN	IRSN	22/06/2020	de non détecté (< LD) à 8,6 +/- 2,6 Bq/l	5 détections sur 12 mesures	01/08/2019	01/09/2019	Mensuelle	Site RNIM
Bollène (84)	TRICASTIN	EDF	31/05/2020	de non détecté (< LD) à 7,85 +/- 4,76 Bq/l	7 détections sur 21 mesures	15/08/2019	31/08/2019	Bimensuelle	Site RNIM
Bollène RA 9 (84)	TRICASTIN	AREVA	26/06/2020	de non détecté (< LD) à 2,6 +/- 2,2 Bq/l	2 détections sur 13 mesures	27/11/2019	Sans objet	Mensuelle	Site RNIM

(1) : le terme "< LD (inférieur à la limite de détection)" signifie que le tritium n'a pas été détecté. Cela n'assure pas l'absence de tritium dans l'échantillon, mais que s'il est présent, son activité est en tout cas inférieure à la valeur de la limite de détection. Dans le tableau ci-dessus, les valeurs des limites de détection non précisées sont comprises entre 2 et 6 Bq/l.

(2) Période d'échantillonnage des eaux de pluie indiquée sur le site RNIM (<http://www mesure-radioactive.fr/public/spip.php?page=carte>). Pour les résultats de l'IRSN et du CEA, les 2 dates sont généralement précisées. Pour les résultats d'AREVA, seule la date de début d'échantillonnage est précisée ainsi que pour les résultats d'EDF jusqu'au 30/06/2019. EDF publie une date de fin d'échantillonnage pour les résultats à compter de cette date.

## 4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

### Réseau d'alerte géré par la CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD gère un **réseau indépendant de contrôle de la radioactivité de l'air** en Auvergne Rhône-Alpes, en Avignon et à Genève (Suisse) avec le soutien des Collectivités Locales (cf. annexe 2). Ce réseau est conçu pour **donner rapidement l'alerte en cas de forte augmentation de la radioactivité de l'air ambiant**.

A partir de **2014**, ce réseau a été complété par la mise en place de **pluviomètres** dans l'environnement proche de chaque station de surveillance. Il comporte **4 stations** à fin 2019 : **Valence, Montélimar, Saint-Paul-Trois-Châteaux et Avignon**.

Toutes les semaines, en 2019, la CRIIRAD s'est rendue au niveau des balises<sup>14</sup> disposant d'un module de détection des iodes radioactifs gazeux pour changer les cartouches à charbon actif. A cette occasion, les pluviomètres<sup>15</sup> situés près des balises sont vidangés, afin qu'ils soient opérationnels pour recueillir de nouvelles précipitations qui ne seront analysées qu'en cas de suspicion de contamination importante (alarme des balises ou notifications d'incidents par les exploitants).

### Utilisation des pluviomètres pour le suivi du tritium

Un certain nombre d'installations nucléaires en Rhône-Alpes, et en particulier dans la vallée du Rhône (dont les centrales électronucléaires) sont autorisées à effectuer des **rejets chroniques de tritium** sous forme liquide ainsi que dans l'**atmosphère**. Le tritium représente plus de 99 % de la radioactivité rejetée par voie liquide par les centrales nucléaires et c'est un des principaux constituants des rejets radioactifs à l'atmosphère (avec les gaz rares et le carbone 14).

Le tritium n'étant pas détecté par les balises de son réseau d'alerte, la CRIIRAD a décidé de suivre son activité dans les précipitations afin d'effectuer une surveillance indépendante de l'impact des rejets chroniques à l'atmosphère.

Le budget de fonctionnement du service balises ne permettant pas de réaliser ce suivi pour toutes les stations, la CRIIRAD a donc effectué en 2019 un contrôle de l'activité du **tritium dans les précipitations hebdomadaires** sur une seule station (station prioritaire).

Le suivi a porté en 2019 sur la **station de Saint-Paul-Trois-Châteaux**, à proximité immédiate du site du Tricastin. Les rejets déclarés par le CNPE du Tricastin sont du même ordre de grandeur que ceux de Cruas, mais le secteur de **Saint-Paul-Trois-Châteaux** a été privilégié par rapport à Montélimar compte tenu d'une plus grande proximité du site de Marcoule.

En l'absence de précipitations au niveau du point de suivi prioritaire, des contrôles ponctuels ont été effectués sur le pluviomètre de **Valence** (à une reprise seulement en 2019), de manière à disposer d'un point de mesure hebdomadaire en vallée du Rhône.

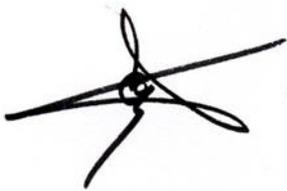
Dans le cadre du suivi 2019 en vallée du Rhône (**29 échantillons**), la CRIIRAD a mis en évidence la présence de tritium dans **52 % des cas**. Le niveau de tritium naturel attendu (bruit de fond) est a priori inférieur à 2 Bq/l. A Saint-Paul-Trois-Châteaux, des valeurs supérieures à cette valeur ont été relevées dans 14 % des cas. L'activité maximale a été de **6,6 ± 1,5 Bq/l**.

Les mesures mises en ligne par les exploitants et l'IRSN mettent également en évidence une contamination chronique des précipitations par le tritium dans ce secteur. En 2018, les rejets de tritium à l'atmosphère des centrales de Cruas, du Tricastin et de l'INBS du CEA de Marcoule étaient respectivement de **1 510 GBq**, **1 140 GBq** et **20 000 GBq**.

<sup>14</sup> A l'exception des balises de Saint-Marcel d'Ardèche et de Péage-de-Roussillon pour raison budgétaire (désengagements respectivement du CD07 et du CD38).

<sup>15</sup> Le pluviomètre de Saint-Paul-Trois-Châteaux est traité dans le cadre de l'intervention à la balise de Montélimar.

Les activités les plus élevées ont été mesurées à Codolet au niveau du site de Marcoule par le CEA (**98,6 ± 16,7 Bq/l**) et par l'IRSN (**20,4 ± 3,0 Bq/l**). On notera cependant que les limites de détection obtenues par EDF sont relativement élevées (5 à 6 Bq/l), ce qui conduit à masquer une partie de l'impact des rejets chroniques des centrales électronucléaires.

	<b>EMETTEUR</b>	<b>APPROBATION</b>
<b>Nom</b>	Jérémie MOTTE	Bruno CHAREYRON
<b>Fonction</b>	Responsable du service balises	Directeur du laboratoire
<b>Date</b>	07/10/20	07/10/20
<b>Signature</b>		

## Bibliographie

Rapport CRIIRAD N°19-55 / Suivi du tritium dans les précipitations en Drôme en 2018 / J. Motte, mai 2019

Rapport CRIIRAD N°18-24 / Suivi du tritium dans les précipitations en Drôme en 2017 / J. Motte, mai 2019

Rapport CRIIRAD N°17-30 / Suivi du tritium dans les précipitations à Montélimar en 2016 / J. Motte, juin 2017

Rapport CRIIRAD N°16-12 / Suivi du tritium dans les précipitations à Montélimar, à Saint-Marcel d'Ardèche et Péage de Roussillon en 2015 / J. Motte, juin 2016

Rapport CRIIRAD N°15-06 / Mise en place d'un réseau de pluviomètres et mesure du tritium dans les précipitations en Rhône-Alpes (juillet-décembre 2014) / J. Motte, avril 2015

Rapport CRIIRAD N°12-71 / Mesure du tritium dans l'eau du Rhône (2009) et dans les précipitations en Rhône-Alpes (2009-2010) / Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD dans le cadre de la convention 2007-2009 avec le Conseil Régional Rhône-Alpes / B. Chareyron, octobre 2012

Rapport CRIIRAD N°10-140 / Etat des lieux de la radioactivité de l'eau, des sédiments et plantes aquatiques du Rhône et de ses affluents (Ain, Saône, Isère) / Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD dans le cadre de la convention 2007-2009 avec le Conseil Régional Rhône-Alpes / B. Chareyron, Janvier 2011

Note CRIIRAD N°03-21 / Mesure de l'activité volumique du tritium dans les eaux de pluie en France / B. Chareyron, juin 2003.

Rapport CRIIRAD N°04-20/ Etude préliminaire de l'impact des rejets de tritium et carbone 14 du CNPE de Saint-Alban / Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD à la demande de l'association AIRE, avec le soutien financier du Conseil Régional Rhône-Alpes, du Conseil Général de l'Isère et des municipalités de Salaise sur Sanne (38), Roussillon (38), Péage de Roussillon (38), Condrieu (69), Saint-Maurice l'Exil (38) et Saint-Appolinard (42) / B. Chareyron, avril 2004.

Rapport CRIIRAD N°00-5, Contrôle de la radioactivité des sédiments et plantes aquatiques du Rhône, en amont et en aval du CNPE de Saint-Alban. Etude réalisée à la demande de l'association AIRE, avec le soutien financier du Conseil Général de l'Isère et de collectivités locales. / B. Chareyron, Mai 2001.

Consultation du site du Réseau National de Mesures : <https://www.mesure-radioactivite.fr/#/>

Consultation du site de mesures de l'IRSN : <https://sws.irsln.fr/sws/mesure/index>

## Annexe 1 : Protocoles et agréments du laboratoire de la CRIIRAD pour le dosage du tritium

### Principe de la scintillation liquide

La scintillation liquide est basée sur la mesure des interactions entre les rayonnements ionisants émis par le tritium et les composés chimiques émetteurs de fluorescence qui composent le liquide scintillant. L'échantillon est mélangé de façon homogène avec le liquide scintillant. Les électrons bêta émis par le tritium (ou par tout autre radionucléide) provoquent l'excitation des molécules organiques qui se désexcitent en émettant de la lumière. Le signal lumineux est détecté par deux photomultiplicateurs puis traité par un ordinateur. L'intensité du rayonnement (nombre de photons) permet de calculer l'activité du radionucléide recherché.

### Conditions de préparation et d'analyse

L'analyse est effectuée sans distillation<sup>16</sup> afin d'obtenir des résultats concernant l'eau brute. Les résultats sont ceux mesurés sur l'eau après décantation, et se réfèrent donc au tritium de l'échantillon.

Le liquide scintillant utilisé est un liquide dit de sécurité, accepteur d'eau (Ultima Gold LLT, Packard). Il est intimement mélangé à une fraction aliquote de l'échantillon au sein d'un flaconnage plastique, dans des proportions 10 ml/10 ml.

Les flacons sont mis en attente pendant au moins une nuit dans le compteur Packard 2770 très bas bruit de fond équipé d'un cristal de BGO.

L'eau de référence utilisée pour déterminer le mouvement propre du système de mesure est de l'« eau des Abatilles » provenant d'un forage profond de la région bordelaise.

Le rendement de détection est calculé à l'aide d'une source certifiée par le NBS<sup>17</sup> américain et l'efficacité réelle est corrigée des effets de Quenching chimique à partir d'une gamme de Quenching et de la mesure du taux de Quenching de chaque échantillon par un standard externe.

Les comptages ont une durée de 500 minutes, fractionnée en 5 cycles de comptage de 100 minutes. Dans ces conditions, la limite de détection du système de mesure est de l'ordre de 2 Bq/l.

**Afin de vérifier l'absence notable d'autres radionucléides émetteurs bêta, un contrôle du taux de comptage sur la gamme d'énergie 20 à 500 keV est effectué systématiquement de façon qualitative.**

### Agréments du laboratoire de la CRIIRAD

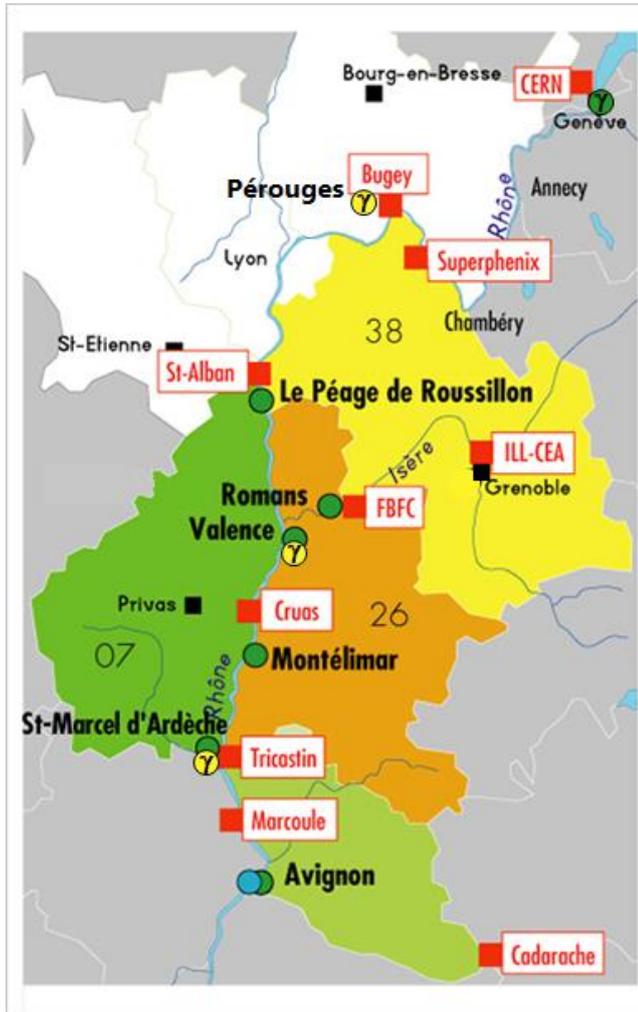
Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour la mesure du tritium dans la matrice eau (agrément valable jusqu'au 30/06/2024).

---

<sup>16</sup> Sauf pour certaines eaux de pluie qui présentent une forte coloration.

<sup>17</sup> National Bureau of Standards.

**Annexe 2 : Présentation du réseau de surveillance CRIIRAD**



- Balises d'air en fonctionnement
- Sondes Gamma
- Sonde de spectrométrie Gamma
- Balise d'eau d'Avignon
- Installations nucléaires



**Communes du réseau Montilien**

- |               |                  |               |
|---------------|------------------|---------------|
| Aleyrac       | Cliusclat        | Dieulefit     |
| La Bégude de  | Larnas           | Le Poët-Laval |
| Mazenc        | Loriol-sur-Drôme | Rochebaudin   |
| Saint-Bauzile | Saint-Montan     | Souspierre    |