



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# ETUDE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CENTRALE NUCLEAIRE DE SAINT- ALBAN SAINT-MAURICE

SYNTHESE DES ETUDES DU MILIEU TERRESTRE



# L'EXPERT PUBLIC DES RISQUES NUCLEAIRES ET RADIOLOGIQUES

*Expertiser, rechercher, protéger, anticiper, partager, telles sont les missions de l'IRSN au service des pouvoirs publics et de la population.*

*La singularité de l'Institut réside dans sa capacité à associer chercheurs et experts pour anticiper les questions à venir sur l'évolution et la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques.*

*Les femmes et les hommes de l'IRSN ont à cœur de faire connaître leurs travaux et de partager leurs savoirs avec la société. Ils contribuent ainsi à améliorer l'accès à l'information et le dialogue avec les parties prenantes.*

*L'Institut concourt aux politiques publiques de sûreté et sécurité nucléaires, de santé, d'environnement et de gestion de crise.*

*Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous la tutelle conjointe du ministre chargé de l'Environnement, du ministre de la Défense, et des ministres chargés de l'Énergie, de la Recherche et de la Santé, l'IRSN inscrit pleinement son action dans les politiques de modernisation de l'État avec sa démarche de management des risques et la mise en œuvre d'une politique globale en matière de responsabilité sociétale*

**Dans le cadre de ses missions, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) contribue notamment à la veille permanente en radioprotection sur le territoire national.**

À cet égard, la surveillance radiologique de l'environnement, réalisée par l'IRSN, participe :

- à la vérification du fonctionnement des installations qui sont autorisées à rejeter de la radioactivité dans l'environnement ;
- à l'analyse de l'évolution des niveaux de radioactivité – dans le temps et l'espace – et à la détection d'éventuelles élévations inhabituelles de ces niveaux ;
- à l'évaluation de l'exposition des populations et des écosystèmes aux rayonnements ionisants ;
- à la mise en place de moyens susceptibles d'être mobilisés en situation d'urgence radiologique ou en situation post-accidentelle ;
- à la qualification des modèles de dispersion de la radioactivité dans l'environnement et d'évaluation de ses impacts.

Elle est assortie d'une obligation de transparence qui conduit l'Institut à publier régulièrement ses résultats de mesure sur le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement et des synthèses sur l'état radiologique des territoires sur le site internet de l'Institut.

L'INSTITUT  
COMPTE  
ENVIRON **1 816**  
COLLABORATEURS

parmi lesquels  
de nombreux  
ingénieurs,  
médecins,  
agronomes,  
vétérinaires,  
techniciens,  
experts  
et chercheurs.

Pour mener à bien  
ses missions,  
l'IRSN dispose  
**D'UN BUDGET  
D'ENVIRON  
271 M€**

## DES RESEAUX DE PRELEVEMENT ET DE MESURE CONÇUS POUR UNE SURVEILLANCE REGULIERE

La surveillance radiologique régulière de l'environnement faite par l'IRSN repose sur des réseaux de balises de télé-détection et de stations de prélèvement des milieux, installés de manière permanente en des points particuliers du territoire, au plus proche des installations nucléaires ou en dehors de l'influence de celles-ci.

### Deux réseaux pour surveiller l'air

- **Le réseau Téléray**, constitué de sondes qui mesurent en continu le débit de dose gamma ambiant dans l'air. Elles transmettent en temps réel leurs données à la salle de télésurveillance de l'IRSN, et sont mises à disposition du public en quasi temps réel via un site web ([www.teleray.irsn.fr](http://www.teleray.irsn.fr)). Dès qu'une augmentation anormale de radioactivité est détectée, une alarme est envoyée à l'IRSN et une investigation est menée.
- **Le réseau OPER A-Air**, qui est constitué de préleveurs d'aérosols fonctionnant en continu. Ils permettent d'obtenir une mesure précise, grâce à une analyse en laboratoire, des radionucléides fixés sur les aérosols présents dans l'air.

### Deux réseaux pour surveiller l'eau

- **Le réseau Hydrotéléray** mesure en continu la radioactivité des principaux fleuves français recevant les effluents des centrales nucléaires.
- **Le réseau des hydrocollecteurs** prélève en continu les eaux et les matières en suspension dans les cours d'eau situés généralement en aval des installations nucléaires.

### Un réseau pour surveiller les aliments

Avec l'aide des réseaux de préleveurs et des laboratoires de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) et de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), l'IRSN organise la collecte périodique et la mesure de denrées alimentaires pour en évaluer la radioactivité.

### Et les autres compartiments...

L'IRSN complète cette surveillance régulière par le prélèvement et l'analyse d'autres supports environnementaux de la radioactivité (sol, herbe, sédiment, mousse terrestre, mousse aquatique, algue, ...). Ils permettent l'établissement de chroniques précieuses dans l'optique d'une analyse temporelle des évolutions.

## ET UNE APPROCHE TERRITORIALISÉE...

En complément de sa surveillance régulière, l'IRSN réalise des études ponctuelles à l'échelle régionale ou bien centrées sur l'environnement proche des installations nucléaires.

Les premières appelées « constats radiologiques régionaux » font la synthèse des connaissances relatives aux niveaux de radioactivité naturelle et artificielle sur l'emprise géographique d'une région, d'un territoire ou d'un bassin versant. Elles permettent la mesure d'échantillons rarement analysés, de denrées présentant une valeur économique particulière pour le territoire et de répondre à des attentes ou des questions particulières des parties prenantes. Elles contribuent également à établir une cartographie des zones d'influence des principales installations nucléaires d'une région et à actualiser les connaissances sur le bruit de fond radiologique local hors zone d'influence des installations nucléaires.

Les secondes appelées « Etudes radiologiques de sites » ont pour objectif d'affiner les connaissances sur l'influence radiologique d'une installation nucléaire sur son environnement proche, d'estimer de manière réaliste - par des mesures spécifiques combinées à des modélisations - les expositions des populations avoisinantes et d'associer les acteurs de la société civile à l'étude et à sa restitution.

## ... POUR DES MESURES RENDUES PUBLIQUES

Que ce soit dans le cas de la surveillance régulière, avec les réseaux de surveillance des différents milieux, ou bien dans le cadre d'études ponctuelles, l'IRSN diffuse vers le public l'ensemble des résultats de ses mesures. Pour les mesures réalisées en temps réel par le réseau Téléray, la publication des résultats est quasi instantanée via un site web dédié ([www.teleray.irsn.fr](http://www.teleray.irsn.fr)). Les mesures nécessitant un traitement préliminaire des échantillons et donc un temps d'acquisition plus long (cas des denrées par exemple) sont diffusées, quant à elles, dès que disponibles, sur le site public du RNM ([www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr)).

## RESUME

En complément de la connaissance issue de la surveillance de l'environnement des sites nucléaires, l'IRSN a engagé en 2019 un programme innovant visant une caractérisation radiologique plus précise de cet environnement : les « Études radiologiques de site » (ERS). L'environnement de la centrale nucléaire d'EDF de Saint-Alban Saint-Maurice (Isère) a été choisi par l'IRSN pour réaliser une étude pilote afin de mettre en place une méthodologie transposable à d'autres sites similaires.

Ce programme d'étude prévu sur 3 ans (2019-2021), a pour objectifs principaux de compléter les connaissances scientifiques sur l'influence des rejets radioactifs de la centrale sur son environnement, d'estimer de manière plus réaliste l'exposition des populations avoisinantes en prenant en compte leurs habitudes de vie, et de proposer aux citoyens qui le souhaitent de s'impliquer dans le programme. Il est organisé autour de trois axes principaux :

- l'implication des acteurs locaux ;
- des mesures de radioactivité dans les différents milieux de l'environnement (atmosphérique, aquatique et terrestre) ;
- des enquêtes de proximité, destinées à connaître les habitudes de vie des populations riveraines.

Malgré les fortes contraintes liées à la pandémie de COVID 19 durant la période de l'étude, les objectifs ont été atteints et le planning a été tenu notamment grâce à la forte mobilisation et la participation active des acteurs locaux. Ce sont plus de 970 prélèvements dans l'environnement, plus de 1200 analyses radiologiques qui ont été réalisés et plus de 270 personnes qui ont été interrogées.

L'objet du présent rapport est de présenter les résultats de l'étude menée dans le compartiment terrestre de l'environnement de la centrale. Plus de 100 prélèvements de végétaux et denrées terrestres ont été réalisés entre 1 et 20 km de la centrale (fruits, légumes, céréales, feuilles d'arbres, viandes d'élevage, œufs, lait, fromages, gibiers, miel) ainsi que des plateaux repas servis dans les cantines scolaires de 3 communes. L'objectif premier de cette étude est de connaître précisément les activités dans les différents aliments produits et consommés localement pour contribuer au calcul de l'exposition des populations riveraines de la centrale. Cette étude est également destinée à compléter nos connaissances scientifiques sur le devenir des éléments radioactifs dans l'environnement, de disposer d'une cartographie précise de la zone impactée par les rejets de la centrale mais également de comparer les niveaux d'activités pour différents types de végétaux terrestres afin d'adapter nos stratégies de surveillance de l'environnement.

Ces objectifs ont été pleinement atteints. L'influence des rejets de la centrale dans le milieu terrestre a été mise en évidence grâce à l'utilisation de moyens technologiques et métrologiques très performants employés dans le cadre d'études de recherche et d'expertise pour mesurer des faibles niveaux de radioactivité dans l'environnement.

Les résultats en tritium et carbone 14, radionucléides d'origines naturelle et artificielle, permettent de bénéficier d'une représentation spatiale détaillée de la zone d'influence des rejets atmosphériques de la centrale. Les activités sont très proches, voire majoritairement comprises, dans la gamme des activités mesurées hors influence d'installation nucléaire (bruit de fond radiologique). Les activités les plus élevées sont mesurées dans l'axe des vents dominants (Nord-Sud) à proximité du site, elles témoignent de l'influence des rejets radioactifs de la centrale. Elles diminuent progressivement en fonction de la distance pour rejoindre à environ 5 à 6 km la gamme de bruit de fond.

Le césium 137 est le seul radionucléide d'origine artificielle à avoir été mesuré dans l'environnement terrestre de la centrale. Ces activités sont dans la gamme des activités mesurées hors influence d'installation nucléaire provenant de retombées anciennes (essais nucléaires et accident de Tchernobyl).

L'ensemble des résultats acquis, associé à ceux des autres études réalisées dans le cadre de l'ERS, ont permis une estimation plus réaliste l'exposition des populations riveraines de la centrale.

### Mot-clés

ERS, végétaux, denrées terrestres, viandes, légumes, fruits, Saint-Alban, tritium, carbone 14, Centre Nucléaire de Production d'Electricité, CNPE, centrale nucléaire, étude radiologique de site.

# SOMMAIRE

1. INTRODUCTION .....	7
2. PRÉSENTATION DU CENTRE NUCLÉAIRE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DE SAINT-ALBAN SAINT-MAURICE .....	8
2.1 LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN .....	8
2.2 RADIONUCLÉIDES REJETÉS PAR LA CENTRALE DE SAINT-ALBAN .....	9
2.3 LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN .....	10
3. LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE.....	14
3.1 LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE NATUREL .....	14
3.2 LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE RÉMANENT DES RETOMBÉES ANCIENNES.....	14
3.3 RADIONUCLÉIDES REJETÉS PAR LA CENTRALE.....	15
— Le tritium [7] ; [24] ; [27] à [32].....	15
— Le carbone 14 [34] à [36] .....	17
— Le césium 137 [7][24][37][38].....	19
4. ERS SAINT-ALBAN : STRATÉGIE DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES EN MILIEU TERRESTRE .....	20
4.1 VÉGÉTAUX ET DENRÉES VÉGÉTALES TERRESTRES .....	22
— Feuilles d'arbres (peupliers) .....	23
— Denrées végétales terrestres .....	24
4.2 DENREES TERRESTRES D'ORIGINE ANIMALE .....	26
— Denrées terrestres issues de l'élevage et de l'apiculture .....	27
— Gibiers.....	27
4.3 PLATEAUX REPAS .....	28
4.4 TRAITEMENTS ET ANALYSES.....	28
— Radionucléides recherchés .....	28
— Traitement et analyse des échantillons .....	29
5. RÉSULTATS.....	30
5.1 TRITIUM .....	30
— Végétaux terrestres.....	30
— Denrées terrestres d'origine animale .....	36
— Plateaux repas.....	40
5.2 CARBONE 14.....	41
— Végétaux terrestres.....	41
— Denrées terrestres d'origine animale .....	45
— Plateaux repas.....	46
5.3 AUTRES RADIONUCLÉIDES.....	47
— Végétaux terrestres.....	47
— Denrées terrestres d'origine animale .....	47
— Plateaux repas.....	47

---

6. APPORTS DES DONNEES RECUEILLIES DANS LE MILIEU TERRESTRE.....	48
7. ANNEXES.....	50
8. REFERENCES.....	53

# INTRODUCTION

Dans le cadre de sa mission de surveillance de l'environnement, l'IRSN a souhaité renforcer ses connaissances scientifiques sur l'influence des rejets d'effluents radioactifs des sites nucléaires sur leur environnement ainsi que l'exposition radiologique, induites par les radionucléides contenus dans ces rejets, de la population avoisinante. C'est à cette fin scientifique et en complément de la connaissance issue de la surveillance régulière de l'environnement des sites nucléaires, que l'IRSN a démarré en 2019, un programme innovant visant une caractérisation radiologique plus précise de ces environnements : les « Études radiologiques de site » (ERS) [1]. L'environnement du Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE), communément appelé « centrale nucléaire », de Saint-Alban Saint-Maurice (Isère) a été choisi par l'IRSN pour réaliser une étude pilote. En effet, le fonctionnement d'une centrale nucléaire, entraîne la production d'effluents radioactifs rejetés dans l'atmosphère et en milieu aquatique. Ces rejets, encadrés par des autorisations propres à chaque centrale nucléaire, délivrées par l'ASN<sup>1</sup>, sont effectués après contrôle et surveillance des niveaux de radioactivité conformément à la réglementation. Le choix de réaliser cette première ERS dans l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban ne résulte pas d'une préoccupation environnementale ou sanitaire spécifique, mais s'explique par le fait que les acteurs locaux, à travers la Commission Locale d'Information (CLI)<sup>2</sup> de Saint-Alban, ainsi que l'exploitant de la centrale nucléaire (EDF), ont accepté d'en faciliter la réalisation. Ce programme d'étude prévu sur 3 ans (2019-2021)<sup>3</sup>, a pour objectifs principaux de compléter les connaissances scientifiques sur l'influence des rejets radioactifs de la centrale sur son environnement, d'estimer de manière plus réaliste l'exposition des populations avoisinantes en prenant en compte leurs habitudes de vie, et de proposer aux citoyens qui le souhaitent de s'impliquer dans le dimensionnement du programme, de s'approprier ses concepts, ses enjeux et les résultats des mesures de la radioactivité environnementale. Il est organisé autour de trois axes principaux :

- des études de terrain dans les différents compartiments de l'environnement (atmosphérique, terrestre et aquatique), par l'acquisition de mesures de radioactivité à proximité et à distance du site. Ces études permettent de multiplier et diversifier ponctuellement les types de prélèvements et d'analyses effectués dans le cadre de la surveillance réglementaire. Ce type d'étude est aussi l'occasion de mettre en œuvre des moyens techniques de prélèvement et de mesure très performants afin de pouvoir mesurer des niveaux de radioactivité à l'état de traces;
- des enquêtes de proximité pour actualiser les informations sur les modes de vie des habitants résidant autour du site (habitudes alimentaires, utilisation de l'espace et du temps, usage de l'environnement...);
- l'implication des acteurs locaux, en leur donnant la possibilité de participer à la définition et la réalisation du programme d'études, afin de s'assurer de répondre à leurs préoccupations, de les informer et de leur restituer de manière pédagogique l'état radiologique de leur environnement et les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle auxquels ils sont exposés.

Au total, ce sont plus de 970 prélèvements dans l'environnement de la centrale et plus de 1200 analyses qui ont été réalisés, et plus de 270 personnes qui ont été interrogées grâce à l'implication des acteurs locaux, au travers notamment du groupe de suivi, constitué de membre de la CLI, et aux nombreuses collaborations locales (exploitants agricoles, riverains, élus, fédérations de chasse et de pêche, gestionnaires de réseau d'eau potable).

L'objet du présent rapport est de présenter les études menées dans le compartiment terrestre de l'environnement de la centrale de Saint-Alban. Il vient en complément des rapports publiés et disponibles sur le site internet de l'IRSN<sup>4</sup> concernant les études atmosphériques [2], le mode de vie des riverains [3][4] et l'exposition des populations riveraines [5]. Une synthèse des études menées dans le compartiment aquatique de l'environnement de la centrale [6] viendra

<sup>1</sup> L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) assure, au nom de l'État français, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, pour protéger les personnes et l'environnement.

<sup>2</sup> CLI : Instance d'information et de concertation regroupant les élus locaux, les représentants d'associations de protection de l'environnement, les représentants des syndicats de salariés du nucléaire, les experts : scientifiques, médecins, chefs d'entreprises, universitaires...

<sup>3</sup> Le planning général de l'ERS a dû être adapté face à la situation inédite liée à l'épidémie de Coronavirus Covid-19, ainsi certaines études ont été décalées, d'autres annulées. Néanmoins, l'IRSN met tout en œuvre pour maintenir l'objectif d'une restitution publique de l'étude fin 2021. Pour ce faire, les études permettant une estimation réaliste de l'exposition des populations sont effectuées en priorité, celles relevant de l'acquisition d'informations nécessaires à l'amélioration des connaissances scientifiques de l'Institut sont maintenues mais seront valorisées ultérieurement.

<sup>4</sup> [https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/Etudes-complementaires/Etude-radiologique-environnement-Saint-Alban-Saint-Maurice-l-exil/Pages/ERS-Saint-Alban-sommaire.aspx#.YIZ\\_3pHP2Uk](https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/Etudes-complementaires/Etude-radiologique-environnement-Saint-Alban-Saint-Maurice-l-exil/Pages/ERS-Saint-Alban-sommaire.aspx#.YIZ_3pHP2Uk)

---

compléter également les études menées dans l'environnement de la centrale. Ce rapport aquatique [6] restituera également les résultats concernant les eaux souterraines et les eaux de boissons.

Ce sont au total plus de 100 prélèvements de végétaux et denrées terrestres qui ont été réalisés entre 1 et 20 km de la centrale (fruits, légumes, céréales, feuilles d'arbres, viandes d'élevage, œufs, lait, fromages, gibiers, miel). Cette étude menée dans l'environnement terrestre de la centrale est destinée à répondre à plusieurs objectifs. L'objectif premier est de connaître précisément les activités dans les différentes denrées alimentaires produites et consommées localement afin d'évaluer la part de ces activités mesurées due aux radionucléides contenus dans les rejets radioactifs de la centrale et ainsi contribuer au calcul de l'exposition liée à leur consommation en fonction des spécificités locales recueillies lors des enquêtes de proximité. Les résultats de cette étude sont également destinés à compléter nos connaissances scientifiques sur le devenir des éléments radioactifs dans l'environnement et de disposer d'une cartographie aussi précise que possible de la zone influencée par les rejets de la centrale. Ils permettent également de comparer les niveaux d'activités pour différents types de végétaux terrestres afin d'une part d'améliorer nos stratégies de surveillance de l'environnement et d'autre part de valider les résultats des codes de calculs utilisés à l'IRSN pour modéliser le comportement des radionucléides dans l'environnement du rejet de la centrale à l'homme.

# PRÉSENTATION DU CENTRE NUCLÉAIRE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DE SAINT-ALBAN SAINT-MAURICE

## 2.1 LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE) ou « centrale nucléaire » de Saint-Alban, exploité par EDF, est situé dans le département de l'Isère (38) à 40 km au sud de Lyon et à 20 km de Vienne, en bordure de la rive gauche du Rhône (Figure 1). Il s'étend sur une surface de près de 180 hectares sur les territoires des communes de Saint-Alban-du-Rhône et de Saint-Maurice-l'Exil. Il est l'un des 18 CNPE qui composent le parc nucléaire d'EDF en exploitation. La construction du site de Saint-Alban Saint-Maurice a été décidée en 1975, et les travaux d'aménagement ont débuté en 1978. Les deux unités de production ont été couplées au réseau en août 1985 pour la tranche N°1 et juillet 1986 pour la tranche N°2. Le refroidissement est assuré directement par l'eau du Rhône, sans présence d'aéroréfrigérant<sup>5</sup>.

Deux sites nucléaires sont situés en amont sur le Rhône, le CNPE de Bugey et le réacteur en démantèlement de Creys-Malville. Trois autres sites nucléaires se situent en aval : le CNPE de Cruas-Meysse, le site du Tricastin (qui regroupe des installations du cycle du combustible nucléaire d'Orano et un CNPE d'EDF) et le site CEA de Marcoule.

---

<sup>5</sup> Aéroréfrigérant : l'eau du circuit de refroidissement peut être refroidie au contact de l'air circulant dans de grandes tours, appelées aéroréfrigérants.



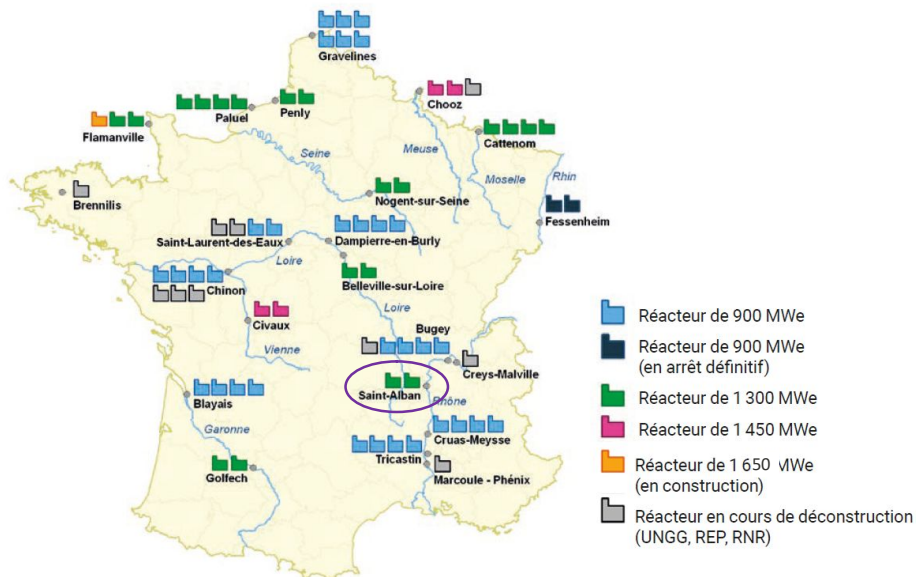


Figure 1. Localisation des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) d'EDF en exploitation, en arrêt définitif, en cours de déconstruction, nombre et puissance des réacteurs en exploitation [7]

## 2.2 RADIONUCLÉIDES REJETÉS PAR LA CENTRALE DE SAINT-ALBAN

L'exploitation d'une centrale nucléaire entraîne la production d'effluents liquides et gazeux (Figure 2). Certains de ces effluents contiennent des substances radioactives (radionucléides<sup>6</sup>) issues de réactions nucléaires. Les modalités de rejets dans l'environnement après contrôles des niveaux de radioactivité sont encadrées par des autorisations propres à chaque centrale [8][9][10][11]. Les rejets radioactifs sont de manière générale très inférieurs aux autorisations de rejets accordées par l'ASN.

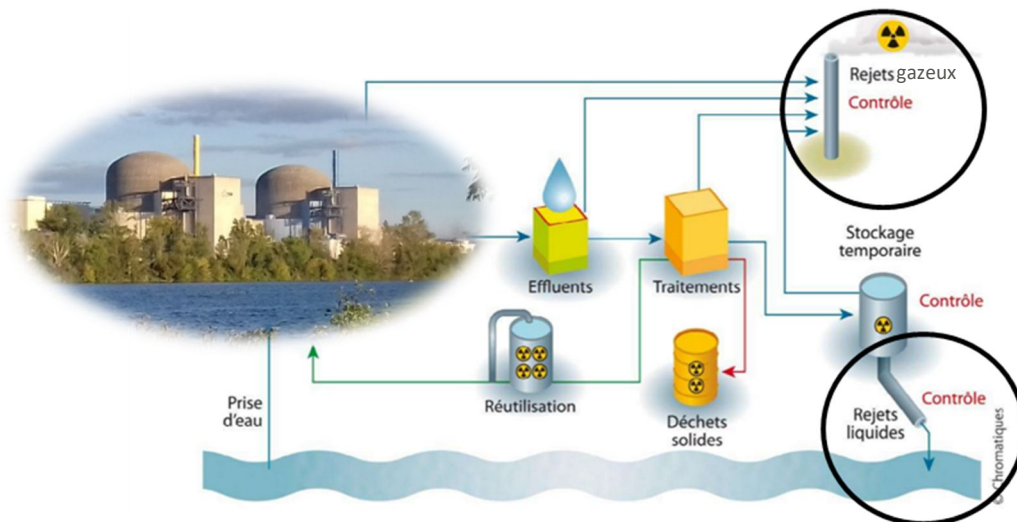


Figure 2. Illustration simplifiée des circuits de rejets liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Saint-Alban

<sup>6</sup> Radionucléide : isotope radioactif d'un élément (Exemples : le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène ; le carbone 14, isotope radioactif du carbone).

Les tableaux 1 et 2 présentent les activités (en GigaBecquerel<sup>7</sup>) rejetées par voies liquides et gazeuses par la centrale nucléaire de Saint-Alban entre 2019 et 2021 [12]. Outre les gaz rares<sup>8</sup>, le tritium et le carbone 14 sont les principaux radionucléides présents dans les rejets. Ces rejets sont relativement stables depuis plusieurs années [13].

Tableau 1. Rejets d'effluents radioactifs liquides du CNPE de Saint-Alban Saint-Maurice de 2019 à 2021 ([12])

Rejets d'effluents radioactifs liquides		Limites réglementaires annuelles	Activités rejetées		
			2019	2020	2021
Tritium	GBq	80000	62100	48570	55850
Carbone 14	GBq	190	20,3	18,7	29
Iodes	GBq	0,1	0,011	0,012	0,019
Autres PF-PA	GBq	10	0,332	0,415	0,359

Tableau 2. Rejets d'effluents radioactifs gazeux du CNPE de Saint-Alban Saint-Maurice de 2019 à 2021 ([12])

Rejets d'effluents radioactifs gazeux		Limites réglementaires annuelles	Activités rejetées		
			2019	2020	2021
Gaz rares	GBq	25 000	617	662	1750
Tritium	GBq	4 500	1 240	1 045	878
Carbone 14	GBq	1 400	514	371	375
Iodes	GBq	0,8	0,029	0,018	0,037
Autres PF-PA	GBq	0,1	0,007	0,004	0,005

## 2.3 LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN

L'influence des rejets atmosphériques de la centrale de Saint-Alban sur les végétaux et denrées terrestres est surveillée au travers de l'analyse de divers échantillons prélevés à différentes fréquences (mensuelle, trimestrielle, annuelle) dans l'environnement par l'exploitant dans le cadre de la surveillance réglementaire et par l'IRSN dans le cadre de sa mission de surveillance du territoire.

Depuis la mise en production de la centrale nucléaire de Saint Alban, le programme de surveillance de l'environnement ainsi que les acteurs qui le mettent en œuvre ont beaucoup évolué. De nos jours, l'exploitant doit réglementairement mettre en œuvre un plan de surveillance de l'environnement en application de la décision de l'ASN [8] qui fixe la nature, les fréquences, la localisation des différents prélèvements, ainsi que la nature des analyses à faire.

Le plan de surveillance de l'environnement consiste à prélever des échantillons représentatifs, à des fins d'analyses, dans les différents compartiments de l'environnement de la centrale (atmosphérique, terrestre et aquatique) à proximité, sous et hors vents dominants, en amont et en aval du point de rejet d'effluents liquides. Ce plan de surveillance est complété, à l'initiative d'EDF, par des évaluations décennales plus exhaustives et des études radioécologiques annuelles, permettant à l'exploitant de connaître de manière plus précise l'évolution des niveaux de radioactivité dans les différents compartiments de l'environnement.

<sup>7</sup> L'unité de mesure utilisée pour quantifier la radioactivité est le Becquerel (Bq) ; elle équivaut à 1 désintégration par seconde. Pour les rejets, il est courant d'utiliser des multiples : Giga Bq (GBq) = 10<sup>9</sup> Bq ; Téra Bq (TBq) = 10<sup>12</sup> Bq.

<sup>8</sup> Les centrales nucléaires rejettent des activités importantes de gaz rares dans l'atmosphère, mais ceux-ci n'interagissent pas avec l'environnement ; notamment, ils ne se fixent pas dans les denrées.

Les prélèvements suivants constituent un plan type de surveillance annuel réglementaire et complémentaire réalisé actuellement par EDF dans l'environnement terrestre de la centrale de Saint-Alban :

- 2 prélèvements de mousses terrestres (bryophytes) : 1 en zone dite influencée « ZI » et 1 en zone dite non influencée « ZNI » par les rejets de la centrale pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma.
- 4 prélèvements de feuilles de Lierre : 4 prélèvements par an (trimestriel) à 1 km sous les vents dominants (ZI) pour la mesure du carbone 14 et en complément sur un des prélèvements une mesure du tritium et une mesure des radionucléides émetteurs gamma.
- 2 prélèvements de légumes-feuilles (salades) : 1 en en ZI pour la mesure du tritium, du carbone 14 et des émetteurs gamma et 1 prélèvements en ZNI archivé pour mesure des radionucléides émetteurs gamma si besoin.
- 1 prélèvement d'herbe en ZI pour une mesure des radionucléides émetteurs gamma.
- 1 prélèvement de lait en ZNI (Pélussin) pour la mesure du tritium, du carbone 14 et des radionucléides émetteurs gamma.
- 1 prélèvement de terre (couche superficielle) pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma.

Les principaux objectifs de cette surveillance réalisée par l'exploitant sont de détecter dans l'environnement les radionucléides présents dans les rejets liés au fonctionnement normal de l'installation, de mesurer leurs activités et, le cas échéant, d'alerter en cas d'augmentation anormale des niveaux ou de dépassement des limites prescrites par l'Autorité. Les résultats des analyses sont comparés soit à des limites réglementaires quand elles existent, soit à des valeurs repères (seuil de décision<sup>9</sup>, analytiques ou de quantification ou bruit de fond environnemental (§ 3), par exemple).

L'IRSN, dans le cadre de ses missions, réalise également une surveillance régulière autour des centrales nucléaires [15]. Avec des objectifs différents, mais complémentaires, des mesures réalisées par l'exploitant, cette surveillance repose sur des moyens (ou dispositifs) de prélèvement et de mesure performants permettant d'atteindre le plus souvent le bruit de fond ou, a minima, de mesurer de très faibles niveaux de radioactivité.

Les prélèvements suivants constituent un plan type de surveillance régulière annuelle réalisée par l'IRSN autour des centrales nucléaires :

- 1 prélèvement de légumes feuilles pour la mesure du tritium, du carbone 14 et des radionucléides émetteurs gamma
- 1 prélèvement de céréales pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma
- 2 prélèvements de lait pour la mesure du tritium et des radionucléides émetteurs gamma

Cette surveillance régulière vise à évaluer l'influence du fonctionnement du site sur son environnement et sur la population, à déterminer les niveaux de radioactivité à proximité de celui-ci ainsi que leur évolution dans le temps et à détecter toute élévation anormale de la radioactivité. Les résultats acquis permettent également de compléter les connaissances scientifiques de l'IRSN sur le devenir de ces éléments radioactifs rejetés par les centrales dans l'environnement. Pour évaluer la contribution de ces rejets dans l'environnement, il est indispensable de connaître le plus précisément possible les activités de ces radionucléides hors de l'influence d'une installation nucléaire : le « bruit de fond » (§3). Pour ce faire, l'IRSN réalise annuellement des prélèvements dans les différents compartiments de l'environnement hors influence d'installations nucléaires.

L'ensemble des résultats de cette surveillance est centralisé par le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement (RNM-RE) qui permet, depuis 2009, la restitution au grand public de ces mesures par la constitution d'une base de données unique et d'un site Internet <https://www.mesure-radioactivite.fr/> [16].

Les résultats de cette surveillance sont également accessibles sur le site internet et dans les rapports annuels d'EDF [17] à [21], et sur le site internet et dans les rapports de l'IRSN [22].

Le rapport « historique radiologique de l'environnement du site de Saint-Alban » [13] disponible sur le site internet de l'IRSN, présente une synthèse radiologique globale et historique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban. Ce document précise que l'analyse des données historiques disponibles à l'IRSN et les mesures réalisées dans l'environnement du site ne mettent pas en évidence de marquage radiologique à proximité de celui-ci ayant pu être occasionné par un incident d'exploitation sur les dix dernières années.

<sup>9</sup> Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés.

Depuis plusieurs années, les données radiologiques de l'environnement des centrales nucléaires Françaises issues de la surveillance sont étudiées de manière globale et restituées pour l'ensemble des CNPE dans les bilans de l'état radiologique de l'environnement français publiés par l'IRSN [7][23]. L'étude des activités en carbone 14 et tritium, les deux radionucléides ayant une interaction directe avec l'environnement les plus rejetés par les centrales nucléaires, montre une évolution des activités en fonction de la distance par rapport au point de rejet mais également une très forte variabilité à proximité immédiate de la centrale (Figures 3 et 4). Il apparaît ainsi que pour ces deux radionucléides, l'influence des rejets atmosphériques de ces installations diminue rapidement avec la distance et qu'au-delà de 10 à 15 km les activités sont comparables à celles du bruit de fond radiologique (§3).

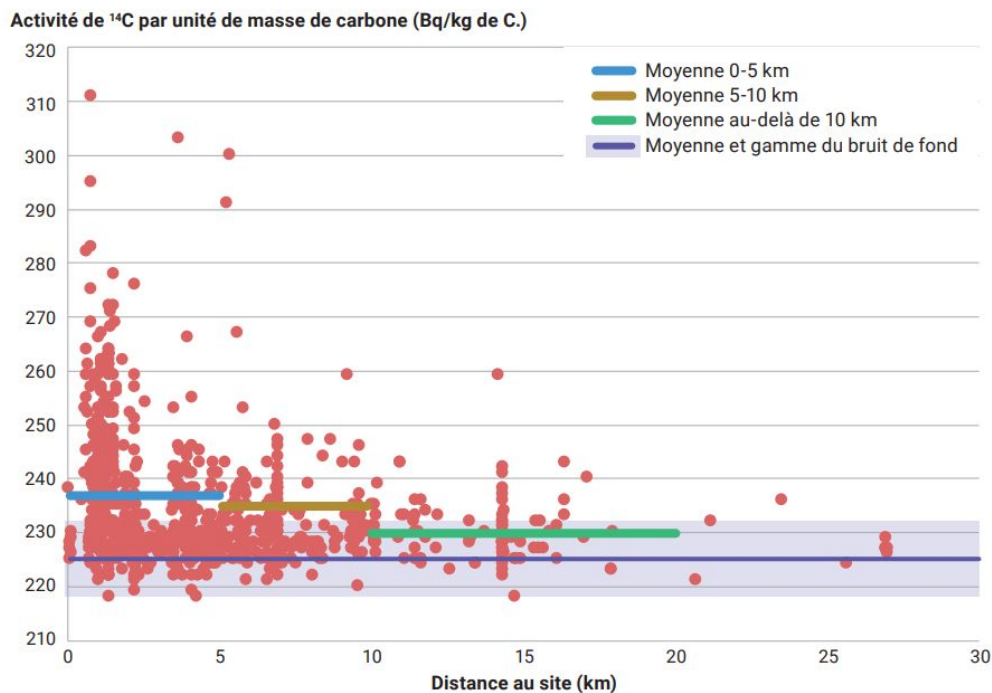


Figure 3. Variabilité et évolution, en fonction de la distance aux CNPE, des activités en carbone-14 mesurées entre 2017 et 2020 dans différents types de végétaux, de denrées agricoles ou issues de l'élevage, prélevés dans l'environnement de l'ensemble des CNPE du territoire français

#### 2017-2020 : 295 résultats de mesure (Bq/L)

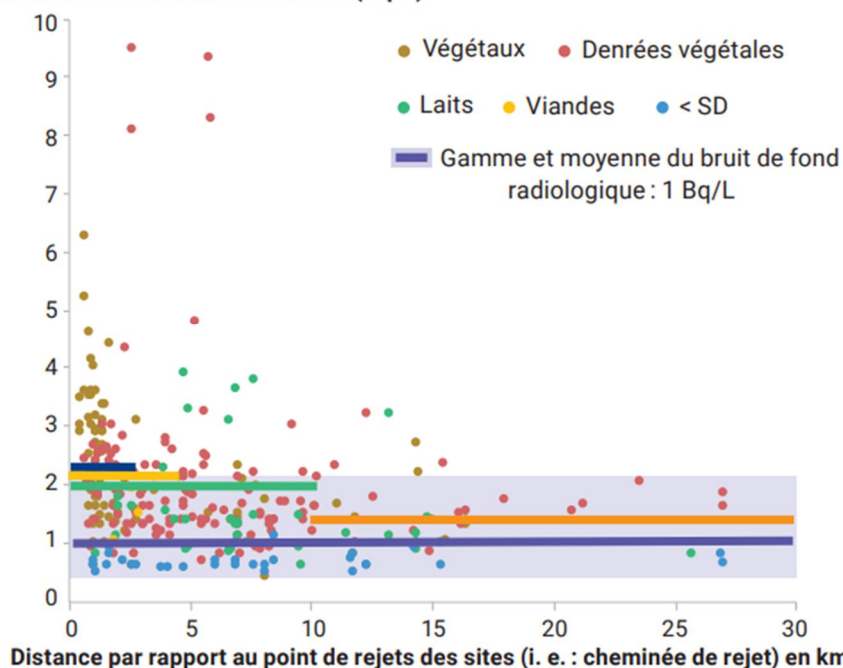


Figure 4. Variabilité et évolution, en fonction de la distance aux CNPE, des activités en tritium organiquement lié mesurées entre 2017 et 2020 dans différents types de végétaux, de denrées agricoles ou issues de l'élevage, prélevés dans l'environnement de l'ensemble des CNPE du territoire français

Les figures 3 et 4 s'appuient sur le cumul des données de tous les CNPE et ne seraient pas interprétables pour un seul site, compte tenu du nombre de prélèvements effectués annuellement dans le cadre de la surveillance. La densification des prélèvements effectués dans l'environnement de la centrale de Saint-Alban dans le cadre de la présente étude a notamment pour objectif de reproduire cette approche et de connaître précisément l'influence des radionucléides contenus dans les rejets de la centrale sur son environnement proche et lointain.



Vue du centre nucléaire de production d'électricité de Saint-Alban (©IRSN)

# LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE

On désigne par « bruit de fond » radiologique, les activités des différents radionucléides présents dans l'environnement, en dehors de toute influence anthropique actuelle (industrie nucléaire, autres industries, rejets hospitaliers...). Ce bruit de fond résulte d'une part de sources naturelles, et d'autre part de la rémanence d'apports anciens de radionucléides artificiels qui ont concerné l'ensemble du territoire ; il s'agit notamment des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et des retombées de l'accident de Tchernobyl. Ce bruit de fond contribue aux expositions radiologiques auxquelles est soumise la population [24].

On appelle « bruit de fond » radiologique de l'environnement, l'activité radiologique liée aux radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle rémanents des retombées anciennes.

## 3.1 LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE NATUREL

Le bruit de fond radiologique naturel a deux origines : les radionucléides telluriques présents sur terre depuis sa formation et le rayonnement cosmique qui produit de manière permanente des radionucléides cosmogéniques.

Le rayonnement cosmique provient du soleil et de l'espace (autres soleils et galaxies). Il engendre la production de radionucléides « cosmogéniques » comme le **tritium ( $^3\text{H}$ )**, le **carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ )**, le béryllium 7 ( $^7\text{Be}$ ) et le sodium 22 ( $^{22}\text{Na}$ ).

Les radionucléides telluriques sont présents sur Terre depuis sa formation. Il s'agit principalement du potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ), et des produits des chaînes de désintégration de l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ ), de l'uranium 235 ( $^{235}\text{U}$ ) et du thorium 232 ( $^{232}\text{Th}$ ). Présents dans l'écorce terrestre, ces quatre radionucléides persistent encore aujourd'hui en raison de leur très longue période radioactive<sup>10</sup>.

Le radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), quant à lui, est un gaz radioactif d'origine naturelle omniprésent à la surface de la Terre, qui fait partie de la chaîne de désintégration de l'uranium 238.

## 3.2 LE BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE RÉMANENT DES RETOMBÉES ANCIENNES

### Retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires

Ces essais ont libéré dans l'atmosphère de nombreux radionucléides de 1945 jusqu'au début des années 1980. La plupart des radionucléides de période radioactive courte (inférieure à 3 ans) issus de ces retombées ayant disparu, il ne subsiste aujourd'hui que le **tritium**, le **carbone 14**, le **césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ )**, le strontium-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ), les isotopes 238, 239, 240 et 241 du plutonium ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{241}\text{Pu}$ ), et l'américium 241 ( $^{241}\text{Am}$ ) provenant de la désintégration du plutonium 241.

### Retombées de l'accident de Tchernobyl

Les masses d'air contaminées par l'accident de Tchernobyl ont affecté la France au début de mai 1986. En raison des pluies très variables survenues durant cette période dans l'est du pays, les dépôts radioactifs y ont été plus importants que dans le reste du pays et très hétérogènes. Parmi les radionucléides décelés dans l'air et dans les végétaux, les trois principaux ont été l'iode 131 et les césiums 134 et **137**. Les activités en iode 131 ont disparu au bout de 3 mois par décroissance radioactive. En raison de sa période radioactive de 2 ans, les concentrations de césium 134 ont rapidement diminué et n'étaient quasiment plus mesurables dans l'environnement dès la fin des années 1990. **Le césium 137 quant à lui est encore présent en quantité mesurable dans l'environnement.**

### Retombées de l'accident de Fukushima

Les retombées atmosphériques en France métropolitaine des radionucléides issus de l'accident de Fukushima (2011, Japon), ont été faibles et fugaces : des traces d'iode 131, césium 134 et césium 137 ont été détectées de fin mars jusqu'en mai 2011. L'influence en France de ces dépôts n'est plus mesurable depuis mi-2011[25].

<sup>10</sup> Période radioactive (ou demi-vie) : temps au bout duquel l'activité du radionucléide a diminué de moitié. La période varie d'un radionucléide à l'autre.

## Réservoir des radionucléides rémanents des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl :

A l'exception du **tritium et du carbone 14**, pour l'ensemble de ces radionucléides encore présents dans l'environnement, le sol est le réservoir qui alimente toutes les autres composantes de l'environnement : l'air par remise en suspension, les végétaux par absorption racinaire et dépôt sur les feuilles des particules remises en suspension, les cours d'eau par drainage des sols et les animaux par ingestion. Il existe des zones éparées où la rémanence de ces retombées, notamment de celles de l'accident de Tchernobyl, est plus importante [26].

Pour le **tritium et le carbone 14**, le réservoir est l'air et leurs concentrations y sont homogènes.

### 3.3 RADIONUCLÉIDES REJETÉS PAR LA CENTRALE

Certains radionucléides qui constituent le bruit de fond radiologique sont également présents dans les rejets autorisés d'un centre nucléaire de production d'électricité (cf. §.2.2). Parmi eux le tritium et le carbone 14, les deux radionucléides les plus rejetés dans les effluents liquides et gazeux des installations nucléaires, et le césium 137. Pour évaluer la contribution des rejets d'une centrale nucléaire à l'ajout de radioactivité dans l'environnement, il est indispensable de connaître le plus précisément possible les activités des radionucléides présents hors influence et qui relèvent du « bruit de fond ». Pour ce faire, l'IRSN réalise annuellement des prélèvements dans les différentes composantes de l'environnement hors influence d'installations nucléaires.

#### Le tritium [7] ; [24] ; [27] à [32]

Le tritium, symbolisé «  $^3\text{H}$  » ou « T », est un isotope radioactif de l'hydrogène (H). C'est un radionucléide émetteur de rayonnement bêta de faible énergie. Sa période radioactive (demi-vie) est de 12,32 ans. Lors de sa désintégration il se transforme en hélium 3 ( $^3\text{He}$ ). L'hydrogène étant un constituant de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et de la matière organique (CHONPS<sup>11</sup>), il en est donc de même du tritium. Il est désigné par « HTO ou tritium libre » s'il est sous forme d'eau tritiée et par « TOL » (pour tritium organiquement lié) s'il est intégré à la matière organique.

Le tritium est produit naturellement dans les hautes couches de l'atmosphère par interaction des rayonnements cosmiques et de la matière. Il interagit très rapidement avec l'oxygène de l'air pour former des molécules d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) tritiées. Il provient également des retombées des essais nucléaires, qui ont introduit une grande quantité de ce radionucléide dans l'atmosphère, et figure parmi les radionucléides les plus rejetés par l'industrie nucléaire.

Dans l'air, on retrouve principalement le tritium sous forme de vapeur d'eau tritiée (HTO) et dans une moindre mesure sous forme d'hydrogène tritié (HT) et de méthane tritié ( $\text{CH}_3\text{T}$ ). L'activité volumique de HTO dans la vapeur d'eau atmosphérique s'exprime en becquerels par litre de vapeur d'eau de l'air (Bq/L). L'activité volumique en tritium dans l'air peut également être exprimée en  $\text{Bq}/\text{m}^3$  d'air.

Avant que du tritium ne soit artificiellement produit et introduit dans l'environnement, l'activité volumique du tritium dans la vapeur d'eau atmosphérique résultant de sa production naturelle, était de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq/L, soit une activité volumique du tritium dans l'air de 0,001 à 0,006  $\text{Bq}/\text{m}^3$  d'air (pour une teneur en eau de 10 g /  $\text{m}^3$  d'air). L'activité volumique du tritium dans la vapeur d'eau atmosphérique a atteint son maximum en 1963 au plus fort des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires, avec près de 600 Bq/L, avant de diminuer progressivement du fait de la décroissance radioactive et de l'intégration du tritium dans le cycle de l'eau et dans celui de la matière organique. À l'échelle de la France métropolitaine, de nos jours, la répartition du tritium est assez homogène à l'écart de toute source anthropique locale, les activités volumiques mesurées sont de l'ordre de 1 Bq/L de vapeur d'eau de l'air soit  $\approx 0,01 \text{ Bq}/\text{m}^3$  d'air.

**L'eau tritiée (HTO)** atmosphérique, de la vapeur d'eau de l'air, et de l'eau de pluie, **suit le cycle de l'eau** et de ce fait est transférée à toutes les composantes de l'environnement : eaux de surface (cours d'eau, lacs...), eaux souterraines, eaux marines mais également dans l'eau présente dans les tissus biologiques végétaux, animaux et humains. Les échanges sont très rapides et tendent à établir un équilibre d'activité entre ces composantes. Quelques heures suffisent pour atteindre un équilibre entre l'activité volumique en tritium libre dans la vapeur d'eau de l'air et l'activité volumique en tritium libre dans l'eau de la plante.

<sup>11</sup> CHONPS est un acronyme mnémotechnique désignant les six principaux éléments chimiques qui constituent les êtres vivants : le carbone C, l'hydrogène H, l'oxygène O, l'azote N, le phosphore P et le soufre S.

On considère que l'activité volumique d'eau tritiée (HTO) dans un échantillon de plante est égale à l'activité volumique moyenne d'eau tritiée (HTO) dans la vapeur d'eau de l'air au cours des heures qui ont précédé son prélèvement. Il en est de même pour les plantes aquatiques et les eaux de surface.

Dans les plantes, lors de la photosynthèse<sup>12</sup>, le tritium organiquement lié (TOL) est produit à partir du tritium libre (HTO) présent dans l'air. L'activité volumique de TOL dans une plante peut s'exprimer en Bq/L d'eau de combustion<sup>13</sup>.

On considère que l'activité volumique en TOL dans une plante est égale à l'activité volumique moyenne de HTO dans l'air dans laquelle elle s'est développée. Ainsi, il est possible d'estimer l'activité volumique de TOL dans une plante à partir de celle de HTO dans la vapeur d'eau atmosphérique ou dans l'eau ou, à l'inverse, de rendre de compte de l'activité en HTO de l'air ou de l'eau à partir d'une mesure de TOL dans un végétal.

Les animaux terrestres incorporent du tritium principalement par ingestion d'aliments solides (HTO et TOL) et d'eau d'abreuvement (HTO). Dans le cas des animaux aquatiques, l'incorporation par ingestion est également prédominante sur l'incorporation par contact direct entre l'eau et l'organisme. Le tritium (TOL+HTO) présent dans l'organisme d'un animal est éliminé à plus de 90 % en quelques jours (urine, fèces, transpiration et respiration), quelques pourcents sont éliminés plus lentement (quelques dizaines à quelques centaines de jours).

On considère, que l'activité volumique en tritium, HTO ou TOL, dans un produit animal, est représentative de celle des denrées qu'il a consommées dans les jours précédents.

L'activité en tritium des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre peut s'exprimer en Bq/L quelle que soit la matrice étudiée (eau libre, vapeur d'eau atmosphérique, séchage ou combustion de la matière organique). Cette activité, plus précise que le « Bq/kg frais », permet de caractériser le bruit de fond environnemental en tritium et de quantifier la part ajoutée due à l'influence de rejets d'installations nucléaires. La figure 5 ci-dessous montre l'évolution des activités en tritium organiquement lié dans différents types de végétaux et denrées terrestres prélevés depuis 1991 hors influence d'installations nucléaires (bruit de fond).

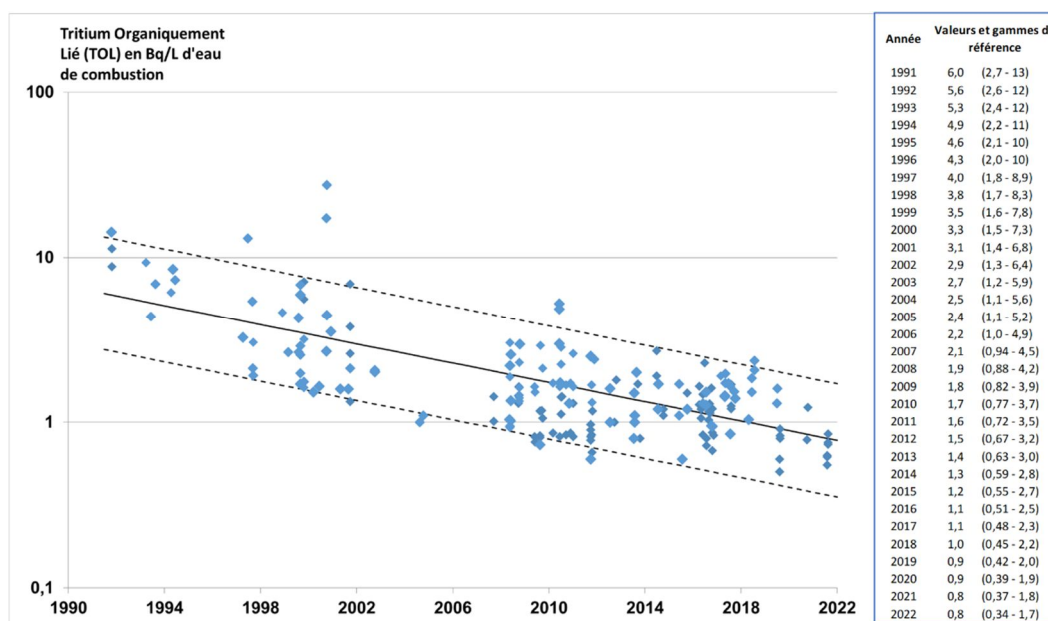


Figure 5. Évolution des activités en tritium organiquement lié dans différents types de végétaux et denrées terrestres prélevés depuis 1991[7]

Entre 2019 et 2021, durant l'étude radiologique menée par l'IRSN dans l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban, le bruit de fond radiologique en tritium attendu dans les différentes composantes de l'environnement, hors influence de toute installation autorisée à rejeter ce radionucléide est de l'ordre de 0,37 à 2 Bq/L d'eau.

Le bruit de fond en tritium, entre 2019 et 2021, est compris entre 0,37 et 2 Bq/L.

<sup>12</sup> La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet à des organismes de synthétiser de la matière organique en utilisant l'énergie lumineuse, l'eau et le dioxyde de carbone.

<sup>13</sup> L'eau de combustion est l'eau récupérée lors de la combustion de la matière organique sèche.



L'activité en tritium total dans un échantillon biologique est égale à la somme de l'activité en tritium libre et de l'activité en tritium organiquement lié. L'activité en tritium libre est mesurée dans l'eau extraite par séchage, par lyophilisation<sup>14</sup>, de l'échantillon ; le résultat est exprimé en Bq/L d'eau de dessiccation ( $L_{ed}$ ). Le tritium lié est mesuré dans l'eau extraite par combustion de la matière organique sèche ; le résultat s'exprime en Bq/L d'eau de combustion ( $L_{ec}$ ).

Pour exprimer ces résultats de mesure en Bq/ kg de matière fraîche on utilise les équations suivantes :

- Tritium libre (HTO) : Bq de HTO/kg frais = (Bq/L d'eau de dessiccation) x (teneur en eau exprimée en L/kg frais<sup>15</sup>)
- Tritium lié (TOL) : Bq de TOL/kg frais = (Bq/L d'eau de combustion) x (volume d'eau produit lors de la combustion de la matière organique<sup>16</sup>) x (rapport de poids sec sur poids frais obtenu lors du séchage)

Dans le cas d'une denrée alimentaire, la radiotoxicité du tritium incorporé sous forme de TOL étant plus de 2 fois supérieure à celle du tritium incorporé sous forme de HTO, il est nécessaire de considérer séparément ces deux composantes de l'activité massique totale pour estimer les doses liées à l'ingestion de denrées.

Dans le cadre du calcul de l'exposition au tritium libre (HTO) par ingestion des denrées, l'activité en tritium en Bq/kg de matière fraîche est calculée en remplaçant l'activité en tritium libre en Bq/ $L_{ed}$  par celle en tritium organiquement lié (TOL) en Bq/ $L_{ec}$ . En effet, si l'activité en HTO est représentative de l'activité dans les denrées dans les heures qui ont précédé le prélèvement, elle n'est pas représentative d'une activité moyenne intégrée sur la durée de croissance, contrairement à l'activité en TOL.

## Le carbone 14 [34] à [36]

Le carbone 14, symbolisé par «  $^{14}\text{C}$  », est un des isotopes radioactifs du carbone (C). Le carbone est naturellement présent sur Terre sous la forme de deux isotopes stables : le carbone 12 (98,9 %) et le carbone 13 (1,1 %) et d'une quantité infime (en masse) de carbone 14. Le carbone 14 est un radionucléide émetteur bêta ( $\beta$ ), de période radioactive de 5 734 ans. L'activité en carbone 14 peut être exprimée en becquerel par unité de masse de carbone (Bq/kg de C). Cette unité, beaucoup plus précise que les activités massiques et volumiques habituelles (Bq/kg frais, Bq/, Bq/m<sup>3</sup>...), permet de caractériser le bruit de fond dans toutes les composantes de l'environnement et confère une meilleure sensibilité à détecter de très faibles influences des rejets d'une installation nucléaire.

Le carbone 14 d'origine naturelle est produit en permanence dans les hautes couches de l'atmosphère (origine cosmogénique) sous l'action des rayons cosmiques. L'activité en carbone 14 par unité de masse de carbone qui résulte de cette production cosmogénique se situait, au début des années 1950, autour de 226 Bq/kg de C. Le carbone 14 a été également massivement produit et introduit dans l'environnement lors des essais atmosphériques d'armes nucléaires ; son activité a atteint en 1963, au plus fort des retombées de ces essais, près de 420 Bq/kg de C. Après l'arrêt des essais atmosphériques d'armes nucléaires (1980), cette activité a diminué progressivement du fait notamment de l'augmentation rapide du niveau de carbone dans l'air ( $\text{CO}_2$  notamment) liée principalement à la combustion de matière organique fossile dépourvue de carbone 14. Enfin le carbone 14 est, avec le tritium, l'un des deux radionucléides les plus présents dans les effluents liquides et gazeux des installations nucléaires.

Dans l'environnement, le carbone 14 existe sous deux formes principales, l'une minérale ( $^{14}\text{CO}_2$  gazeux et  $^{14}\text{CH}_4$  dans l'air,  $^{14}\text{CO}_2$  dissous et carbonates dans les eaux), l'autre sous forme de matière organique constituée de composés carbonés fabriqués par les organismes vivants. **Comme le carbone stable, le carbone 14 sous forme de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) présent dans l'air sous forme gazeuse ou dans l'eau sous forme dissoute suit le cycle du carbone.**

Il est incorporé par les végétaux lors de la photosynthèse, devenant ainsi du carbone organique qui se transfère par la chaîne alimentaire. Les animaux, comme l'Homme, incorporent du carbone 14 par ingestion de matière organique (végétale ou animale) et l'excrète (respiration ; fèces) lorsqu'ils sont vivants et, lorsqu'ils meurent, leur matière organique subit une dégradation (minéralisation) qui réémet du  $\text{CO}_2$  directement ou après un certain temps de rétention dans les sols ou dans les sédiments.

<sup>14</sup> La lyophilisation consiste à sécher un échantillon en le faisant passer de l'état solide à l'état gazeux sans passage par l'état liquide (sublimation). Ce processus permet d'isoler la fraction déshydratée et d'extraire l'eau.

<sup>15</sup> La teneur en eau d'un échantillon frais est extrêmement variable : de 0,2 L/kg frais pour des céréales à plus de 0,9 L/kg frais pour certains légumes-feuilles ou champignons.

<sup>16</sup> La quantité d'eau produite lors de la combustion de la matière organique sèche est assez constante, de l'ordre de 0,6 L/kg de matière sèche.

On considère que l'activité en carbone 14 par unité de masse de carbone des organismes végétaux et animaux terrestres équivaut à l'activité moyenne de l'air dans lequel ils vivent, si cette activité dans l'air est relativement constante, ce qui est le cas à l'échelle d'une année en dehors de toute influence anthropique locale.

Contrairement à la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air qui peut être considérée en moyenne comme relativement stable et homogène, dans les cours d'eau la teneur en carbonates est très variable. Il en résulte que l'activité en carbone 14 par unité de masse de carbone dans un cours d'eau est le plus souvent plus faible et plus variable que celle observée en milieu atmosphérique et terrestre.

L'exposition au carbone 14 présent dans l'environnement résulte essentiellement de son incorporation par ingestion de denrées ; les doses liées à son inhalation et à l'exposition externe sont négligeables au regard de celle liée à l'ingestion de denrées (par exemple la dose inhalation ne représente que 4/10 000ième de la dose par ingestion) ;

La figure 6 présente les activités en carbone 14 par unité de masse de carbone mesurées depuis 1995 par l'IRSN dans des échantillons de différents types de végétaux terrestres. Les valeurs de cet indicateur sont représentatives de la teneur en carbone 14 de l'air et de toutes les composantes de l'environnement terrestre hors influence d'installations nucléaires (Bruit de fond).

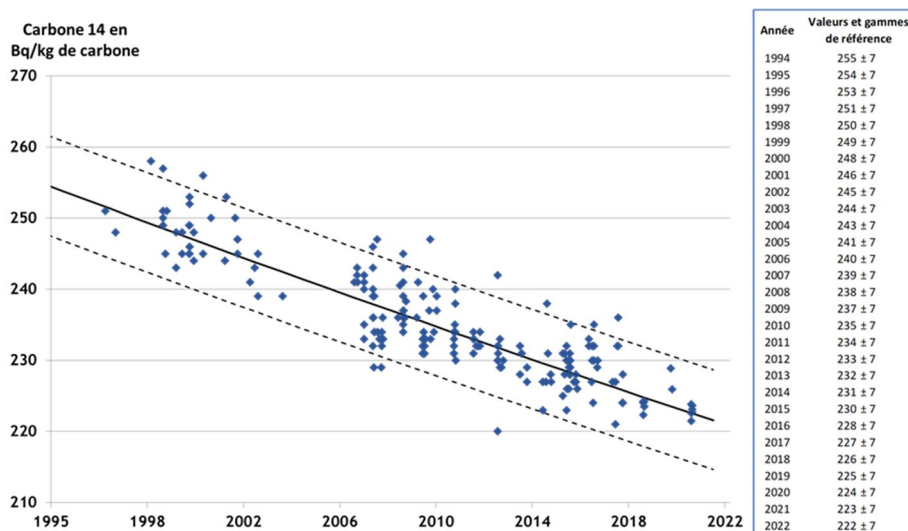


Figure 6. Évolution des activités en carbone 14 par unité de masse de carbone mesurées par l'IRSN dans différents types de végétaux terrestres prélevés depuis 1995 ; valeurs et gammes de référence annuelles correspondantes (Bq/kg de carbone) [7]

Cette représentation montre que l'activité en carbone 14 a diminué de 255 ± 7 Bq/kg de C en 1994 à 223 ± 7 Bq/kg de C en 2021. Le bruit de fond attendu dans l'environnement terrestre lors de l'étude radiologique de l'environnement de la centrale de Saint-Alban (2019-2021) est compris entre 223 ± 7 et 225 ± 7 Bq/kg de C. On constate également que depuis 2019, le bruit de fond en carbone 14 est passé en dessous du bruit de fond naturel cosmogénique antérieur aux essais nucléaires (226 Bq/kg de C en 1950). Cette diminution est due à l'augmentation des concentrations en CO<sub>2</sub> dans l'air issue de la combustion de sources d'énergie fossile dépourvue en carbone 14.

Le bruit de fond en carbone 14, entre 2019 et 2021, est compris entre 216 et 232 Bq/kg de carbone.

A partir de ces activités exprimées par unité de masse de carbone, on peut en déduire les activités massiques exprimées en Bq/kg frais ou en Bq/L en tenant compte de la teneur en carbone stable. Par exemple, la teneur en carbone du lait étant comprise entre 0,06 et 0,07 kg/L, l'activité volumique du carbone 14 dans le lait correspondant à une activité par unité de masse de carbone de 225±7 Bq/kg de C (valeur en 2019) est comprise entre 13 et 16 Bq/L.

L'influence anthropique locale peut se traduire, soit par une teneur en carbone 14 plus élevée (augmentation des Bq/kg de C), ce qui peut être le cas à proximité d'une installation nucléaire qui rejette du carbone 14, soit par une teneur en carbone 14 plus faible (diminution des Bq/kg de C), qui peut être rencontrée à proximité d'une industrie qui rejette de grandes quantités de CO<sub>2</sub> d'origine fossile.

Pour évaluer la contribution des rejets de la centrale aux activités en tritium et en carbone 14 mesurées, l'activité moyenne du bruit de fond radiologique de l'année de prélèvement est retranchée ;

Par exemple, en 2019, l'activité volumique correspondant au bruit de fond du tritium en milieu terrestre était de 0,9 Bq/L ; l'activité en carbone 14 par unité de masse de carbone correspondant au bruit de fond était de 225 Bq/kg de C.

## Le césium 137 [7][24][37][38]

Contrairement au tritium et au carbone 14, le césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), n'existe pas à l'état naturel. C'est un des nombreux isotopes radioactifs du césium, produit lors de la fission de l'uranium. Il figure parmi les radionucléides autorisés à être rejetés par les installations nucléaires.

Le césium 137 est un radionucléide émetteur bêta ( $\beta$ ), d'une période radioactive de 30,07 années. En se désintégrant il donne naissance au baryum 137m ( $^{137\text{m}}\text{Ba}$ ) qui a une période radioactive de 2,55 minutes, puis au baryum 137 ( $^{137}\text{Ba}$ ) avec une émission gamma de forte énergie (661,7 keV) qui est utilisée pour quantifier le césium 137 par spectrométrie gamma.

En France métropolitaine, le césium 137 présent dans l'environnement, hors influence d'installation nucléaire, a pour origines principales, les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et les retombées de l'accident de Tchernobyl (1986). En 1963, au plus fort des retombées des essais nucléaires, l'activité en césium 137 dans l'air était de l'ordre de 1 000 à 10 000 mBq/m<sup>3</sup> d'air (1 mBq/m<sup>3</sup> = 0,001 Bq/m<sup>3</sup>). Après une diminution progressive (0,001 mBq/m<sup>3</sup> en 1985), l'activité dans l'air est remontée en mai 1986 à la suite de l'accident de Tchernobyl, ( $\approx 700$  mBq/m<sup>3</sup> en moyenne décadaire sur la France entière, avec un maximum de 5 000 mBq/m<sup>3</sup> mesuré le 1<sup>er</sup> mai 1986 à Verdun). L'accident d'Algésiras (Espagne-1998) et celui de la centrale de Fukushima-Daiichi, (Japon-2011) qui ont conduit à des augmentations momentanées de l'activité en césium 137 de l'air de 2,5 mBq/m<sup>3</sup> et de 0,25 mBq/m<sup>3</sup> respectivement. Les niveaux dans l'air aujourd'hui sont de l'ordre de 0,0001 mBq/m<sup>3</sup> (soit 0,1  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ), liée principalement à la remise en suspension de poussières et à la combustion de la biomasse.

Plus de trente cinq ans après l'accident de Tchernobyl et quarante ans après la fin des essais nucléaires atmosphériques, certaines zones du territoire métropolitain témoignent encore de niveaux de radioactivité supérieurs ou très supérieurs à ceux observés sur le reste du sol français, y compris au voisinage des installations nucléaires. Ces zones éparses qui sont situées principalement sur des reliefs (Massif-Central, Pyrénées, Jura, Vosges, Alpes du Sud, Corse...) sont appelées « zones de rémanence élevée de la radioactivité artificielle » [26].

Le bruit de fond en césium 137 n'est pas homogène sur le territoire français contrairement au tritium et au carbone 14.

En tant qu'analogie chimique du potassium, le césium est un élément très mobile dans l'environnement, on le retrouve dans toutes ses composantes. Il est transféré aux végétaux par interception des aérosols atmosphériques et des gouttes d'eau de pluie, et aux animaux lors de l'ingestion d'aliments et d'eau.



Vue du centre nucléaire de production d'électricité de Saint-Alban (©IRSN)

# ERS SAINT-ALBAN : STRATÉGIE DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES EN MILIEU TERRESTRE

Afin de connaître le plus précisément possible les niveaux de radioactivité dans les végétaux et les denrées terrestres situés à proximité et à distance de la centrale nucléaire de Saint-Alban, et permettre d'évaluer la part imputable aux rejets de la centrale, le dispositif de surveillance régulière a été complété ponctuellement, par la multiplication et la diversité des échantillons prélevés ainsi que l'utilisation de techniques métrologiques des plus performantes. L'IRSN a ainsi réalisé une centaine de prélèvements avec la collaboration des acteurs locaux (plus de 40 exploitations agricoles, 4 fédérations de chasse, riverains, élus locaux...) (Figure 7). L'Institut, en concertation avec les élus locaux, a également mesuré la radioactivité des aliments constituants des plateaux repas servis sur une semaine dans les cantines scolaires privilégiant les produits locaux et de saison de 3 communes du périmètre d'étude.

Pour mettre en œuvre la stratégie d'échantillonnage l'Institut s'est appuyé sur plusieurs informations. Le choix des différentes catégories de prélèvements à réaliser dans l'environnement terrestre de la centrale et des radionucléides à rechercher a été orienté par l'exploitation des résultats issus de la surveillance et des études complémentaires menées par l'IRSN autour de centrales nucléaires [7][13][23]. La localisation des prélèvements a été guidée par le résultat d'une simulation réalisée à l'aide de codes de calculs utilisés à l'IRSN permettant notamment de repérer les zones plus ou moins influencées par les rejets atmosphériques de la centrale. Cette information a été complétée par les résultats de l'étude des activités volumiques en tritium dans l'air [2]. Une fois les zones d'intérêt identifiées, l'IRSN, en collaboration avec les élus locaux et les exploitants agricoles, s'est appuyé sur une cartographie des territoires agricoles et a ainsi pu sélectionner différents types de denrées terrestres locales à prélever (céréales, fruits, légumes, viandes, fromage...). En complément des denrées produites localement soit par des exploitants agricoles soit par des particuliers (jardins potagers) et des plateaux repas, l'IRSN a également prélevé des feuilles d'arbres (peupliers). Ces prélèvements ont la particularité, contrairement aux productions locales, d'être présents dans chaque zone d'intérêt permettant ainsi de couvrir l'ensemble du périmètre d'étude pour une même nature de prélèvement.



*Prélèvement de maïs sur la commune de Pélussin*

- Viandes d'animaux d'élevage et de gibier
- Feuilles d'arbres
- Céréales
- Eaux de boisson
- Fruits
- Légumes
- Produits alimentaires autres
- Produits laitiers

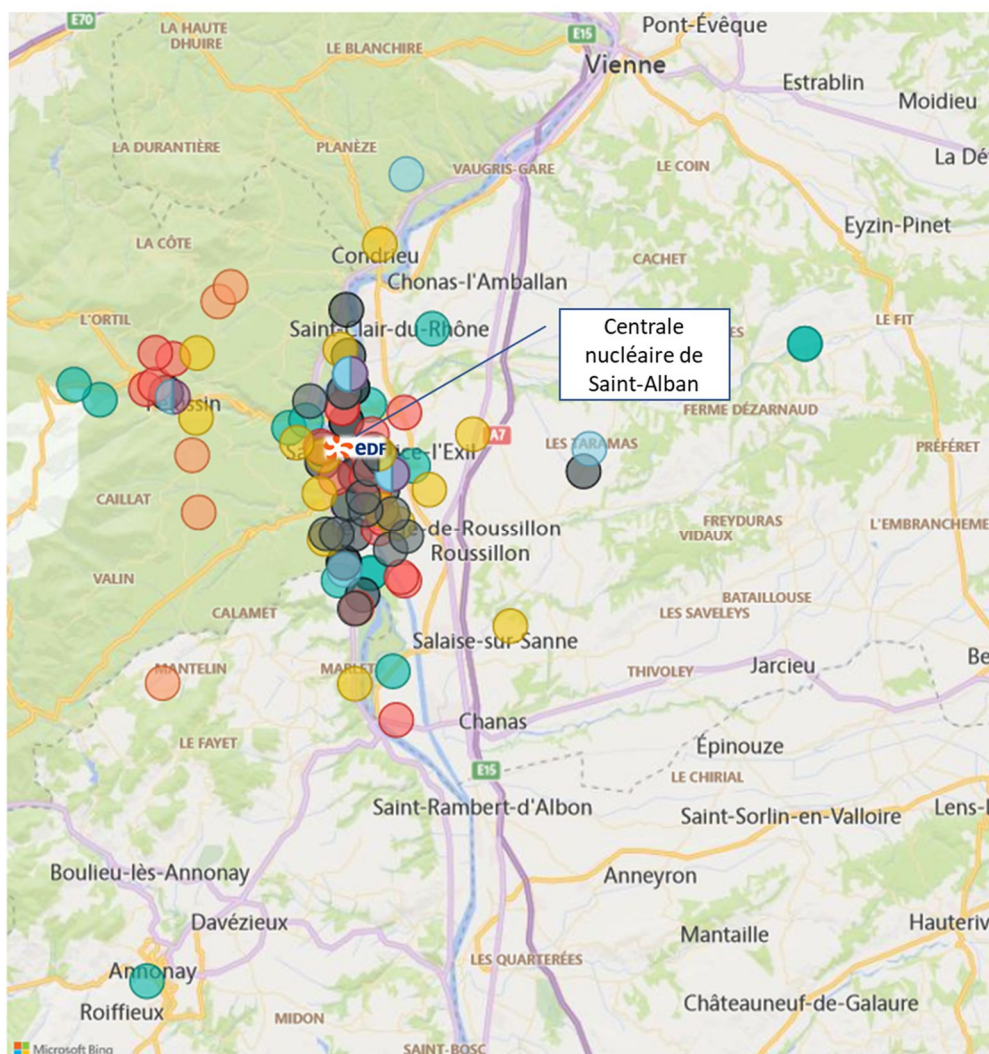


Figure 7. Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'ERS dans l'environnement terrestre de la centrale Nucléaire de Saint-Alban

Lorsque cela était possible, en fonction de la disponibilité, pour chaque famille de prélèvements réalisés en zone potentiellement influencée par les rejets de la centrale, un prélèvement a été effectué dans une zone hors influence représentative du bruit de fond radiologique, sur la commune de Pélussin située à 7 km à l'ouest dans les hauteurs par exemple.

Sur les 101 prélèvements effectués dans l'environnement terrestre de la centrale (hors plateaux repas), 70% ont été effectués à une distance inférieure à 5 km de la centrale, et 96 % à une distance inférieure à 10 km.

## 4.1 VÉGÉTAUX ET DENRÉES VÉGÉTALES TERRESTRES

Les localisations des prélèvements de végétaux terrestres réalisés dans le cadre de l'ERS sont représentées sur la carte de la figure 8. Au total, ce sont **76 prélèvements** de végétaux et denrées végétales terrestres qui ont été effectués (feuilles d'arbres, céréales, fruits et légumes), 74 en 2019 et 2 supplémentaires (carottes et pommes de terre) en 2021 suite à l'enquête alimentaire [4]. Ces denrées sont apparues comme consommées localement dans l'enquête concernant les habitudes alimentaires et n'avaient pas été prélevées en 2019.

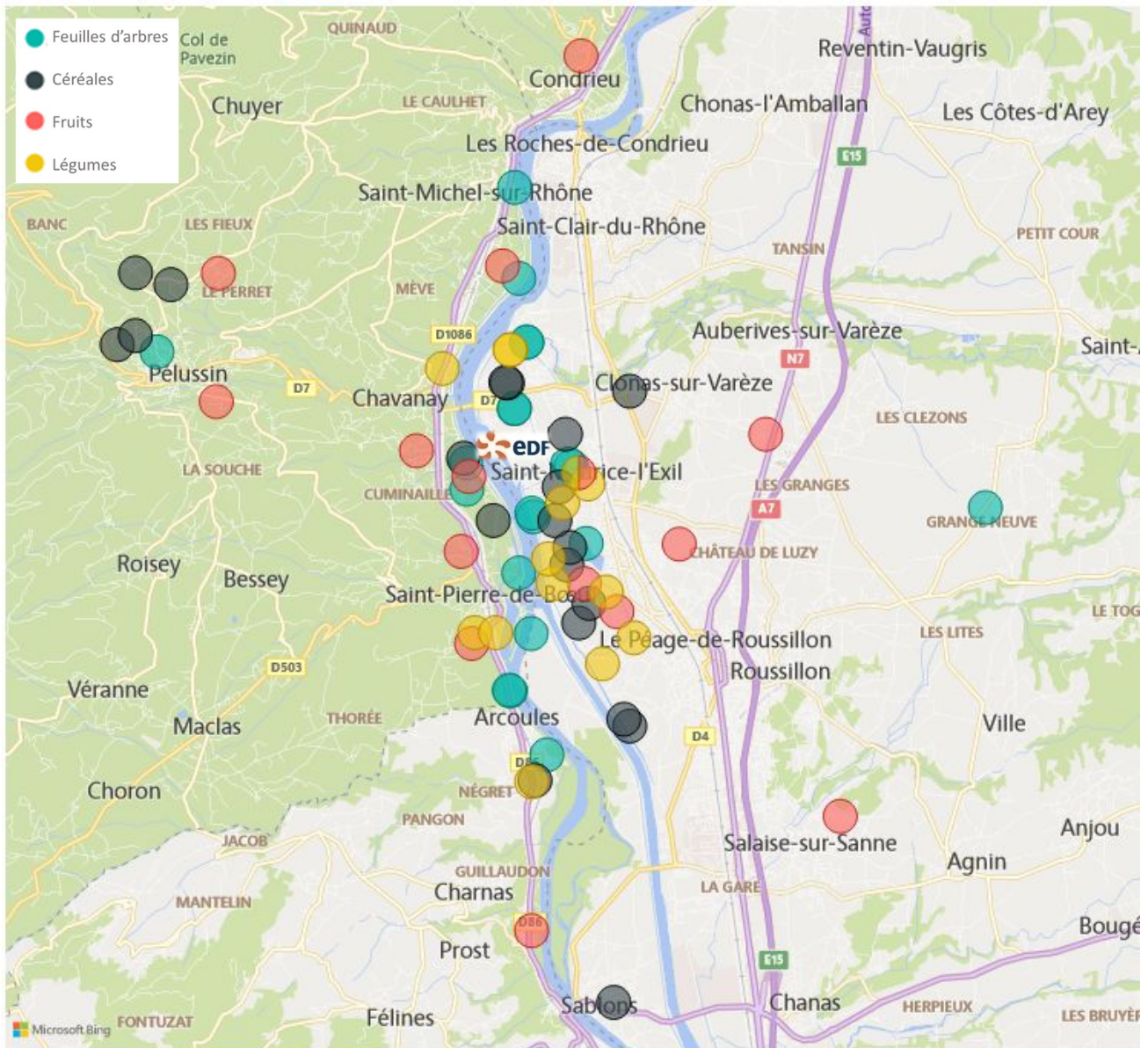


Figure 8. Localisation des lieux de prélèvement des végétaux terrestres

## Feuilles d'arbres (peupliers)

La carte de la figure 9 présente les localisations des 20 prélèvements de feuilles de peupliers réalisés en deux fois :

- En début de croissance entre mai et juin 2019 : 6 prélèvements de mai à juin et entre 1 et 4 km de la centrale ;
- En fin de croissance en octobre 2019 : 14 prélèvements entre 1 et 8 km de la centrale.

Comme indiqué ci-dessus, le peuplier a l'avantage d'être présent sur l'ensemble du territoire étudié, de plus en tant qu'arbre à feuilles caduques, ces dernières tombent à l'automne et réapparaissent au printemps. Les feuilles prélevées sont ainsi représentatives de la période d'étude. Afin de compléter les connaissances sur le transfert du tritium dans l'environnement, ces prélèvements ont été associés à des prélèvements de vapeur d'eau de l'air en vue d'une mesure de tritium dans la vapeur d'eau de l'air [2].

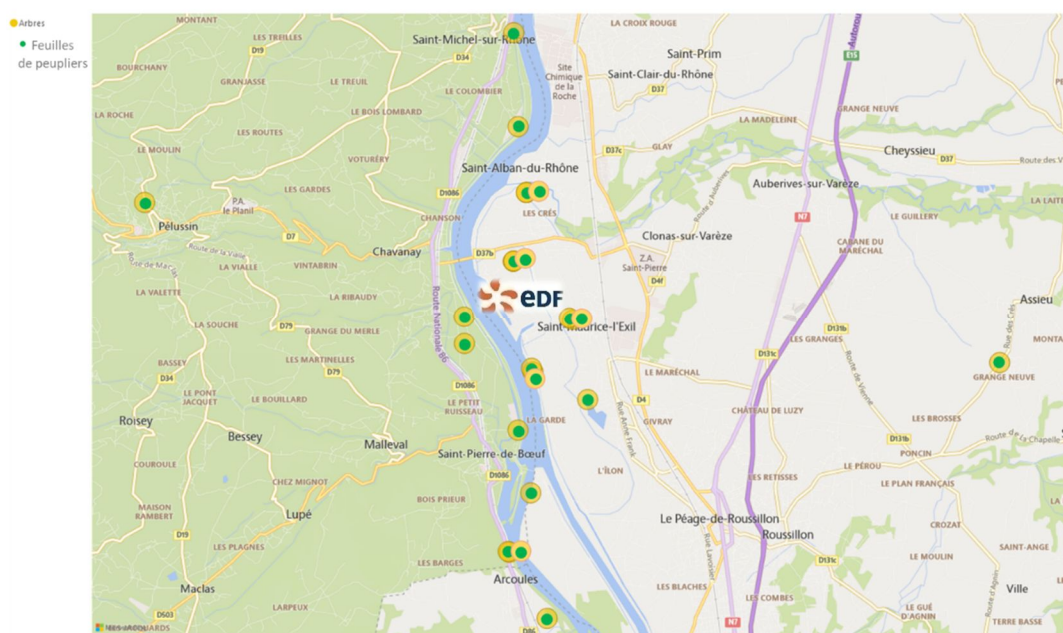


Figure 9. Localisation des prélèvements de feuilles d'arbres



Prélèvement de feuilles de peupliers à proximité de la centrale de Saint-Alban

## Denrées végétales terrestres

Les localisations des prélèvements de denrées végétales terrestres (céréales, fruits et légumes) sont représentées sur la carte de la figure 10.

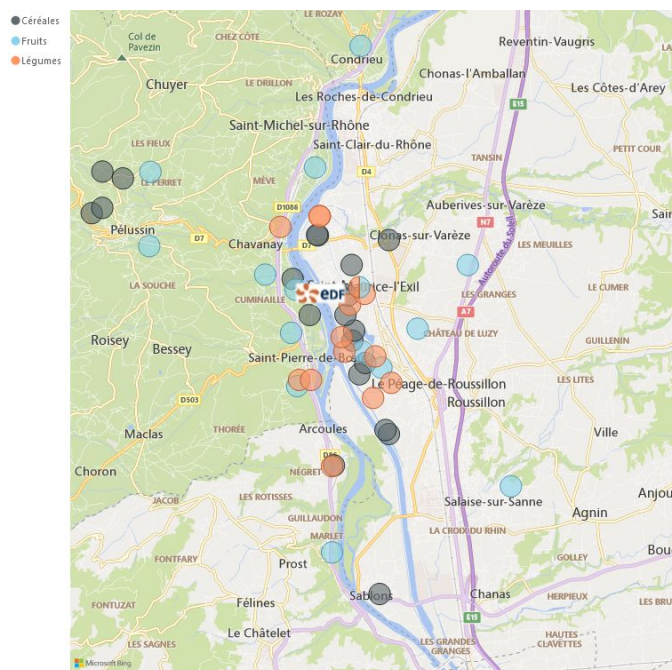


Figure 10. Prélèvements de denrées végétales terrestres

La carte de la figure 11 présente les localisations des 22 prélèvements de **céréales** réalisés entre moins d'un kilomètre et 10 km de la centrale : blé (8), maïs (9), feuilles de maïs (2), orge (2) et méteil<sup>17</sup> (1). La culture céréalière est très présente sur le territoire d'étude. Toute la production n'est cependant pas destinée à la consommation humaine, certaines céréales étant destinées à la consommation animale voire à la fabrication de sac en amidon de maïs. Cette diversité d'utilisation de la production engendre différents modes de culture, notamment vis-à-vis de l'irrigation.

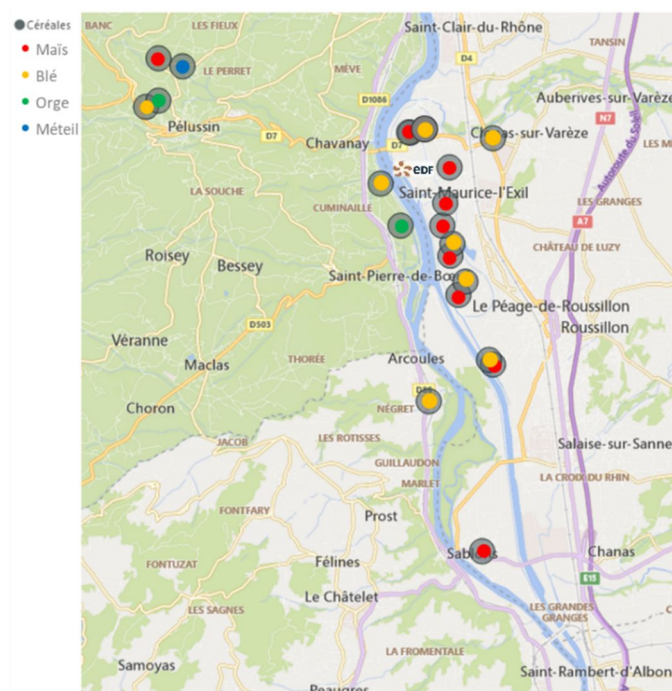


Figure 11. Localisation des prélèvements de céréales

<sup>17</sup> Mélange de céréales



La carte de la figure 12 présente les localisations des 15 prélèvements de fruits réalisés entre moins d'un kilomètre et 8 km de la centrale : raisins (8), pommes (5) ; poires (1) et abricots (1).

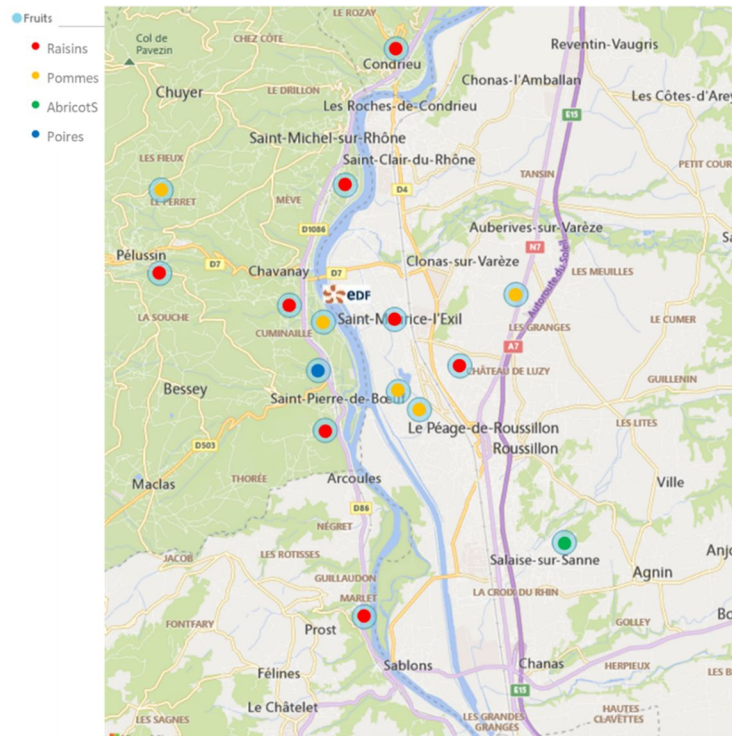


Figure 12. Localisation des prélèvements de fruits

La carte de la figure 13 présente les localisations des 19 prélèvements de légumes : salades (10), navets (3), fanes de navets (3), tomates (1), pommes de terre (1) et carottes (1).

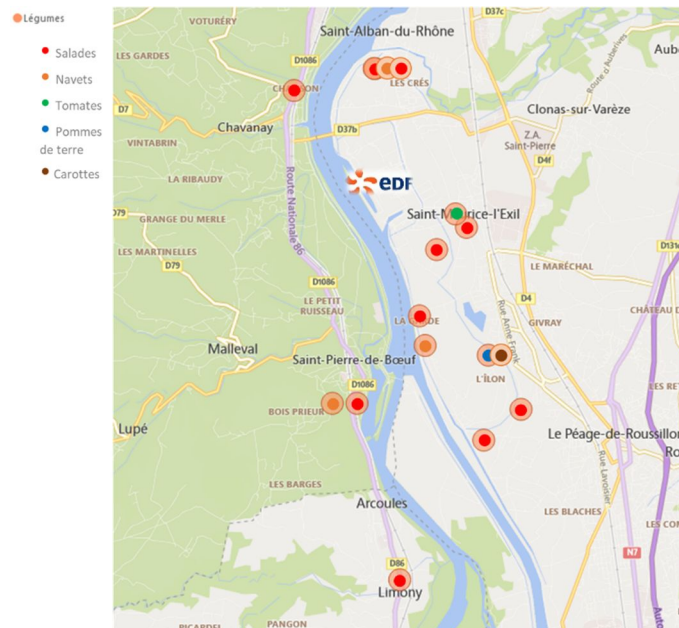


Figure 13. Localisation des prélèvements de légumes

Les prélèvements de feuilles de navets et de maïs réalisés en complément des prélèvements de navet et de grains de maïs sur certains échantillons ont pour objectif d'étudier la représentativité des activités en tritium et en carbone 14 mesurées dans les feuilles par rapport à celles mesurées dans la partie commercialisée de la plante (navet et grain de maïs). Dans le cas de rejets relativement constants sur la période de croissance de ces végétaux, ce qui est le cas pour les rejets gazeux d'une centrale nucléaire, les activités en tritium et en carbone 14 devraient se répartir de manière relativement homogène dans la plante et ainsi confirmer que les mesures de feuilles peuvent être représentatives de la partie comestible de la plante dans ce cas de figure.

## 4.2 DENREES TERRESTRES D'ORIGINE ANIMALE

Les localisations des prélèvements de denrées terrestres d'origine animale est présentée sur la carte de la figure 14. Au total ce sont **25 prélèvements** qui ont été effectués : viandes d'élevages (bœufs, volailles, porcs) ou de gibier (sangliers), œufs, produits laitiers (fromage et lait) et du miel.

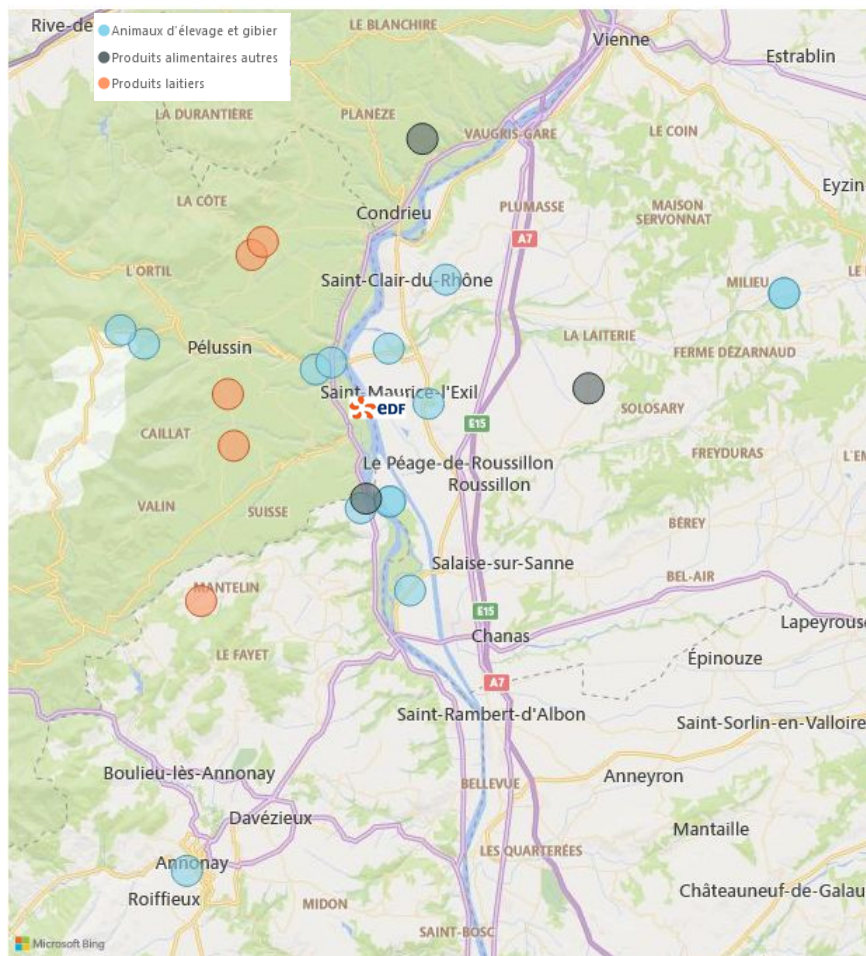


Figure 14. Localisation des lieux de prélèvement de denrées animales terrestres

## Denrées terrestres issues de l'élevage et de l'apiculture

La carte de la figure 15 présente les localisations des **17 prélèvements de denrées d'origine animale (hors gibier)**. Les prélèvements ont été effectués entre 2 et 20 km de la centrale, de septembre 2020 à mars 2021 : viande de bœuf, de veau, de porc et de volaille ; œufs de poules ; fromage de chèvre ; miel ; lait de vache et chèvre. Il est cependant à noter que pour plusieurs de ces catégories de denrées d'origine animale cette localisation peut correspondre à celle du fournisseur et pas forcément au lieu de vie des animaux ; par exemple, les ruches des producteurs de miel, les zones de pâtures des bovins...

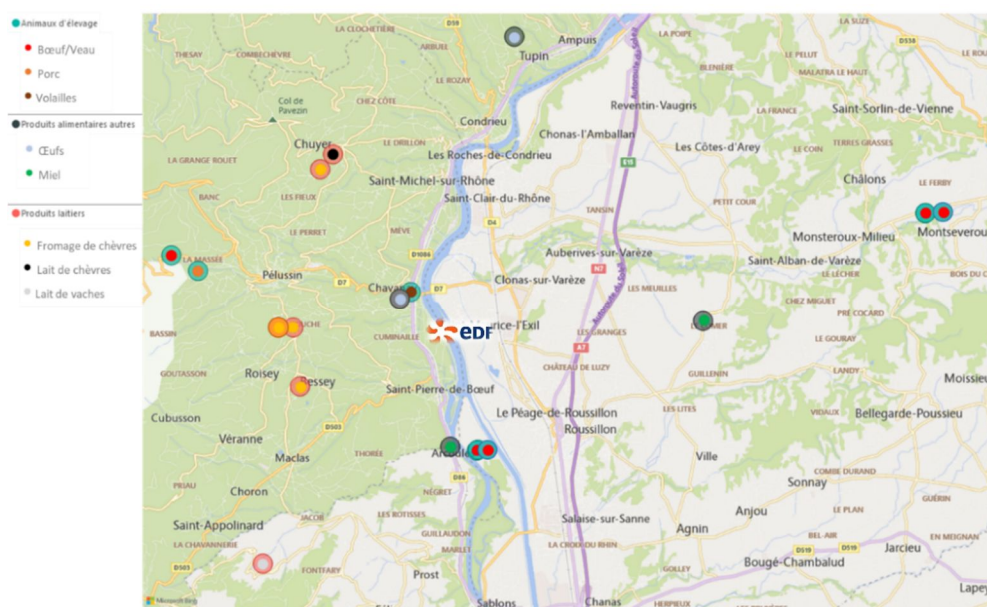


Figure 15. Prélèvements de denrées terrestres d'origine animale

## Gibiers

Les objectifs de cette étude « gibiers » dépassent la seule influence des rejets d'effluents radioactifs de la centrale sur son environnement. Les prélèvements réalisés contribuent également à l'étude de la variabilité des activités en césium 137 héritées des retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français (§3). Pour ce faire, 10 prélèvements de viande de sangliers ont été réalisés entre 2 et 70 km de la centrale, en collaboration avec 4 fédérations de chasse (Figure 16). Pour l'étude radiologique de l'environnement de la centrale de Saint-Alban, 8 des 10 prélèvements, entre 2 et 20 km de la centrale, sont pris en compte.

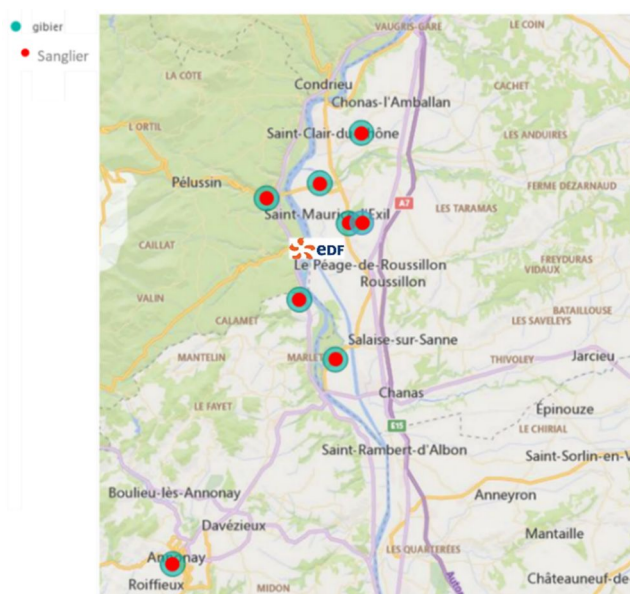


Figure 16. Prélèvements de gibiers (sangliers)

## 4.3 PLATEAUX REPAS

Cette étude, qui consiste à réaliser des analyses radiologiques sur les aliments composant les plateaux repas servis dans des établissements de communes du périmètre d'étude qui privilégient les produits locaux de saison, a été réalisée sur une semaine en mai 2021 en partenariat avec les communes de Pélussin, de Saint-Maurice l'Exil et de Saint-Alban-du-Rhône (Figure 17). 16 prélèvements ont été réalisés : 4 contenus solides des plateaux repas de Pélussin, 4 à Saint-Alban-du-Rhône et 5 à Saint-Maurice-L'Exil auxquels s'ajoutent 3 prélèvements d'eau du robinet servie dans ces établissements.

Une étude plus détaillée des eaux d'adductions publiques et des nappes phréatiques du territoire d'étude a été réalisée dans le cadre du volet aquatique de l'ERS [6].

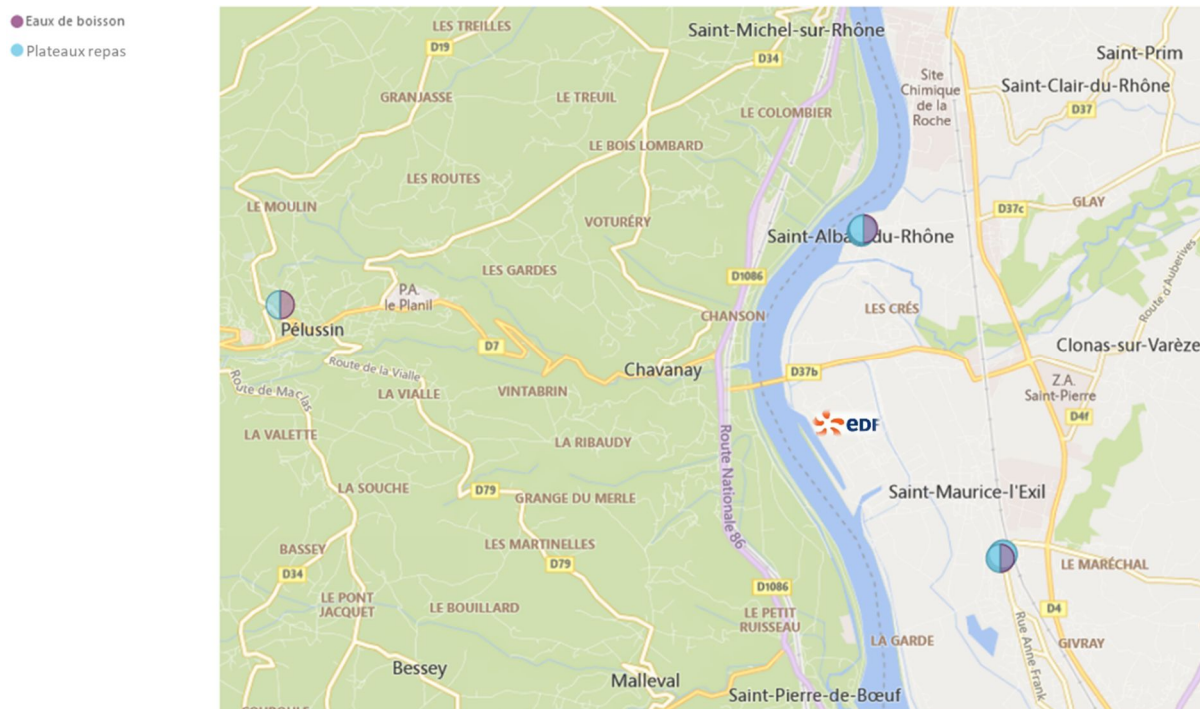


Figure 17. Prélèvements de plateaux repas de restaurants scolaires

## 4.4 TRAITEMENTS ET ANALYSES

### Radionucléides recherchés

Le **tritium** et le **carbone 14** qui sont les deux radionucléides dont les activités rejetées par la centrale de Saint-Alban dans l'environnement sont les plus importantes (§ 2.2) sont recherchés en priorité. Sont également recherchés d'autres radionucléides d'origine artificielle rejetés dans l'environnement par la centrale dans des activités nettement moins importantes que celles du tritium et du carbone 14. Parmi ces radionucléides, le **césium 137**, d'origine artificielle, a la particularité d'être, comme le tritium et le carbone 14, partout présent dans l'environnement français en raison des retombées anciennes (§ 3). Ces analyses nous permettent également de mesurer les activités de radionucléides d'origine naturelle comme le potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ).

Dans la mesure du possible, et pour chacun des prélèvements, une mesure de tritium (libre et tritium organiquement lié) et une mesure de carbone 14 ont été réalisées.

Compte tenu des activités mesurées sur les aérosols pour les autres radionucléides [2], leur détection, hors césium 137, dans les végétaux terrestres est peu probable. Néanmoins, et dans un but de confirmation, certains prélèvements présentant des activités plus élevées en tritium et/ou carbone 14, témoignant de l'influence des rejets de la centrale, ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma.

## Traitement et analyse des échantillons

Afin de déterminer les activités des radionucléides recherchés, les échantillons solides prélevés ont été traités par un procédé de séchage par lyophilisation qui permet de séparer l'eau contenue dans les échantillons de la matière sèche (Figure 18).

L'eau ainsi récupérée permet d'effectuer une mesure de tritium libre (HTO). Les résultats peuvent donc être exprimés en Bq/L d'eau de dessiccation (Bq/L<sub>ed</sub>)<sup>18</sup>.

La matière sèche permet quant à elle de mesurer :

- Le tritium lié à la matière organique (TOL) dans l'eau issue de la combustion de la partie sèche, les résultats peuvent donc être exprimés en Bq/L d'eau de combustion (Bq/L<sub>ec</sub>)<sup>19</sup>.
- Le carbone 14, par spectrométrie de masse. Son activité peut ainsi être exprimée par rapport à la teneur en carbone stable de l'échantillon, c'est-à-dire en becquerels de carbone 14 par kilogramme de carbone stable (Bq/kg de carbone ou Bq/kg de C).
- Les radionucléides mesurables par spectrométrie gamma, comme le césium 137. Cette mesure peut être effectuée directement sur les résidus secs ou sur les résidus calcinés.

Pour le tritium et le carbone 14, les mesures très fines ainsi réalisées permettent d'évaluer de manière précise quelles quantités ont été ajoutées au bruit de fond par les rejets de la centrale. Elles permettent également de comparer l'ensemble des activités mesurées quelles que soient les teneurs en eau ou en carbone des prélèvements.

Pour le carbone 14, l'influence anthropique locale peut se traduire, soit par une teneur en carbone 14 plus élevée que celle du bruit de fond, ce qui peut être le cas à proximité d'une installation nucléaire autorisée à rejeter du carbone 14, soit par une teneur en carbone 14 plus faible, qui peut être rencontré à proximité d'une source de CO<sub>2</sub> d'origine fossile.

Dans le cas des plateaux repas, l'IRSN a réceptionné le contenu solide pour chaque plateau. Ce contenu a été homogénéisé pour suivre le processus de traitement ci-dessus. Chaque établissement a également envoyé un échantillon d'eau servie dans les cantines sur lesquels ont été réalisés des analyses d'alpha global<sup>20</sup>, de bêta global et de tritium libre.

Chaque résultat de mesure est assorti d'une « incertitude » symbolisé par « ± » dans le texte et par des « barres verticales » dans les graphiques, elle correspond à la marge d'imprécision sur la valeur de la mesure.



Figure 18. Principales étapes d'une analyse de la radioactivité dans des échantillons environnementaux [7]

<sup>18</sup> Exprimé en Bq/L dans la plupart des publications sans préciser « d'eau de dessiccation (ed) ».

<sup>19</sup> Exprimé en Bq/L dans la plupart des publications sans préciser « d'eau de combustion (ec) ».

<sup>20</sup> Les mesures dites « globales » permettent de déceler une évolution anormale de la radioactivité sans cependant pouvoir différencier les composantes naturelle et artificielle. L'activité alpha globale est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs alpha ; l'activité bêta globale résiduelle est un indicateur de présence de radionucléides émetteurs bêta. Elles sont complétées par des analyses plus complexes en cas de niveaux anormalement élevés pour identifier le ou les radionucléides responsables et donc l'origine naturelle ou artificielle de ces derniers.

# RÉSULTATS

Les activités mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond en tritium libre, en tritium lié et en carbone 14 pour chaque prélèvement effectué dans l'environnement de la centrale dans le cadre de la présente étude sont présentées dans les annexes 1, 2 et 3.

## 5.1 TRITIUM

### Végétaux terrestres

#### TRITIUM ORGANIQUEMENT LIÉ (TOL)

*Rappel* : les activités en tritium organiquement lié dans les végétaux terrestres nous donnent une indication sur la teneur moyenne en tritium dans l'air durant la croissance du végétal.

Les activités en tritium organiquement lié dans les végétaux terrestres et denrées végétales terrestres sont majoritairement (63%) dans la gamme des activités mesurées hors influence d'une installation nucléaire (Figure 19), bien que très majoritairement au-dessus (93%) de la valeur moyenne du bruit de fond (§3). Elles sont comprises entre **0,8±0,7 et 4±0,7 Bq/L d'eau de combustion (Bq/L<sub>ec</sub>)**. Les activités en TOL les plus élevées sont mesurées dans les feuilles d'arbres prélevées à proximité de la centrale, suivi par celles mesurées dans les céréales et les légumes. Les activités dans les raisins et autres fruits sont quant à elles dans la gamme du bruit de fond quelle que soit la distance par rapport à la centrale.

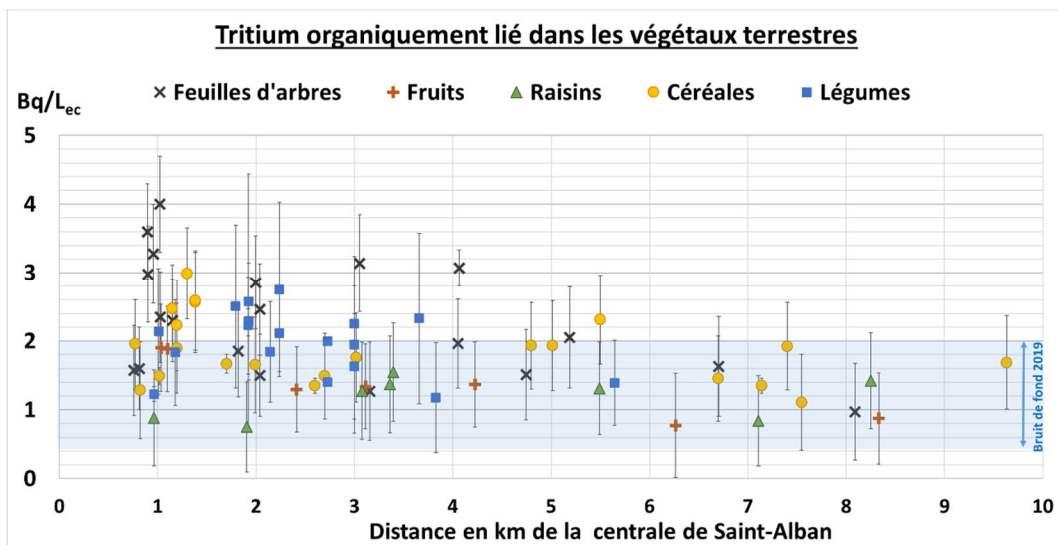


Figure 19. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) des différents végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

La figure 20<sup>21</sup> permet de distinguer les prélèvements de végétaux effectués dans un axe « Nord-Sud », qui correspond aux vents dominants par rapport aux rejets atmosphériques de la centrale, de ceux effectués dans un axe « Est-Ouest » (hors vents dominants). Il apparaît que les activités en TOL les plus élevées sont mesurées dans l'axe des vents dominants à proximité du site, elles diminuent progressivement sur une distance d'environ 5 à 6 km pour rejoindre la gamme de bruit de fond. Hors vents dominants, les activités sont très majoritairement dans la gamme du bruit de fond, mais à proximité du site (1 km), quelques activités dépassent la gamme de bruit de fond et témoignent ainsi de l'influence des rejets atmosphériques de la centrale.

<sup>21</sup> Par souci de lisibilité les barres d'erreurs ont été retirées pour tous les graphiques représentant l'évolution des activités en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale (c'est-à-dire en différenciant axe « Nord-Sud » et axe « Est-Ouest »).

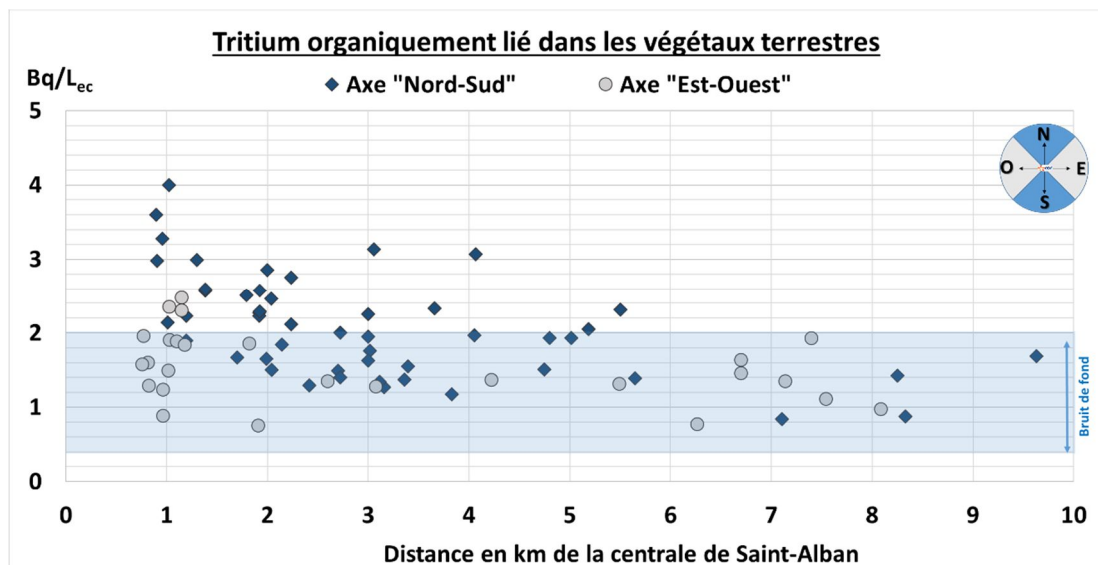


Figure 20. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les résultats en tritium organiquement lié dans les végétaux terrestres permettent de définir une représentation détaillée de la zone d'influence des rejets atmosphériques de tritium de la centrale (Figure 21).

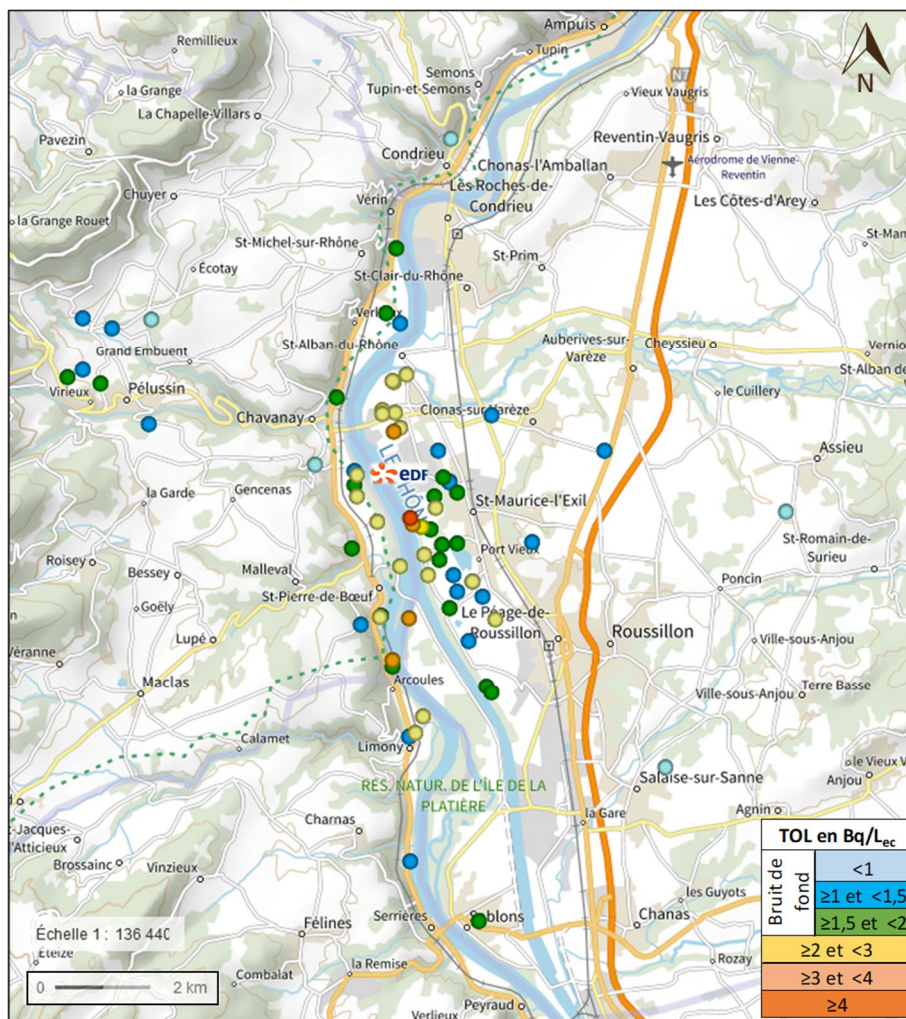


Figure 21. Représentation cartographique de la zone d'influence des rejets atmosphériques de tritium de la centrale sur les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en tritium lié mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond dans les végétaux terrestres sont présentées dans l'annexe 1.

Les activités en TOL en Bq/L<sub>ec</sub> associées aux teneurs en eau et en hydrogène des végétaux, mesurées sur chaque prélèvement, nous permettent de calculer les activités en TOL par unité de masse (Bq/kg frais). Cette information est essentielle pour calculer l'exposition radiologique liée à l'ingestion des denrées produites localement [5]. Dans les denrées végétales terrestres, les activités en TOL sont comprises entre 0,3 à 1,8 Bq/kg frais. L'activité maximale ajoutée en TOL par rapport au bruit de fond est de 1,2 Bq/kg frais dans les céréales.

Les activités en Bq/kg frais varient d'une nature de prélèvement à l'autre en fonction du taux d'hydrogène et de la quantité d'eau contenue dans l'échantillon. Si la teneur en hydrogène dans les prélèvements d'une même nature est assez stable, compte tenu des différentes pratiques de cultures et notamment d'arrosage, les teneurs en eau sont quant à elles très variables. La conséquence est que, pour certaines catégories d'aliments, ce ne sont pas nécessairement les prélèvements présentant les activités de TOL en Bq/L<sub>ec</sub> qui présentent les plus fortes activités de TOL en Bq/kg frais (maïs, salade).

Sont également présentées ci-dessous les activités mesurées et les activités maximales ajoutées en TOL, exprimés en Bq/kg frais, après déduction du bruit de fond de l'année de prélèvement.

#### En ce qui concerne les céréales :

- **Grains de blé** : les activités mesurées sont comprises entre 1,4±0,1 Bq/L<sub>ec</sub> à Clonas-sur-Varèze (2,6 km ; Est) et 3±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Alban-du-Rhône (1,3 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont de 0,8±0,1 à 1,8±0,4 Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 1,2 Bq/kg frais à Saint-Alban.
- **Grains de maïs** : les activités mesurées sont comprises entre 1,1±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> à Pélussin (8 km ; Est) et 2,6±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Alban-du-Rhône (1,3 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre 0,3±0,2 et 1±0,3 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,52 Bq/kg frais. Pour les deux prélèvements simultanés de feuilles de maïs et de grains, les activités en TOL sont très proches :
  - Saint-Alban-du-Rhône (1,4 km ; Nord) : 2,6±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> pour les feuilles et les grains.
  - Saint-Maurice l'Exil (1,2 km ; Sud) : 1,9±0,7 et 2,2±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> pour les feuilles et les grains respectivement.
- **Grains d'orge** : les activités mesurées sont de 1,4±0,1 Bq/L<sub>ec</sub> à Pélussin (7 km ; Est) et 2,5±0,6 Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Pierre de Bœuf (1,2 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont de 0,8±0,1 et 1,4±0,4 Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,9 Bq/kg frais à Saint-Pierre de Bœuf.
- **Grains de méteil** de Pélussin (7 km ; Est) : l'activité mesurée est de 1,5±0,6 Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de 0,8±0,4 Bq/kg pour une activité ajoutée d'environ 0,3 Bq/kg frais.

On retient que les activités en TOL mesurées dans **les céréales** sont comprises entre 1,1±0,7 et 3±0,7 Bq/L<sub>ec</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée d'environ 1,2 Bq/kg frais dans le blé de Saint Alban.

#### En ce qui concerne les fruits :

- **Raisins** : les activités mesurées sont comprises entre 0,8±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> à Chavanay (1,9 km ; Ouest) et 1,6±0,7 Bq/L<sub>ec</sub> à Chavanay (3,4 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont de 0,1±0,1 à 0,2±0,1 Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,1 Bq/kg frais.
- **Pommes** : les activités mesurées sont comprises entre 0,8±0,8 Bq/L<sub>ec</sub> à Pélussin (6 km ; Est) et 1,9±0,6 Bq/L<sub>ec</sub> à Chavanay (1 km ; Ouest). Les activités massiques correspondantes sont de 0,1±0,1 à 0,2±0,1 Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,1 Bq/kg frais.
- **Abricots** de Salaise-sur-Sanne (8 km ; Sud-Est) : l'activité mesurée est de 0,9±0,7 Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de 0,07±0,05 Bq/kg frais.
- **Poires** de Mallevall (1,1 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de 1,9±0,6 Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de 0,2±0,05 Bq/kg frais.

On retient que les activités en TOL mesurées dans **les fruits** sont comprises entre 0,8±0,7 et 1,9±0,6 Bq/L<sub>ec</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,1 Bq/kg frais dans les raisins et les pommes de Chavanay.



En ce qui concerne les légumes :

- **Légumes feuilles (salades)** : les activités mesurées sont comprises entre  $1,2 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ec</sub> au Péage-de-Roussillon (3,8 km ; Sud) et  $2,5 \pm 1,2$  Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (1,8 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre  $0,05 \pm 0,04$  à  $0,12 \pm 0,05$  Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,06 Bq/kg frais à Chavanay.
- **Légumes racines** :
  - **Navets** : les activités mesurées sont comprises entre  $2 \pm 1$  Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Pierre de Bœuf (3 km ; Sud) et  $2,6 \pm 1,9$  Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont de  $0,06 \pm 0,04$  à  $0,14 \pm 0,1$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,09 Bq/kg frais.  
Pour ces trois prélèvements de navets, les feuilles ont également été prélevées et analysées. Il apparaît que les activités en TOL des feuilles sont très proches de celles des légumes (Tableau 3):

Tableau 3. Comparaison des activités en TOL dans les navets et les feuilles de navets

TOL (Bq/L <sub>ec</sub> )	Navets	Feuilles de navets
Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord)	$2,6 \pm 1,9$	$2,3 \pm 0,9$
Saint-Maurice-l'Exil (2,2 km ; Sud)	$2,1 \pm 0,6$	$2,8 \pm 1,3$
Saint-Pierre de Bœuf (3 km ; Sud)	$2,0 \pm 1,3$	$2,3 \pm 0,6$

- **Carottes** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $1,4 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de  $0,09 \pm 0,05$  Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,04 Bq/kg frais.
- **Pommes de terre** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $2 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de  $0,23 \pm 0,08$  Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,13 Bq/kg frais.
- **Légumes fruits** : tomates de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $1,2 \pm 0,1$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de  $0,04 \pm 0,01$  Bq/kg frais.

On retient que les activités en TOL mesurées dans les **légumes** sont comprises entre  $1,2 \pm 0,8$  et  $2,8 \pm 1,3$  Bq/L<sub>ec</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,13 Bq/kg frais dans les pommes de terre.

En ce qui concerne les feuilles d'arbres :

Les activités en TOL mesurées dans les **feuilles d'arbres (peupliers)** sont comprises entre  $1 \pm 0,7$  et  $4 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub> :

- **Début de croissance** (mai-juin 2019) : les activités mesurées sont comprises entre  $1,5 \pm 0,6$  à Saint-Alban-du-Rhône (2 km ; Nord) et  $4 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Sud).
- **Fin de croissance** (octobre 2019) : les activités mesurées sont comprises entre  $1 \pm 0,7$  à Ville-sous-Anjou (8 km ; Est) et  $3,3 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Sud).

## TRITIUM LIBRE (HTO)

La figure 23 présente les activités en **tritium libre (HTO)** des végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance à la centrale. Ces activités, qui témoignent de l'activité en tritium dans l'air dans les heures qui ont précédé les prélèvements, sont difficilement comparables les unes aux autres lorsque les dates de prélèvements sont différentes. Néanmoins, il apparaît que les activités en tritium libre (HTO), sont très majoritairement (80%) dans la gamme du bruit de fond bien que majoritairement (71%) au-dessus de la valeur moyenne du bruit de fond. Elles sont comprises entre le seuil métrologique d'environ **0,7 Bq/L et  $3,5 \pm 0,8$  Bq/L d'eau de dessiccation (Bq/L<sub>ed</sub>)**. Pour les céréales, seuls les maïs ont été analysés car la teneur en eau des autres céréales (blé, orge et méteil) est trop faible pour récupérer une quantité d'eau de dessiccation suffisante dans les échantillons prélevés pour être analysée.

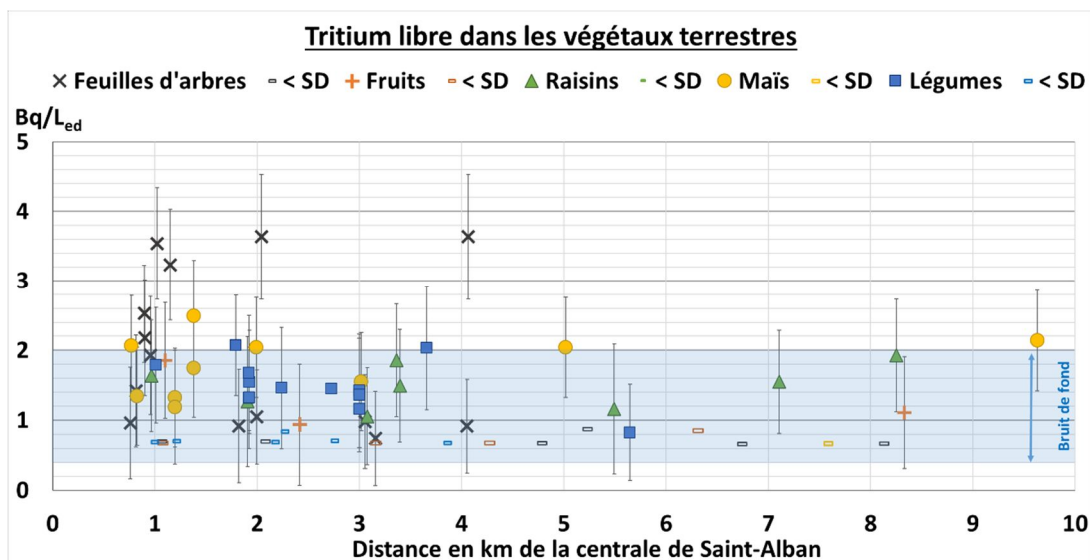


Figure 22. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) des différents végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

La figure 23 présente les activités en tritium libre (HTO) dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale. Il apparaît que les activités les plus élevées sont mesurées dans l'axe des vents dominants à proximité du site. Hors vents dominants à proximité du site et sous les vents dominants à distance du site, quelques activités témoignent de l'influence des rejets atmosphériques de la centrale. Contrairement à la figure 20 pour le TOL, pour le HTO, il apparaît que les activités sont plus souvent comprises dans la gamme du bruit de fond, même dans l'axe Nord-Sud, sous les vents dominants. L'azimut, n'est donc plus le paramètre principal caractérisant l'évolution des activités en fonction de la distance à la centrale, mais bien l'exposition aux rejets dans les heures qui ont précédé le prélèvement.

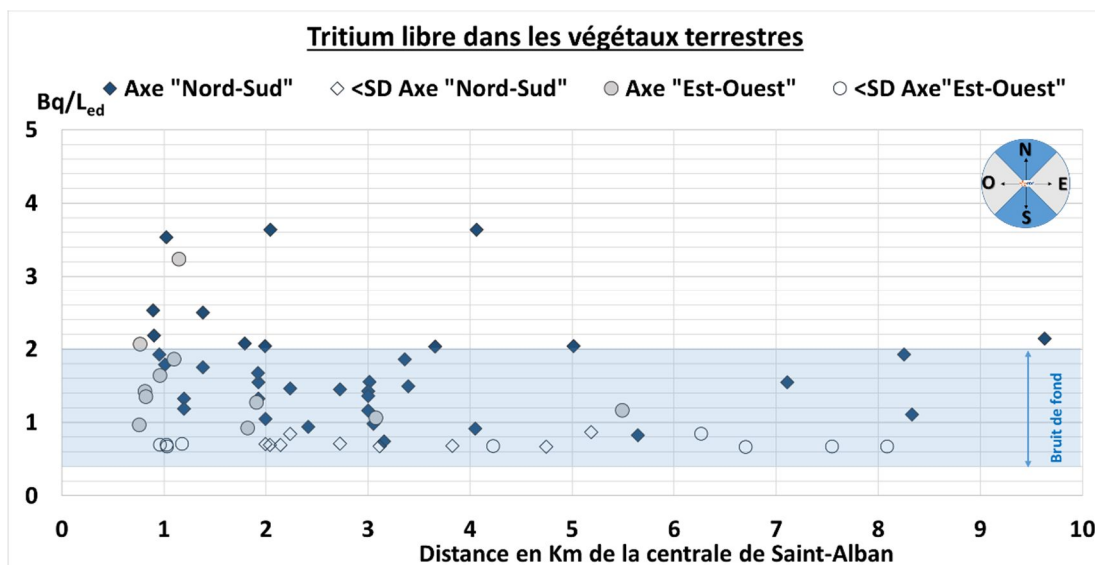


Figure 23. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en tritium libre mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond dans les végétaux terrestres sont présentées dans l'annexe 2.

Les activités de HTO en Bq/Led associées à la teneur en eau des végétaux, mesurée pour chaque prélèvement, nous permettent de calculer les activités en HTO par unité de masse (Bq/kg frais). Dans les denrées végétales terrestres, les activités en HTO sont comprises entre <0,3 à 1,9 Bq/kg frais. L'activité maximale ajoutée en tritium organiquement lié dans les denrées végétales terrestres est de 1,1 Bq/kg frais dans les céréales et les légumes feuilles.

#### En ce qui concerne les céréales :

- **Grains de blé, orge et méteil** : non mesurable compte tenu de la teneur en eau trop faible.
- **Grains de maïs** : les activités mesurées sont comprises entre  $<0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Pélussin (7 km ; Ouest) et  $2,1\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Sablons (9,5 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont de  $<0,3$  et  $0,9\pm 0,4$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée de  $0,44$  Bq/kg frais. Les activités dans les maïs prélevés à Saint-Maurice-l'Exil (0,8 et 2 km ; Sud) et au Péage-de-Roussillon (5 km ; Sud) sont également proches des activités maximales mesurées avec des activités comprises entre  $2,04\pm 0,7$  et  $2,06\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>

#### En ce qui concerne les fruits :

- **Raisins** : les activités mesurées sont comprises entre  $1,1\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (3 km ; Est) et  $1,9\pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub> à Serrières (8 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont de  $0,8\pm 0,5$  à  $1,5\pm 0,6$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée de  $0,8$  Bq/kg frais.
- **Pommes** : les activités mesurées sont très majoritairement (4/5) en dessous des seuils de décision de  $0,7$  à  $0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>. Seul le prélèvement effectué à Saint-Maurice-l'Exil à  $2,4$  km au sud de la centrale présente une activité mesurée de  $0,94\pm 0,89$  Bq/L<sub>ed</sub> (soit une activité massique de  $0,77\pm 0,73$  Bq/kg frais) équivalente au bruit de fond en tritium.
- **Abricot** de Salaise-sur-Sanne (8 km ; Sud-Est) : l'activité mesurée est de  $1,1\pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $1\pm 0,7$  Bq/kg frais.
- **Poires** de Mallevall (1,1 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de  $1,9\pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $1,6\pm 0,7$  Bq/kg frais pour une activité ajoutée de  $0,83$  Bq/kg frais.

On retient que les activités en HTO mesurées dans **les fruits** sont comprises entre  $<0,7$  et  $1,9\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de  $0,83$  Bq/kg frais dans les poires.

#### En ce qui concerne les légumes :

- **Légumes feuilles (salades)** : les activités mesurées sont comprises entre  $<0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Chavanay (2,1 km ; Nord), Le Péage-de-Roussillon (3,8 km ; Sud) et Saint-Maurice-l'Exil (1,2 km ; Est) et un maximum de  $2,1\pm 0,7$  et  $2\pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (1,8 km ; Sud) et à Saint-Maurice-l'Exil (3,7 km ; Sud) respectivement. Les activités massiques correspondantes sont comprises entre  $<0,6$  et  $2\pm 0,9$  Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée d'environ  $1,1$  Bq/kg frais.
- **Légumes racines** :
  - **Navets** : les trois activités mesurées sont très proches entre  $1,4$  et  $1,6$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique d'environ  $1,4\pm 0,7$  Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de  $0,5$  à  $0,6$  Bq/kg frais. Les activités mesurées dans les fanes de navets sont comprises entre  $<0,8$  à  $1,3$  Bq/L<sub>ed</sub>.
  - **Carottes** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est  $<0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $<0,6$  Bq/kg frais.
  - **Pommes de terre** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurées est de  $1,5\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $1,2\pm 0,6$  Bq/kg frais, pour une activité ajoutée de  $0,4$  Bq/kg frais.
- **Légumes fruits** : tomates de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $<0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $<0,7$  Bq/kg frais.

On retient que les activités en HTO mesurées dans **les légumes** sont comprises entre  $<0,7$  et  $2,1\pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de  $1,1$  Bq/kg frais dans les légumes feuilles.

*Rappel : dans le cadre du calcul de l'exposition au tritium libre (HTO), lié à l'ingestion des denrées, l'activité en tritium en Bq/kg de matière fraîche est calculée en substituant l'activité en tritium libre en Bq/L<sub>ed</sub> par celle de tritium organiquement lié (TOL) en Bq/L<sub>ec</sub>. En effet, si l'activité en HTO est représentative de l'activité dans les denrées dans les heures qui ont précédé le prélèvement, elle n'est pas représentative d'une activité moyenne intégrée sur la durée de croissance, contrairement à l'activité en TOL.*

### En ce qui concerne les feuilles d'arbres :

Les activités en HTO mesurées dans les **feuilles d'arbres (peupliers)** sont comprises entre  $<0,7$  et  $3,6 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub> :

- **Début de croissance** (mai-juin 2019) : les activités mesurées sont comprises entre  $1,4 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Maurice-l'Exil (0,8 km ; Est) et  $3,6 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Alban-du-Rhône (2 km ; Nord) et Saint-Pierre-de-Bœuf (4 km ; Sud), l'activité à 1 km au Sud de la centrale étant très proche avec  $3,5 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>.
- **Fin de croissance** (octobre 2019) : les activités mesurées sont comprises entre inférieures aux seuils de décisions ( $0,7$  et  $0,9$  Bq/L<sub>ed</sub>) pour 6 prélèvements sur 14 et  $2,2 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Alban-du-Rhône (0,9 km ; Nord).



*Prélèvement de légumes à proximité de la centrale nucléaire de Saint-Alban*

## Denrées terrestres d'origine animale

Le transfert des radionucléides présents dans les rejets de la centrale aux animaux se fait principalement par ingestion (eau et aliments). Le mode d'alimentation qui varie en fonction des types d'élevage est donc le principal facteur de transfert. Les exploitations privilégiant l'alimentation des animaux à base de denrées produites localement ont été recherchées. Toutefois, il n'a pas été possible d'identifier des exploitations pratiquant l'alimentation à base de denrées locales pour tous les types de production. Par ailleurs, parmi celles pratiquant l'alimentation à base de denrées locales, la distance aux rejets est toute relative étant donné que les animaux d'élevage peuvent paître à différents endroits tout comme les gibiers qui peuvent couvrir de très larges territoires. De plus, certains élevages se situant à distance de la centrale cultivent des céréales en plaine à proximité de celle-ci pour nourrir les animaux. Il est donc difficile d'établir un lien direct entre les activités dans les végétaux et les animaux, ainsi qu'un lien entre les activités dans les animaux et la distance à la centrale. Néanmoins, pour conserver une homogénéité dans la présentation des résultats le mode de représentation des résultats est identique à celui des végétaux.

### TRITIUM ORGANIQUEMENT LIÉ (TOL)

Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les denrées terrestres d'origine animale sont comprises entre  $<0,7$  à  $2,2 \pm 1,7$  Bq/L<sub>ec</sub>. Elles sont très majoritairement (87%) dans la gamme du bruit de fond attendu hors influence d'installation (figure 24)<sup>22</sup>, bien que majoritairement (78%) au-dessus de la valeur moyenne (§3).

<sup>22</sup> Pour certains graphiques, le dépassement de certaines activités par rapport au bruit de fond de l'année de prélèvement est masqué par la gamme de bruit de fond couvrant l'ensemble des années de prélèvements (2018-2021).

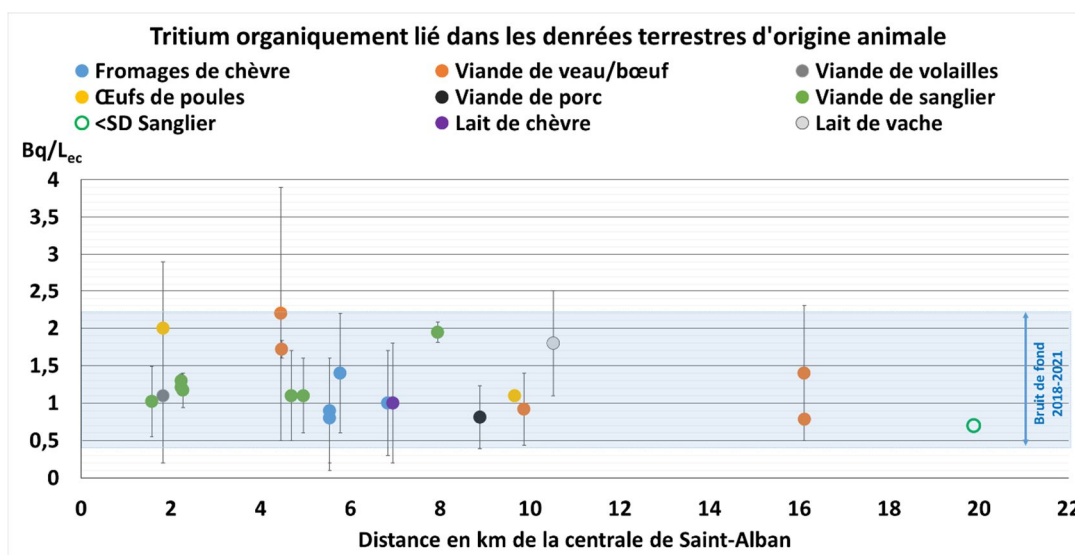


Figure 24. Évolution en fonction de la distance du lieu de prélèvement à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les différentes denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en tritium lié mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond pour les denrées terrestres d'origine animale sont présentées dans l'annexe 1.

En ce qui concerne les viandes d'animaux d'élevage :

- **Veau/Bœuf** : les activités mesurées sont comprises entre  $0,8 \pm 0,1$  à Monsteroux-Milieu (16 km ; Est) et  $2,2 \pm 1,7$  Bq/L<sub>ec</sub> au Péage-de-Roussillon (4,5 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont de  $0,15 \pm 0,01$  à  $0,34 \pm 0,3$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,2 Bq/kg frais.
- **Volailles** de Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de  $1,1 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de  $0,2 \pm 0,16$  Bq/kg frais.
- **Porc** de Pélussin (8,8 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de  $0,8 \pm 0,4$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité massique de  $0,2 \pm 0,1$  Bq/kg frais.

On retient que les activités en TOL mesurées dans les **viandes d'élevage** sont comprises entre 0,8 et  $2,2 \pm 1,7$  Bq/L<sub>ec</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,2 Bq/kg frais dans la viande de bœuf au Péage de Roussillon.

Les activités en TOL mesurées dans les **sangliers** sont comprises entre  $<0,7$  et  $2 \pm 0,1$  Bq/L<sub>ec</sub> à Sablons (8 km ; Sud), soit des activités massiques comprises entre  $<0,7$  et  $0,34 \pm 0,02$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée de 0,18 Bq/kg frais.

Les activités en TOL mesurées dans les **œufs** sont de  $1,1 \pm 0,1$  Bq/L<sub>ec</sub> à Tupin-et-Semons (10 km ; Nord) et  $2 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ec</sub> à Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest). Les activités massiques correspondantes sont de  $0,19 \pm 0,01$  et  $0,35 \pm 0,2$  Bq/kg frais respectivement et une activité maximale ajoutée de 0,2 Bq/kg frais.

Les activités en TOL mesurées dans les **fromages de chèvre** sont comprises entre  $0,8 \pm 0,7$  et  $1,4 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ec</sub>. Les activités massiques correspondantes sont comprises entre  $0,28 \pm 0,2$  et  $0,7 \pm 0,4$  Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,25 Bq/kg frais à Bessey (6 km ; Ouest).

En ce qui concerne le **lait** :

- Lait de chèvre de Chuyer (7 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de  $1 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité volumique de 0,09 Bq/L de lait.
- Lait de Vache de Brossainc (10 km ; Sud-Ouest) : l'activité mesurée est de  $1,8 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ec</sub>, soit une activité volumique de 0,18 Bq/L de lait pour une activité ajoutée de 0,1 Bq/L de lait.

Compte tenu de la texture du miel, il n'a pas été possible de mesurer le TOL.

La figure 25 présente les activités en tritium organiquement lié dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance et l'azimut par rapport à la centrale. Il apparaît que contrairement aux végétaux terrestres, il n'y a pas de tendance qui différencie les prélèvements effectués en fonction de l'azimut.

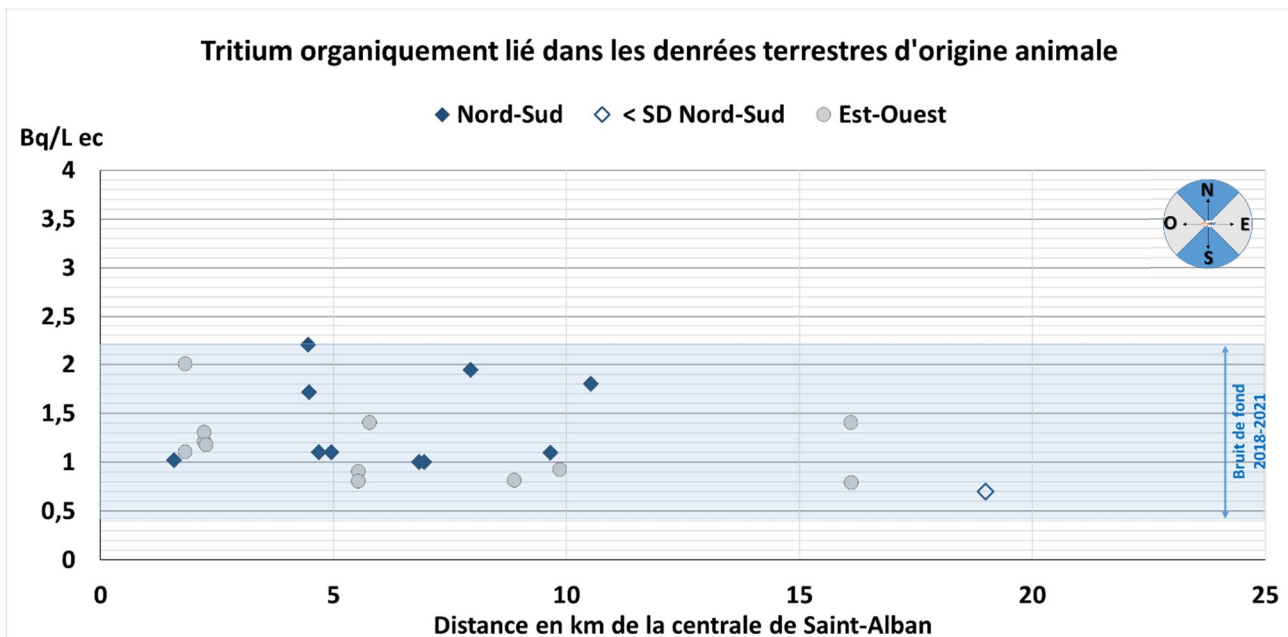


Figure 25. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban



Vaches de la ferme des Oves sur l'île de la Platière à Péage-de-Roussillon (@Dauphiné)

### TRITIUM LIBRE (HTO)

Les activités en tritium libre, dans les denrées terrestres d'origine animale, qui témoignent de l'activité en tritium dans les aliments ingérés avant les prélèvements, sont très majoritairement (88%) dans la gamme du bruit de fond attendu hors influence d'installation (figure 26) bien que majoritairement (64%) au-dessus de la valeur moyenne ( $\$3$ ). Elles sont comprises entre  $<0,7$  à  $2,4 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit de  $<0,5$  à  $1,8$  Bq/kg frais pour une activité maximale ajoutée de  $1,1$  Bq/kg frais dans les œufs.

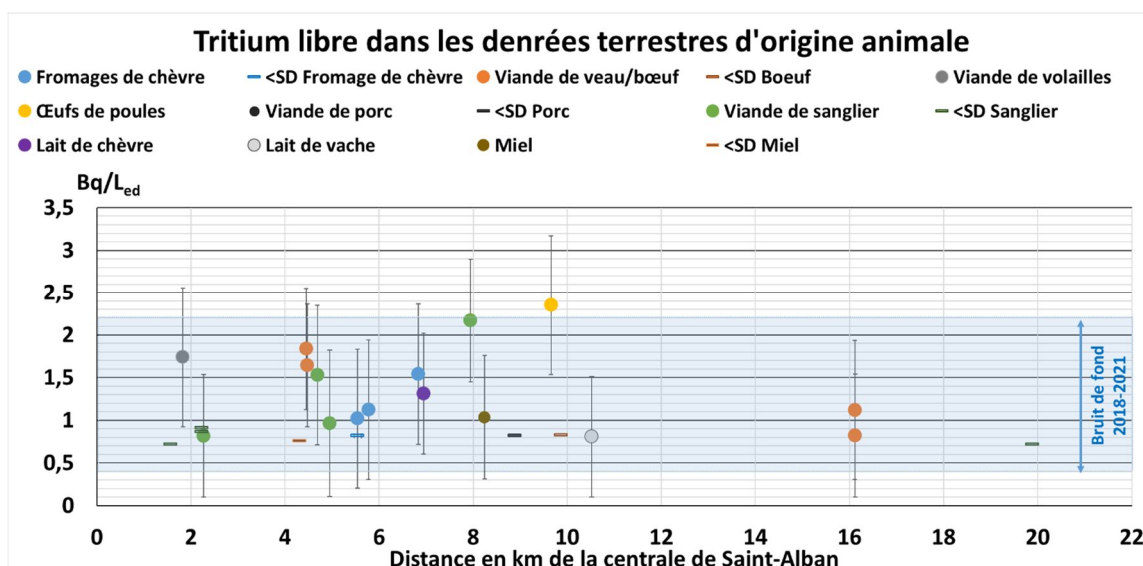


Figure 26. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les différentes denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en tritium libre mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond pour les denrées terrestres d'origine animale sont présentées dans l'annexe 2.

#### En ce qui concerne les viandes d'élevage :

- **Veau/Bœuf** : les activités mesurées sont comprises entre <0,8 à Pélussin (10 km ; Ouest) et  $1,8 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> au Péage-de-Roussillon (4,5 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont de <0,6 et  $1,4 \pm 0,5$  Bq/kg frais respectivement, pour une activité maximale ajoutée de 0,7 Bq/kg frais.
- **Volailles** de Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de  $1,7 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique de  $1,2 \pm 0,6$  Bq/kg frais, pour une activité ajoutée de 0,6 Bq/kg frais.
- **Porc** de Pélussin (8,8 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de <0,8 Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité massique <0,6 Bq/kg frais.

On retient que les activités en HTO mesurées dans les **viandes d'élevage** sont comprises entre <0,8 et  $1,8 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,7 Bq/kg frais dans la viande de bœuf au Péage de Roussillon.

Les activités en HTO mesurées dans les **sangliers** sont comprises entre <0,7 et  $2,2 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Sablons (8 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre <0,5 et  $1,6 \pm 0,5$  Bq/kg frais pour une activité maximale ajoutée de 0,9 Bq/kg frais.

Les activités en HTO mesurées dans les **œufs** sont de  $2 \pm 0,9$  Bq/L<sub>ed</sub> à Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest) et de  $2,4 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub> à Tupin-et-Semons (10 km ; Nord), soit des activités massiques de  $1,6 \pm 0,7$  et  $1,8 \pm 0,6$  Bq/kg frais respectivement pour une activité maximale ajoutée de 1,1 Bq/kg frais.

Les activités en HTO mesurées dans les **fromages de chèvre** sont comprises entre <0,8 et  $1,5 \pm 0,8$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit des activités massiques de <0,5 et  $1 \pm 0,5$  Bq/kg frais respectivement et une activité maximale ajoutée de 0,42 Bq/kg frais à Chuyer (7 km ; Nord-Ouest).

#### En ce qui concerne le lait :

- Lait de chèvre de Chuyer (7 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de  $1,3 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité volumique de  $1,3 \pm 0,7$  Bq/L pour une activité ajoutée de 0,5 Bq/L de lait.
- Lait de vache de Brossainc (10 km ; Sud-Ouest) : l'activité mesurée est de  $0,8 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub>, soit une activité volumique de 0,8 Bq/L de lait.

Les activités en HTO mesurées dans le **miel** sont <0,8 Bq/L<sub>ed</sub> à Saint-Pierre-de-Bœuf (4,3 km ; Sud) et de  $1 \pm 0,7$  Bq/L<sub>ed</sub> à Assieu (8 km ; Est). Les activités massiques correspondantes sont de <0,09 et  $0,12 \pm 0,09$  Bq/kg frais respectivement.

La figure 27 présente les activités en tritium libre dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale. Comme pour le TOL, il n'apparaît aucune tendance qui différencie les prélèvements effectués en fonction de l'axe Nord-Sud ou Est-Ouest.

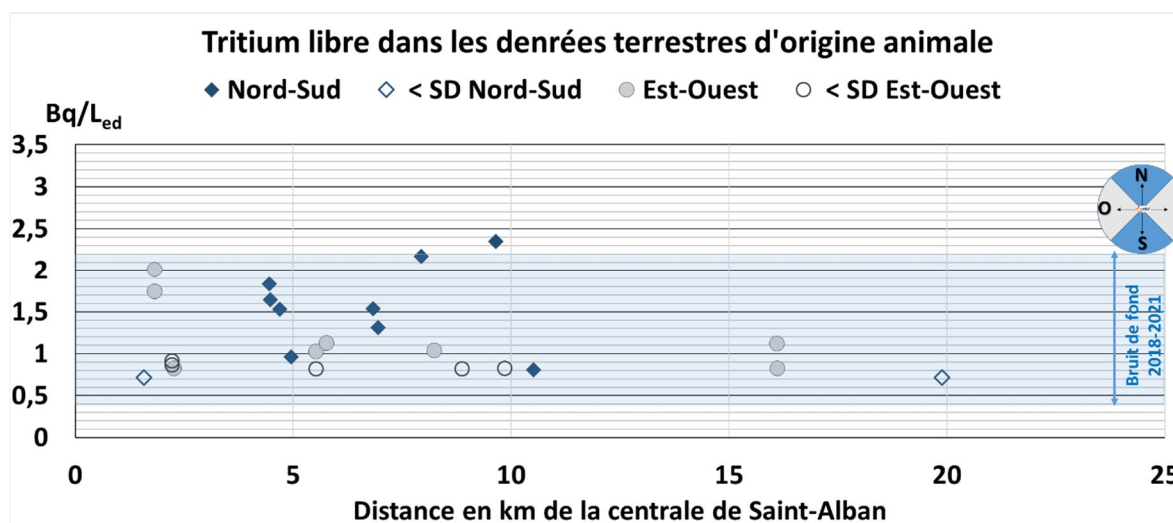


Figure 27. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

## Plateaux repas

Le tableau 4 présente les activités en tritium mesurées dans les aliments des plateaux repas. Ces activités sont très majoritairement dans la gamme du bruit de fond radiologique aussi bien à proximité qu'à distance de la centrale. Seule une activité du contenu solide d'un plateau de Pélussin est sensiblement supérieure à la gamme du bruit de fond.

Tableau 4. Tritium dans les plateaux repas

Tritium -Plateaux repas					Bruit de fond 2021
Commune	Date	Solide			
		Total (Bq/kg frais)	HTO en (Bq/L <sub>ed</sub> )	TOL en (Bq/L <sub>ec</sub> )	Total (Bq/L)
Pélussin	17/5/21	0,68 ± 0,23	<0,8	0,81 ± 0,06	<2,4
	18/5/21	0,79 ± 0,26	0,9±0,8	0,76 ± 0,05	
	20/5/21	1,66 ± 0,27	2,1±0,8	1,05 ± 0,07	
	21/5/21	0,96 ± 0,23	1,2±0,8	0,8 ± 0,06	
Saint-Alban-du-Rhône	20/5/21	0,94 ± 0,30	1,1±0,8	0,6 ± 0,04	<2,4
	21/5/21	0,77 ± 0,27	<0,9	0,74 ± 0,05	
	25/5/21	0,68 ± 0,23	<0,9	0,63 ± 0,04	
Saint-Maurice-l'Exil	27/5/21	0,73 ± 0,31	<0,8	0,68 ± 0,05	<2,3
	17/5/21	0,97 ± 0,30	1,1±0,8	0,81 ± 0,06	
	18/5/21	0,93 ± 0,33	1,1±0,9	0,7 ± 0,05	
	19/5/21	0,78 ± 0,34	<0,9	0,54 ± 0,05	
	20/5/21	1,05 ± 0,29	1,1±0,8	1,17 ± 0,08	
21/5/21	0,80 ± 0,33	<0,9	0,77 ± 0,07		



## 5.2 CARBONE 14

### Végétaux terrestres

Les activités en **carbone 14** mesurées dans les végétaux terrestres et denrées végétales terrestres sont très majoritairement (88%) dans la gamme des activités mesurées hors influence d'une installation nucléaire (Figure 28) bien que majoritairement (74%) au-dessus de la valeur moyenne (§3). Elles sont comprises entre **221,2 et 239,6 Bq/kg de carbone (4 à 92,2 Bq/kg frais)**. L'activité maximale ajoutée en carbone 14 dans les denrées végétales terrestres est de 2,6 Bq/kg frais dans les céréales. Dans les 2 premiers kilomètres, les activités en carbone 14 supérieures au bruit de fond témoignent de l'influence des rejets de la centrale.

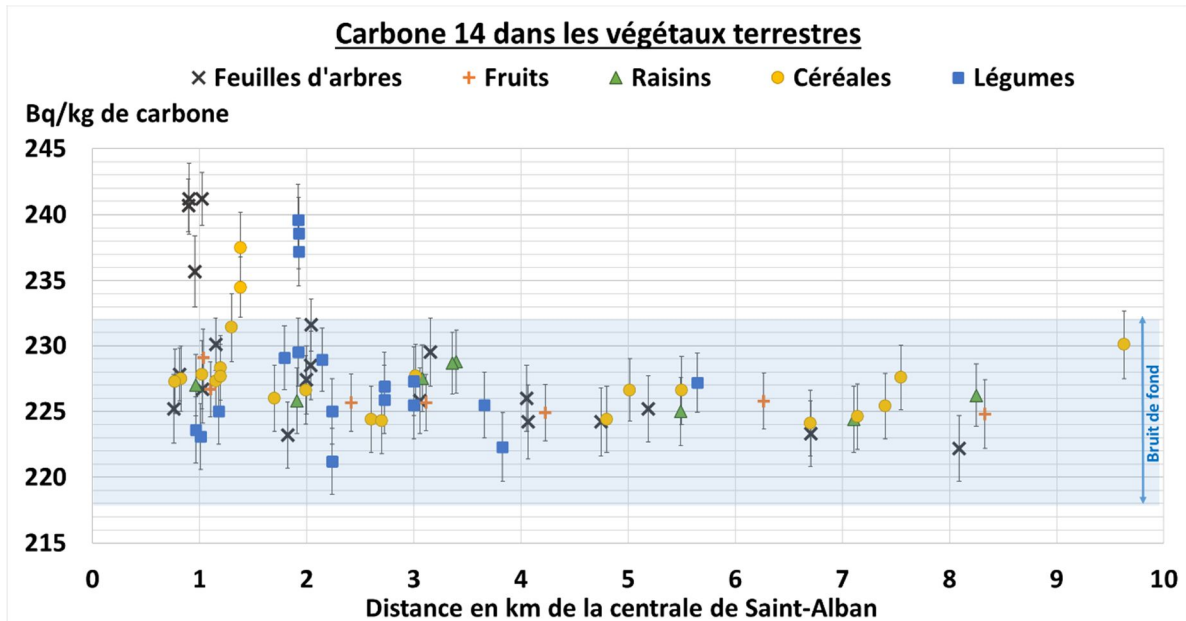


Figure 28. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en carbone 14 mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond dans les végétaux terrestres sont présentées dans l'annexe 3.

Ces résultats sont détaillés ci-dessous en indiquant pour chaque type de denrées les activités minimales et maximales en Bq/kg de C. De plus, les teneurs en carbone stable et en eau ayant été mesurées pour chaque prélèvement, les activités ont été converties de Bq/kg de C en Bq/kg frais. Bien que moins précises que les activités par unité de masse de carbone pour déceler l'influence très faible des rejets de la centrale, les activités massiques correspondantes exprimées en Bq/kg frais sont incontournables pour les calculs d'exposition des populations riveraines consommant des produits locaux [5], c'est pourquoi les activités minimales et maximales en Bq/kg frais sont également présentées ci-dessous. Les activités en Bq/kg frais varient donc d'une nature de prélèvement à l'autre en fonction du taux de carbone et de la quantité d'eau contenue dans l'échantillon. Si la teneur en carbone dans les prélèvements d'une même nature est assez stable, les teneurs en eau sont très variables, allant du simple au double, compte tenu des différentes pratiques de cultures et notamment d'arrosage. On constate que ce ne sont pas nécessairement les prélèvements présentant les activités en Bq/kg de C qui présentent les plus fortes activités en Bq/kg frais.

Sont également présentées ci-dessous les activités mesurées et maximales ajoutées en Bq/kg frais, c'est-à-dire après déduction du bruit de fond de l'année de prélèvement en Bq/kg de C puis conversion en Bq/kg frais.

En ce qui concerne les céréales :

- **Grains de blé** : les activités mesurées les moins élevées sont de  $224 \pm 3$  Bq/kg de C à Saint-Maurice l'Exil (3 km ; Sud), Clonas-sur-Varèze (2,6 km ; Est) et au Péage-de-Roussillon (5 km ; Sud). L'activité la plus élevée de  $231,4 \pm 2,6$  Bq/kg de C est mesurée à Saint-Alban-du-Rhône (1,3 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre  $88,1 \pm 1$  Bq/kg frais et  $92,2 \pm 1$  Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée d'environ 2,6 Bq/kg frais.

- **Grains de maïs** : les activités mesurées sont comprises entre 226,6±2,6 Bq/kg de C au Péage-de-Roussillon (5 km ; Sud) et Saint-Maurice l'Exil (2 km ; Sud) et 237,5±2,7 Bq/kg de C à Saint-Alban-du-Rhône (1,3 km ; Nord) ; les activités massiques correspondantes sont comprises entre 46,7±0,5 et 81,5±0,9 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 2,5 Bq/kg frais à Saint-Alban-du-Rhône (1,3 km ; Nord).  
Pour les deux prélèvements où les feuilles de maïs ont été prélevées en complément des grains, les activités en TOL sont très proches de celles des grains de la plante :
  - Saint-Alban-du-Rhône (1,4 km ; Nord) : 237,5±2,7 et 234,5±2,3 Bq/kg de C pour les grains et les feuilles respectivement.
  - Saint-Maurice l'Exil (1,2 km ; Sud) : 228,3±2,5 et 227,7±2,4 Bq/kg de C pour les grains et les feuilles respectivement.
- **Grains d'orge** : les activités mesurées sont comprises entre 224,6±2,5 Bq/kg de C à Pélussin (7 km ; Est) et 227,3±2,6 Bq/kg de C à Saint-Pierre de Bœuf (1,2 km ; Sud) soit entre 86,6±1 et 87,6±1 Bq/kg frais respectivement pour une activité maximale ajoutée de 0,9 Bq/kg frais.
- **Grains de méteil** de Pélussin (7 km ; Est) : l'activité mesurée est de 224,1±2,5 Bq/kg de C, soit une activité massique de 90,5±1 Bq/kg frais.

On retient que les activités en carbone 14 mesurées dans **les céréales** sont comprises entre 224,1±2,5 à 237,5±2,7 Bq/kg de C, pour une activité massique maximale ajoutée de 2,6 Bq/kg frais dans le blé.

En ce qui concerne les fruits :

- **Raisins** : les activités mesurées sont comprises entre 224,4±2,5 Bq/kg de C à Condrieu (7 km ; Nord) à 228,7±2,4 et 228,8±2,4 Bq/kg de C à Saint-Pierre de Bœuf (3 km ; Sud) et Chavanay (3,4 km ; Nord) respectivement ; soit des activités massiques comprises entre 17,7±0,2 et 24,6±0,3 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,4 Bq/kg frais à Chavanay (3,4 km ; Nord).
- **Pommes** : les activités mesurées sont comprises entre 224,9±2,1 Bq/kg de C à Clonas-sur-Varèze (4 km ; Est) et 229,1±2,2 Bq/kg de C à Chavanay (1 km ; Ouest) ; soit des activités massiques comprises entre 15,7±0,2 et 17,2±0,2 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,3 Bq/kg frais à Chavanay (1 km ; Ouest).
- **Abricot** de Salaise-sur-Sanne (8 km ; Sud-Est) : l'activité mesurée est de 224,8±2,6 Bq/kg de C, soit une activité massique de 11,5±0,1 Bq/kg frais.
- **Poires** de Mallevall (1,1 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de 226,7±2,1 Bq/kg de C, soit une activité massique de 12,5±0,1 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,1 Bq/kg frais.

On retient que les activités en carbone 14 dans **les fruits** sont comprises entre 224,4±2,5 à 229,1±2,2 Bq/kg de C, pour une activité maximale ajoutée de 0,4 Bq/kg frais dans le raisin.

En ce qui concerne les légumes :

- **Légumes feuilles (salades)** : les activités mesurées sont comprises entre 222,3±2,6 Bq/kg de C au Péage-de-Roussillon (3,8 km ; Sud) et 239,6±2,7 Bq/kg de C à Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord) . Les activités massiques correspondantes sont comprises entre 4±0,04 à 11,3±0,12 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,3 Bq/kg frais à Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord).
- **Légumes racines** :
  - **Navets** : les activités mesurées sont comprises entre 225±2,5 Bq/kg de C à Saint-Maurice-l'Exil (2,2 km ; Sud) et 238,6±2,7 Bq/kg de C à Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre 4,7±0,05 à 9,2±0,1 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée d'environ 0,5 Bq/kg frais à Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord).  
Pour les trois prélèvements de navets, les feuilles ont été prélevées et analysées, les activités mesurées en carbone 14 sont très proches de celle des grains :

*Tableau 5. Comparaison des activités en carbone 14 dans les navets et les feuilles de navets*

Carbone (Bq/kg de carbone)	Navets	Feuilles de navets
Saint-Alban-du-Rhône (1,9 km ; Nord)	238,6 ± 2,7	237,2 ± 2,6
Saint-Maurice-l'Exil (2,2 km ; Sud)	225,0 ± 2,5	221,2 ± 2,5
Saint-Pierre de Bœuf (3 km ; Sud)	225,5 ± 2,6	225,5 ± 2,6

- **Carotte** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $225,9 \pm 2,6$  Bq/kg de C, soit une activité massique de  $10,2 \pm 0,1$  Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,1 Bq/kg frais.
- **Pomme de terre** de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est) : l'activité mesurée est de  $226,9 \pm 2,6$  Bq/kg de C, soit une activité massique de  $18,5 \pm 0,2$  Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,24 Bq/kg frais.
- **Légumes fruits** (tomates de Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Est)) : l'activité mesurée est de  $223,6 \pm 2,5$  Bq/kg de C, soit une activité massique de  $5 \pm 0,1$  Bq/kg frais.

On retient que les activités en carbone 14 mesurées dans les **légumes** sont comprises entre  $222,3 \pm 2,6$  à  $239,6 \pm 2,7$  Bq/kg de C, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,5 Bq/kg frais dans les légumes racines.

Les activités en carbone 14 mesurées dans les **feuilles d'arbres (peupliers)** sont comprises entre  $222,2 \pm 2,5$  et  $241,2 \pm 2,7$  Bq/kg de C :

- **Début de croissance** (mai-juin 2019) prélevées à proximité du site (0,8 à 4 km) : les activités mesurées sont comprises entre  $224,2 \pm 2,8$  Bq/kg de C à Saint-Pierre-de-Bœuf (4 km ; Sud) et  $241,2 \pm 2$  Bq/kg de C à Saint-Maurice-l'Exil (1 km ; Sud).
- **Fin de croissance** (octobre 2019) prélevées entre 0,8 et 8 km de la centrale : les activités mesurées sont comprises entre  $222 \pm 2,5$  Bq/kg de C à Ville-sous-Anjou (8 km ; Est) et  $241,2 \pm 2,7$  Bq/kg de C à Saint-Alban-du-Rhône (1 km ; Nord).

La figure 29 présente les activités en carbone 14 mesurées dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance et l'azimut par rapport à la centrale. Comme pour le TOL, les activités les plus élevées sont mesurées dans l'axe Nord-Sud (vents dominants) entre 1 et 2 km de la centrale. Hors vent dominants (axe Est-Ouest), les activités sont toutes dans la gamme du bruit de fond.

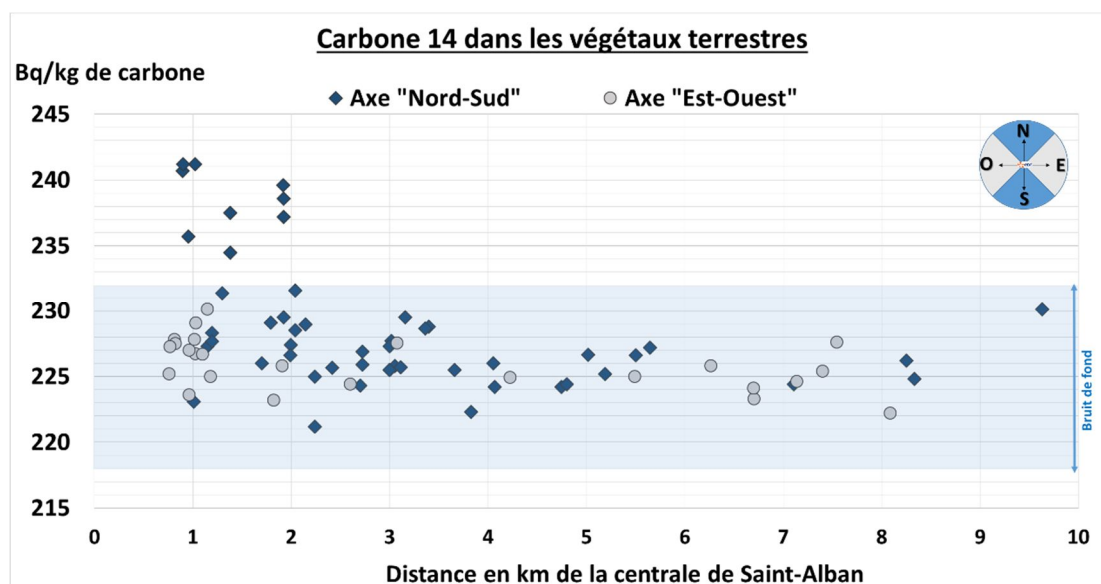


Figure 29. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban



Prélèvement de pommes dans l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban (©IRSN)

Les résultats en carbone 14 dans les végétaux terrestres permettent de définir une représentation détaillée de la zone d'influence des rejets atmosphériques de carbone 14 de la centrale (Figure 30).

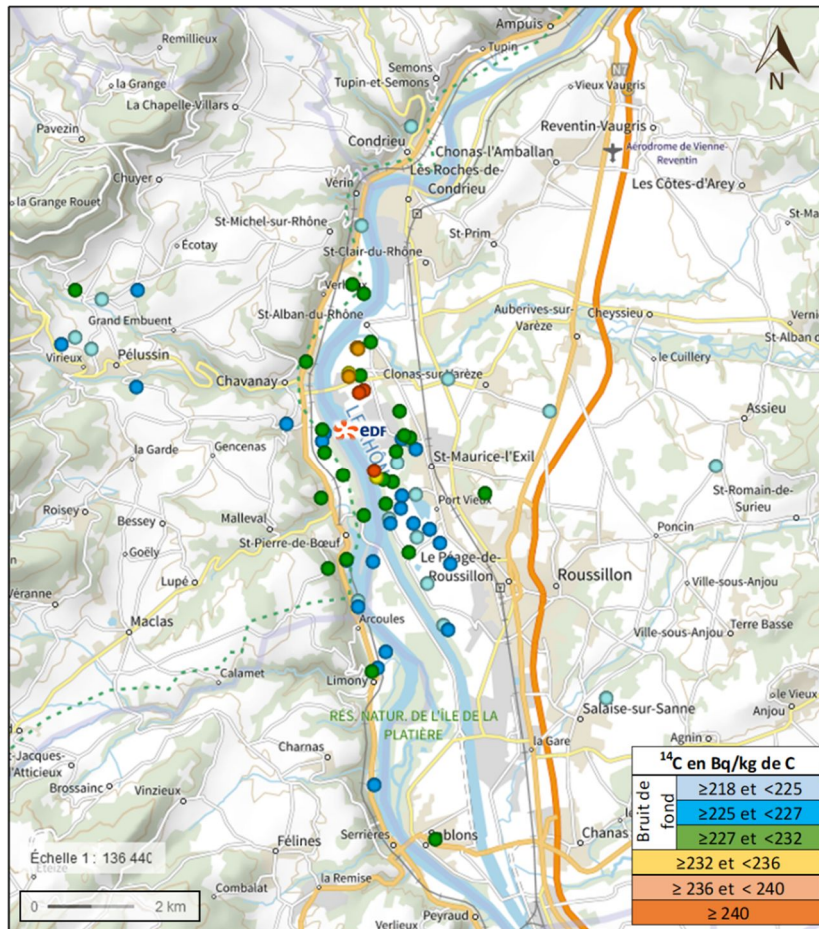


Figure 30. Représentation cartographique de la zone d'influence des rejets atmosphériques de carbone 14 de la centrale sur les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

## Denrées terrestres d'origine animale

La figure 31 présente les activités en carbone 14 dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance à la centrale Elles sont très majoritairement (96%) dans la gamme du bruit de fond attendu hors influence d'installation, mais également très majoritairement (96%) au-dessus de la valeur moyenne (96%). Les activités en carbone 14, dans les denrées terrestres d'origine animale, sont comprises entre 219,5±2,5 et 231,1±2,7 Bq/kg de C. L'activité maximale ajoutée est de 1,9 Bq/kg frais dans le fromage de chèvre.

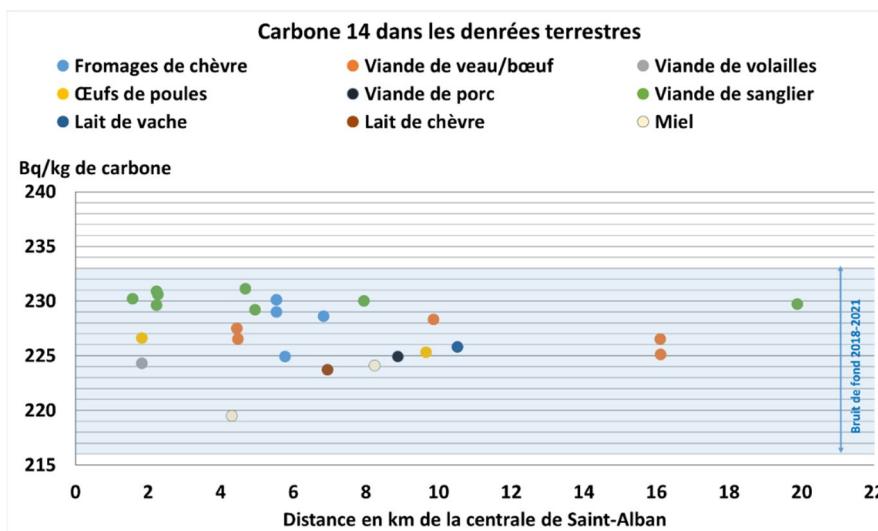


Figure 31. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

Les activités en carbone 14 mesurées et ajoutées par rapport au bruit de fond dans les denrées terrestres d'origine animale sont présentées dans l'annexe 3.

En ce qui concerne les viandes d'élevage :

- **Veau/Bœuf** : les activités mesurées sont comprises entre 225,1±2,6 à Monsteroux-Milieu (16 km ; Est) à 228,3±2,6 Bq/kg de C au Pélussin (10 km ; Ouest). Les activités massiques sont comprises entre 26,7±0,3 et 31,6±0,4 Bq/kg frais, pour une activité maximale ajoutée de 0,6 Bq/kg frais.
- **Volailles** de Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de 224,3±2,4 Bq/kg de C, soit une activité massique de 29,9±0,3 Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,04 Bq/kg frais.
- **Porc** de Pélussin (8,8 km ; Ouest) : l'activité mesurée est de 224,9±2,6 Bq/kg de C, soit une activité massique de 34,4±0,4 Bq/kg frais pour une activité ajoutée de 0,14 Bq/kg frais.

On retient que les activités en carbone 14 mesurées dans les **viandes d'élevage** sont comprises entre 224,3±2,4 et 228,3±2,6 Bq/kg de C, pour une activité massique maximale ajoutée de 0,6 Bq/kg frais dans la viande de bœuf de Pélussin.

Les activités en carbone 14 mesurées dans les **œufs** sont de 225,3±2,6 Bq/kg de C à Tupin-et-Semons (10 km ; Nord) et de 226,6±2,4 Bq/kg de C à Chavanay (1,8 km ; Nord-Ouest). Les activités massiques correspondantes sont de 28,4±0,3 et 29,5±0,3 Bq/kg frais respectivement et une activité maximale ajoutée de 0,34 Bq/kg frais à Chavanay.

Les activités en carbone 14 mesurées dans les **fromages de chèvre** sont de 224,9±2,6 à Bessey (6 km ; Ouest), soit une activité massique de 83,4±1 Bq/kg frais ; de 228,6±2,4 à Chuyer (7 km ; Nord-Ouest), soit 46,4±0,5 Bq/kg frais ; et de 229±2,8 et 230,1±2,6 Bq/kg de C à Pélussin (5,5 km Ouest), soit des activités massiques de 54,6±0,7 et 73,2±0,8 Bq/kg frais respectivement. L'activité massique maximale ajoutée est de 1,94 Bq/kg frais à Pélussin.

En ce qui concerne le **lait** :

- Lait de chèvre de Chuyer (7 km ; Nord-Ouest) : l'activité mesurée est de 223,7±2,6 Bq/kg de C, soit une activité volumique de 14,2±0,2 Bq/L pour une activité ajoutée de 0,04 Bq/L.
- Lait de vache de Brossainc (10 km ; Sud-Ouest) : l'activité mesurée est de 225,8±2,6 Bq/kg de C, soit une activité volumique de 15,9±0,2 Bq/L pour une activité ajoutée de 0,2 Bq/L.

Les activités en carbone 14 mesurées dans le **miel** sont de 219,5±2,5 Bq/kg de C à Saint-Pierre-de-Bœuf (4,3 km ; Sud) et de 224,1±2,5 Bq/kg de C à Assieu (8 km ; Est), soit des activités massiques de 73,6±0,8 et 73,8±0,8 Bq/kg frais respectivement.

Les activités en carbone 14 mesurées dans les **sangliers** sont comprises entre  $229,2 \pm 2,6$  à Saint-Prim (5 km ; Nord) et  $231,1 \pm 2,7$  Bq/ kg de C à Limony (5 km ; Sud). Les activités massiques correspondantes sont comprises entre  $21,9 \pm 0,3$  et  $34,2 \pm 0,4$  Bq/kg frais pour une activité maximale ajoutée de 1 Bq/kg frais à Limony (5 km ; Sud).

La figure 32 présente les activités en carbone 14 mesurées dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale. Comme pour le TOL, il n'apparaît aucune tendance qui différencie les prélèvements effectués en fonction de l'axe Nord-Sud ou Est-Ouest.

Contrairement aux végétaux terrestres, il n'y a pas de différenciation liée à l'axe de vents dominants ni de distance au site. Ceci est cohérent avec le mode de vie et d'affouragement : les sangliers couvrent un large territoire et se nourrissent dans les milieux qui contiennent de la matière organique ancienne ; certains bétails élevés à distance du site hors influence des rejets sont nourris avec du fourrage cultivé en plaine à proximité de la centrale.

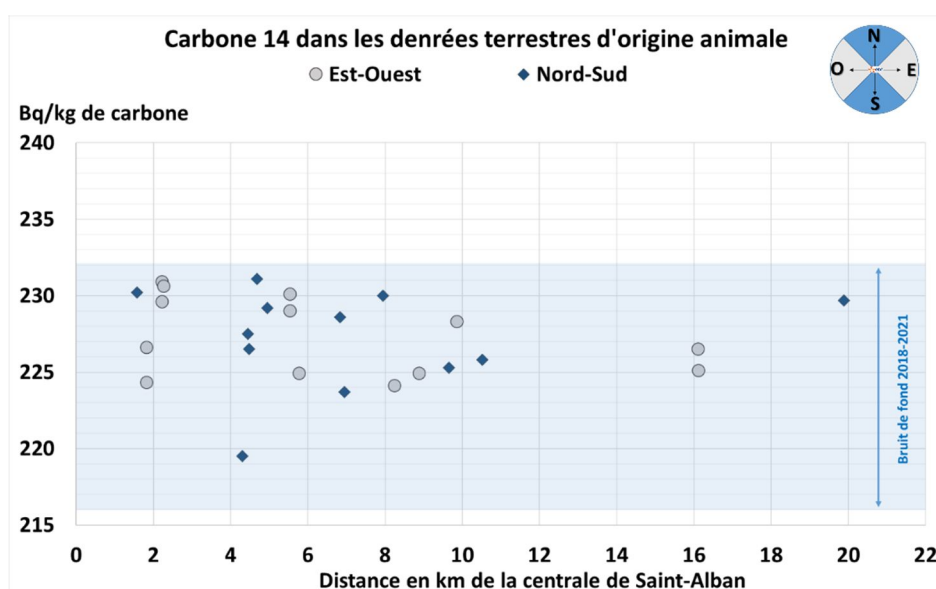


Figure 32. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban

## Plateaux repas

Le tableau 5 présente les activités mesurées en carbone 14 des contenus solides des plateaux repas. Tous les résultats sont dans la gamme du bruit de fond.

Tableau 6. Carbone 14 dans la ration solide des plateaux repas

Carbone 14 -Plateaux repas				Bruit de fond 2021
Commune	Date	Solide		
		Bq/kg frais	Bq/kg de carbone	
Pélussin	17/5/21	$41,8 \pm 0,5$	$223,7 \pm 2,5$	216 à 230 Bq/kg de carbone
	18/5/21	$32,3 \pm 0,4$	$226,2 \pm 2,5$	
	20/5/21	$32,7 \pm 0,4$	$225,9 \pm 2,6$	
	21/5/21	$47,5 \pm 0,5$	$226,2 \pm 2,5$	
Saint-Alban-du-Rhône	20/5/21	$26,2 \pm 0,3$	$221,5 \pm 2,5$	
	21/5/21	$49,1 \pm 0,6$	$222,6 \pm 2,5$	
	25/5/21	$29,8 \pm 0,3$	$223,9 \pm 2,5$	
	27/5/21	$26 \pm 0,3$	$226,0 \pm 2,5$	
Saint-Maurice-l'Exil	17/5/21	$25,2 \pm 0,3$	$223,7 \pm 2,5$	
	18/5/21	$36,6 \pm 0,4$	$223,1 \pm 2,5$	
	19/5/21	$31,3 \pm 0,4$	$223,1 \pm 2,5$	
	20/5/21	$27,2 \pm 0,3$	$225,0 \pm 2,5$	
	21/5/21	$27,7 \pm 0,3$	$220,7 \pm 2,5$	

## 5.3 AUTRES RADIONUCLÉIDES

### Végétaux terrestres

En complément des analyses de tritium et de carbone 14, 8 prélèvements de végétaux ont été envoyés pour être analysés pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma. Le choix des végétaux a été orienté en fonction des activités en tritium et carbone 14 précédemment mesurés. Traduisant l'influence des rejets, les prélèvements présentant les activités en tritium et carbone 14 les plus élevées ont été privilégiés (si le reste de matière après traitement était suffisant). Des prélèvements situés hors influence (Pélussin) ont également été sélectionnés. Le **césium 137** est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié au-dessus des seuils de décision par spectrométrie gamma (**entre <0,03 et 0,08 Bq/kg frais**). Elles sont dans la gamme des activités mesurées en France hors influence d'installation nucléaire liées aux retombées anciennes.

Le césium 137 est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans les denrées végétales terrestres. Les activités de ce radionucléide sont dans la gamme du bruit de fond radiologique de l'environnement. L'activité potentiellement ajoutée par les rejets de la centrale n'est pas quantifiable.

### Denrées terrestres d'origine animale

Parmi les 27 prélèvements de denrées terrestres d'origine animale, 14 ont été mesurés par spectrométrie gamma : 7 viandes de sanglier, 4 de bœuf, 1 de volaille, 1 de porc et 1 de fromage de chèvre. Le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié est le césium 137, les activités (de 0,02 à 0,06 Bq/kg frais dans les animaux d'élevage et le fromage, et de 0,04 à 1,2 Bq/kg frais dans les gibiers) sont, comme attendu étant données les activités mesurées dans les végétaux, de l'ordre du bruit de fond.

Les résultats des mesures réalisées sur les prélèvements de sangliers ne présentent pas de valeurs anormalement élevées et se situent dans la gamme de celles mesurées en France hors influence des rejets d'une installation nucléaire. Les activités en césium 137 dans les sangliers sont de l'ordre du bruit de fond métropolitain hors zone de rémanence [26]. Les activités en césium 137 varient entre 0,04 et 1,2 Bq/kg frais, alors qu'elles peuvent encore atteindre plus de 900 Bq/kg frais dans certaines zones de rémanence.

Le césium 137 est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans les denrées animales terrestres. Les activités de ce radionucléide sont dans la gamme du bruit de fond radiologique de l'environnement. L'activité potentiellement ajoutée par les rejets de la centrale n'est pas quantifiable.

### Plateaux repas

Le tableau 7 présente les activités des radionucléides mesurés par spectrométrie gamma sur les rations alimentaires solides et les activités Beta et Alpha global sur l'eau. Il apparaît qu'aucun radionucléide d'origine artificielle n'a été quantifié par spectrométrie gamma sur les rations alimentaires solides. Les résultats Beta global et Alpha global sur l'eau sont également inférieurs aux seuils de décisions excepté pour Saint-Maurice où l'activité est comparable au bruit de fond.

Tableau 7. Autres radionucléides recherchés dans les plateaux repas

Plateaux repas						
Commune	Date	Solide (Bq/kg frais)			Liquide -Eau (Bq/L)	
		Cs-134	Cs-137	I-131	Bêta global	Alpha global
Pélussin	17/5/21	<0,09	<0,09	<7	<0,05	<0,0042
	18/5/21	<0,04	<0,042	<5		
	20/5/21	<0,08	<0,08	<10		
	21/5/21	<0,11	<0,11	<16		
Saint-Alban-du-Rhône	20/5/21	<0,08	<0,08	<4,2	<0,06	<0,008
	21/5/21	<0,06	<0,07	<3		
	25/5/21	<0,11	<0,11	<3,5		
	27/5/21	<0,1	<0,11	<11		
Saint-Maurice-l'Exil	17/5/21	<0,8	<0,8	<60	<0,043	0,009±0,006
	18/5/21	<0,36	<0,36	<19		
	19/5/21	<0,8	<0,8	<44		
	20/5/21	<0,5	<0,6	<60		
	21/5/21	<0,7	<0,7	<43		

# APPORTS DES DONNEES RECUEILLIES DANS LE MILIEU TERRESTRE

L'IRSN a pu bénéficier d'un soutien local très important (élus, exploitants agricoles, riverains, fédérations de chasse) pour mener à bien cette étude concernant l'influence des rejets atmosphériques de la centrale de Saint-Alban sur les végétaux et denrées terrestres et de ce fait atteindre les objectifs fixés. Les résultats obtenus permettent de calculer une contribution des rejets pour le tritium et le carbone 14 et de bénéficier d'une cartographie précise de la zone d'influence de manière à estimer de manière réaliste l'exposition des populations riveraines de la centrale [5].

Il apparaît que les résultats acquis dans le cadre de cette étude sont cohérents avec les activités attendues dans l'environnement d'une centrale nucléaire et avec les activités mesurées dans le cadre de la surveillance régulière et de routine réalisées par l'exploitant et l'IRSN.

L'influence perceptible des rejets de la centrale n'a pu être mise en évidence que grâce à l'utilisation de moyens technologiques et métrologiques habituellement employés dans le cadre d'études de recherche et d'expertise pour mesurer des niveaux de radioactivité dans l'environnement à l'état de traces hors influence de rejets d'industrie du nucléaire.

Toutes les activités, en tritium et carbone 14, qui sont au-dessus de la moyenne du bruit de fond peuvent témoigner de l'influence des rejets de la centrale, néanmoins seules celles qui sont au-dessus de la gamme du bruit de fond permettent de l'affirmer.

Les activités en tritium et en carbone 14 dans les végétaux et les denrées végétales terrestres sont majoritairement (77%) dans la gamme des activités mesurées hors influence d'une installation nucléaire. Sur les 101 prélèvements effectués dans l'environnement terrestre de la centrale de Saint-Alban, une majorité (70%) ont été effectués à une distance inférieure à 5 km de la centrale, et une très grande majorité (96 %) à une distance inférieure à 10 km et majoritairement sous les vents dominants de l'installation (à plus de 60% toutes distances confondues). De ce fait, les activités en tritium et en carbone 14 dans les végétaux et les denrées végétales terrestres sont également majoritairement au-dessus (80%) de la valeur moyenne du bruit de fond. Ces résultats sont tout à fait cohérents avec les connaissances issues de la surveillance et de l'étude globale de CNPE publiée dans le Bilan radiologique de l'environnement Français qui montre que l'influence des rejets atmosphériques de ces installations diminue rapidement avec la distance et au-delà de 10 à 15 km les activités sont dans la gamme du bruit de fond radiologique (§2.3).

La densification des prélèvements autour de la centrale a également permis de mettre en évidence l'importance de l'azimut du lieu de prélèvement, par rapport au point de rejets atmosphériques de la centrale, qui est à l'origine des fortes variabilités observées à proximité de la centrale dans le cadre de l'étude des données de la surveillance.

Le césium 137 est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans l'environnement terrestre de la centrale, ses activités sont comparables aux activités du bruit de fond radiologique estimée sur la base des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires réalisés dans l'hémisphère nord jusqu'au début des années 1980 et des retombées de l'accident de Tchernobyl (1986). Aucune contribution des rejets de la centrale n'a pu être mise en évidence et donc estimée.

L'ensemble des résultats permet de définir une représentation détaillée de la zone d'influence des rejets atmosphérique de la centrale de Saint-Alban. Cette zone est concordante avec les zones d'influence modélisées à l'aide des codes de calculs de l'IRSN et celles réalisées à l'aide des activités en tritium dans la vapeur d'eau de l'air [2].

Les résultats permettent également de compléter et de conforter les connaissances scientifiques, théoriques et expérimentales, des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement, et des niveaux attendus hors influence (bruit de fond) ainsi que la variabilité des activités mesurées en fonction des différentes variétés de végétaux, d'espèces animales et de denrées alimentaires.

Par exemple, les résultats en tritium dans les végétaux terrestres, associées aux mesures de tritium dans la vapeur d'eau de l'air [2], permettent de compléter les connaissances sur les mécanismes de transfert de ce radionucléide. La figure 33 illustre la comparaison des résultats acquis dans le cadre des études du tritium dans la vapeur d'eau de l'air (HTO) et dans les feuilles d'arbres (TOL). Pour chaque prélèvement de feuilles d'arbres, un dispositif de prélèvement de la vapeur d'eau de l'air a été disposé durant sa croissance. Cette comparaison montre que les moyennes des activités en tritium de la vapeur d'eau de l'air et les activités en tritium organiquement lié dans les feuilles d'arbres suivent la même tendance.



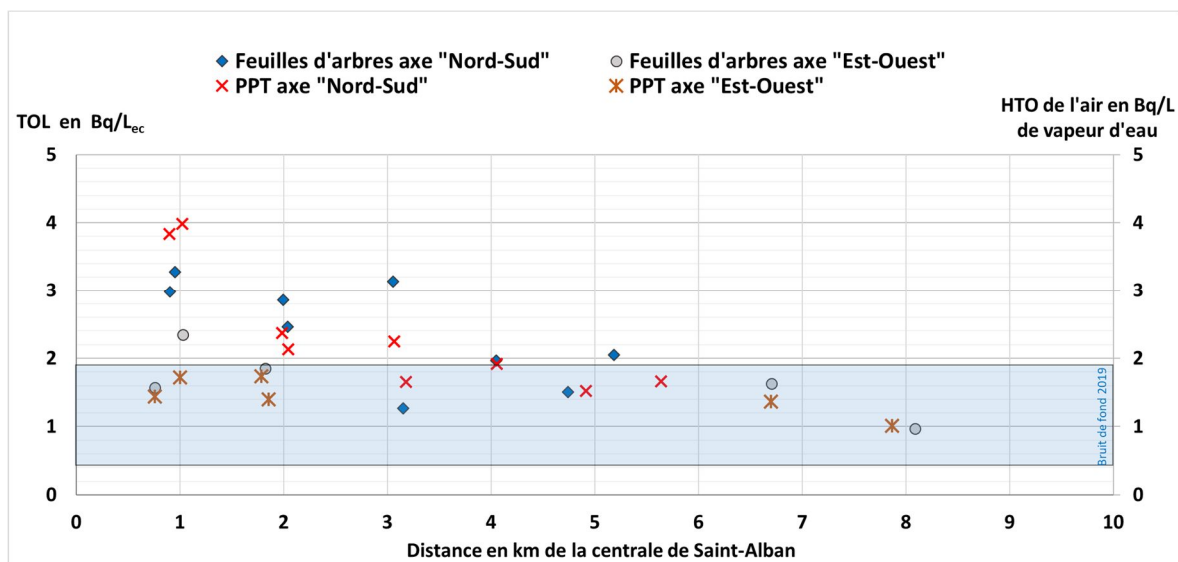


Figure 33. Comparaison entre les activités en tritium libre (HTO) de la vapeur d'eau de l'air (PPT) et en tritium organiquement lié (TOL) dans les feuilles d'arbres prélevées à proximité et à distance de la centrale de nucléaire de Saint-Alban en 2019

Il apparaît également que les feuilles d'arbres (à feuilles caduques), en plus d'être présentes sur l'ensemble du territoire autour de la centrale, simples à prélever, sont un très bon bioindicateur pour la surveillance environnementale. Les activités en tritium et en carbone 14 mesurées dans les feuilles d'arbre permettent de mettre en évidence l'influence des rejets atmosphériques d'une centrale tout en étant représentatives des activités en tritium et en carbone 14 dans les denrées végétales terrestres produites localement.

Tous les résultats des prélèvements effectués sur les plateaux repas des cantines scolaires de communes riveraines qui privilégient les aliments issus de productions locales et de saisons sont dans la gamme du bruit de fond, aucune influence des rejets de la centrale n'a été mise en évidence.

Enfin, tous les résultats de cette étude, associés aux informations recueillies lors des enquêtes menées auprès des riverains qui ont permis d'acquérir des informations sur le mode de vie des habitants [4], contribuent à une évaluation réaliste de l'exposition des riverains [5].

L'ensemble des résultats est consultable et téléchargeable sur le site de l'Institut [39] à l'aide de l'outil de mise à disposition spécialement développé par l'IRSN pour cette étude en collaboration avec les acteurs locaux.

# ANNEXES

## ANNEXE 1 ACTIVITÉS EN TRITIUM ORGANIQUEMENT LIÉ MESURÉES ET AJOUTÉES PAR RAPPORT AU BRUIT DE FOND

Famille d'aliments	Espèce	date de prélèvement	Commune	Distance à la centrale en km	Tritium organiquement lié (TOL)				
					Bq/L <sub>cc</sub>	Bq/kg frais ou Bq/L	Bdf* en Bq/L	Bdf* en Bq/kg frais ou Bq/L	Activité ajoutée en Bq/kg frais ou Bq/L
Animaux d'élevage	Viande de Bœuf ou veau	09/09/20	42168-Pélussin	9,9	0,92 ± 0,48	0,16 ± 0,08	0,9	0,16	0,00
		03/12/20	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	2,2 ± 1,7	0,34 ± 0,26	0,9	0,14	0,20
		14/01/21	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	1,72 ± 0,12	0,28 ± 0,02	0,8	0,13	0,15
		12/01/21	38244-Monstereux-Milieu	16,1	1,4 ± 0,90	0,22 ± 0,14	0,8	0,13	0,10
		22/01/21	38244-Monstereux-Milieu	16,1	0,79 ± 0,06	0,15 ± 0,01	0,8	0,16	0,00
	Viande de volailles	09/09/20	42056-Chavanay	1,8	1,1 ± 0,9	0,20 ± 0,16	0,9	0,16	0,04
		09/09/20	42056-Chavanay	1,8	2 ± 0,9	0,35 ± 0,16	0,9	0,16	0,19
		09/12/20	69253-Tupin-et-Semons	9,7	1,1 ± 0,08	0,19 ± 0,01	0,9	0,15	0,03
	Viande de porc	05/11/20	42168-Pélussin	8,9	0,81 ± 0,42	0,17 ± 0,09	0,9	0,19	0,00
Gibier	Sangliers	23/12/18	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	1,21 ± 0,09	0,25 ± 0,02	1,0	0,21	0,04
		23/12/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	1,30 ± 0,09	0,24 ± 0,02	0,9	0,17	0,07
		26/01/20	38448-Saint-Prim	5,0	1,1 ± 0,50	0,21 ± 0,09	0,9	0,17	0,04
		07/11/20	07010-Annonay	19,9	<0,7	<0,12	0,9	0,15	0,00
		12/11/20	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,6	1,02 ± 0,47	0,18 ± 0,08	0,9	0,16	0,02
		21/11/20	42056-Chavanay	2,3	1,17 ± 0,23	0,15 ± 0,03	0,9	0,12	0,04
		12/12/20	38349-Sablons	7,9	1,95 ± 0,14	0,34 ± 0,02	0,9	0,16	0,18
		19/12/20	07143-Limony	4,7	1,1 ± 0,60	0,20 ± 0,11	0,9	0,16	0,04
		Céréales	Blé	15/07/19	38114-Clonas-sur-Varèze	2,6	1,35 ± 0,11	0,77 ± 0,06	0,9
16/07/19	07143-Limony			5,5	2,31 ± 0,65	1,24 ± 0,35	0,9	0,48	0,76
05/07/19	42056-Chavanay			1,0	1,49 ± 0,12	0,84 ± 0,07	0,9	0,51	0,33
11/07/19	38298-Le Péage-de-Roussillon			4,8	1,93 ± 0,63	1,11 ± 0,36	0,9	0,52	0,59
13/07/19	42168-Pélussin			7,4	1,92 ± 0,64	1,07 ± 0,35	0,9	0,50	0,57
01/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône			1,3	2,99 ± 0,66	1,78 ± 0,40	0,9	0,54	1,24
11/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil			2,7	1,49 ± 0,62	0,88 ± 0,37	0,9	0,53	0,35
30/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil			1,7	1,67 ± 0,14	0,90 ± 0,37	0,9	0,49	0,42
Maïs	17/09/19			42168-Pélussin	7,5	1,11 ± 0,70	0,33 ± 0,21	0,9	0,27
	16/09/19		38349-Sablons	9,6	1,69 ± 0,68	0,65 ± 0,26	0,9	0,35	0,30
	06/08/19		38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	2,57 ± 0,73	0,75 ± 0,21	0,9	0,26	0,49
	17/09/19		38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	1,29 ± 0,71	0,71 ± 0,39	0,9	0,50	0,21
	17/09/19		38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	1,96 ± 0,65	0,87 ± 0,29	0,9	0,40	0,47
	17/09/19		38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	2,23 ± 0,66	0,84 ± 0,25	0,9	0,34	0,50
	17/09/19		38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,0	1,76 ± 0,64	0,65 ± 0,24	0,9	0,33	0,32
	17/09/19		38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,0	1,65 ± 0,70	0,73 ± 0,31	0,9	0,40	0,33
	17/09/19		38298-Le Péage-de-Roussillon	5,0	1,93 ± 0,65	0,97 ± 0,33	0,9	0,45	0,52
Méteil	23/07/19		42168-Pélussin	6,7	1,45 ± 0,62	0,82 ± 0,35	0,9	0,51	0,31
Orge	08/07/19		42168-Pélussin	7,1	1,35 ± 0,11	0,75 ± 0,06	0,9	0,50	0,25
	05/07/19		42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	1,2	2,47 ± 0,64	1,36 ± 0,35	0,9	0,49	0,86
	06/08/19		38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	2,59 ± 0,73	0,42 ± 0,12	0,9	0,14	0,27
	17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	1,90 ± 0,65	0,36 ± 0,12	0,9	0,17	0,19	
	17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	1,90 ± 0,65	0,36 ± 0,12	0,9	0,17	0,19	
Fruits	Abricots	15/07/19	38468-Salaise-sur-Sanne	8,3	0,88 ± 0,66	0,07 ± 0,05	0,9	0,07	0,00
		23/08/19	42132-Mallevall	1,1	1,88 ± 0,62	0,16 ± 0,05	0,9	0,07	0,08
	Pommes	02/10/19	42056-Chavanay	1,0	1,90 ± 0,63	0,19 ± 0,06	0,9	0,09	0,10
		03/10/19	38114-Clonas-sur-Varèze	4,2	1,37 ± 0,62	0,15 ± 0,07	0,9	0,10	0,05
		03/10/19	42168-Pélussin	6,3	0,77 ± 0,76	0,08 ± 0,08	0,9	0,09	0,00
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	1,34 ± 0,62	0,15 ± 0,07	0,9	0,10	0,05
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,4	1,30 ± 0,62	0,13 ± 0,06	0,9	0,09	0,04
	Raisins	06/09/19	42056-Chavanay	3,4	1,55 ± 0,71	0,23 ± 0,11	0,9	0,14	0,10
		05/09/19	42056-Chavanay	1,9	0,75 ± 0,66	0,10 ± 0,09	0,9	0,13	0,00
		05/09/19	69064-Condrieu	7,1	0,84 ± 0,66	0,13 ± 0,10	0,9	0,14	0,00
		05/09/19	42168-Pélussin	5,5	1,31 ± 0,67	0,19 ± 0,10	0,9	0,13	0,06
		06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	0,88 ± 0,70	0,11 ± 0,08	0,9	0,11	0,00
		06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	1,28 ± 0,70	0,20 ± 0,11	0,9	0,14	0,06
		06/09/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,4	1,37 ± 0,71	0,19 ± 0,10	0,9	0,12	0,06
		06/09/19	7313-Serrières	8,3	1,42 ± 0,70	0,19 ± 0,10	0,9	0,12	0,07
Légumes racines	Navets	16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	2,57 ± 1,87	0,14 ± 0,10	0,9	0,05	0,09
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	2,12 ± 0,57	0,08 ± 0,02	0,9	0,04	0,05
		16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	1,95 ± 1,29	0,06 ± 0,04	0,9	0,03	0,03
	Carottes	03/02/21	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	1,4 ± 0,70	0,09 ± 0,05	0,8	0,05	0,04
Pommes de Terre	15/08/20	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	2 ± 0,70	0,23 ± 0,08	0,9	0,10	0,13	
Légumes feuilles	Salades	23/08/19	42056-Chavanay	2,1	1,84 ± 0,73	0,12 ± 0,05	0,9	0,06	0,06
		16/10/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	3,8	1,18 ± 0,80	0,05 ± 0,04	0,9	0,04	0,01
		02/10/19	7143-Limony	5,6	1,39 ± 0,62	0,07 ± 0,03	0,9	0,04	0,02
		16/10/19	-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	2,23 ± 0,71	0,06 ± 0,02	0,9	0,02	0,04
		05/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	2,14 ± 0,92	0,06 ± 0,02	0,9	0,02	0,03
		02/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,8	2,51 ± 1,19	0,06 ± 0,03	0,9	0,02	0,04
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,7	2,33 ± 1,24	0,06 ± 0,03	0,9	0,02	0,04
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	1,84 ± 0,77	0,09 ± 0,04	0,9	0,04	0,04
		02/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	2,27 ± 0,20	0,07 ± 0,01	0,9	0,03	0,04
		16/10/19	-Saint-Pierre de Bœuf	3,0	1,63 ± 0,77	0,05 ± 0,03	0,9	0,03	0,02
	Fanes de navets	16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	2,75 ± 1,28	0,08 ± 0,04	0,9	0,03	0,06
		16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	2,29 ± 0,86	0,1 ± 0,04	0,9	0,04	0,06
		16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	2,25 ± 0,55	0,11 ± 0,03	0,9	0,04	0,07
		07/08/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	1,23 ± 0,1	0,04 ± 0,01	0,9	0,03	0,01
Légumes fruits	Tomates	07/08/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	1,23 ± 0,1	0,04 ± 0,01	0,9	0,03	0,01
	Produits alimentaires autres	Miel	08/12/20	38017-Assieu	8,2	n.m	-	0,9	0,49
		09/12/20	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,3	n.m	-	0,9	0,49	
Produits laitiers Fromage	Fromages de chèvre	09/09/20	42064-Chuyer	6,8	1 ± 0,7	0,28 ± 0,2	0,9	0,25	0,03
		05/11/20	42168-Pélussin	5,5	0,9 ± 0,7	0,40 ± 0,31	0,9	0,40	0,00
		05/11/20	42168-Pélussin	5,5	0,8 ± 0,7	0,6 ± 0,23	0,9	0,29	0,00
		09/12/20	42018-Bessey	5,8	1,4 ± 0,8	0,70 ± 0,40	0,9	0,45	0,25
Produits laitiers Lait	Lait de chèvre	02/03/21	42064-Chuyer	6,9	1 ± 0,8	0,09 ± 0,07	0,8	0,07	0,02
	Lait de vache	02/03/21	07044-Brossainc	10,5	1,8 ± 0,7	0,18 ± 0,07	0,8	0,08	0,10
Feuilles d'arbres début de croissance	Peuplier	10/05/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,82	1,6 ± 0,6	0,31 ± 0,12	0,90	0,18	0,14
		04/06/19	42056-Chavanay	1,15	2,3 ± 0,6	0,43 ± 0,11	0,90	0,17	0,26
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	2,04	1,5 ± 0,6	0,28 ± 0,11	0,90	0,17	0,11
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	0,90	3,6 ± 0,7	0,71 ± 0,14	0,90	0,18	0,53
		04/06/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,02	4 ± 0,7	0,82 ± 0,14	0,90	0,18	0,63
		04/06/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,06	3,07 ± 0,26	0,51 ± 0,04	0,90	0,15	0,36
Feuilles d'arbres fin de croissance	Peuplier	24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,76	1,57 ± 0,66	0,32 ± 0,14	0,90	0,18	0,14
		24/10/19	42056-Chavanay	1,03	2,35 ± 0,67	0,48 ± 0,13	0,90	0,18	0,29
		24/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	2,04	2,46 ± 0,67	0,47 ± 0,13	0,90	0,17	0,30
		24/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	0,90	2,98 ± 0,7	0,63 ± 0,15	0,90	0,19	0,44
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,96	3,28 ± 0,72	0,67 ± 0,15	0,90	0,18	0,48
		24/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,05	1,97 ± 0,65	0,32 ± 0,11	0,90	0,15	0,17
		24/10/19	42056-Chavanay	3,16	1,27 ± 0,71	0,13 ± 0,08	0,90	0,10	0,04
		24/10/19	07143-Limony	5,19	2,05 ± 0,74	0,40 ± 0,14	0,90	0,17	0,22
		24/10/19	42168-Pélussin	6,70	1,63 ± 0,72	0,32 ± 0,14	0,90	0,17	0,14
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,82	1,86 ± 0,67	0,36 ± 0,13	0,90	0,17	0,19
		24/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	2,00	2,85 ± 0,68	0,48 ± 0,11	0,90	0,15	0,33
		24/10/19	38556-Ville-sous-Anjou	8,09	0,97 ± 0,71	0,20 ± 0,14	0,90	0,18	0,01
		24/10/19	42265-Saint-Michel-sur-Rhône	4,74	1,51 ± 0,66	0,33 ± 0,14	0,90	0,19	0,13
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,06	3,14 ± 0,71	0,51 ± 0,12	0,90	0,15	0,37

\*Bruit de fond moyen de l'année de prélèvement  
n.m = non mesuré ; s.o = sans objet

# ANNEXE 2 ACTIVITÉS EN TRITIUM LIBRE MESURÉES ET AJOUTÉES PAR RAPPORT AU BRUIT DE FOND

Famille d'aliments	Espèce	date de prélèvement	Commune	Distance à la centrale en km	Tritium libre (HTO)					si HTO = TOL pour le calcul de dose				
					Bq/L <sub>d</sub>	Bq/kg frais ou Bq/L	Bdf* en Bq/L	Bdf* en Bq/kg frais ou Bq/L	Activité ajoutée en Bq/kg frais ou Bq/L	Bq/L <sub>...</sub>	Bq/kg frais ou Bq/L	Activité ajoutée en Bq/kg frais ou Bq/L		
Animaux d'élevage	Viande de Bœuf ou veau	09/09/20	42168-Pélussin	9,9	<0,82	<0,60	0,9	0,66	0,00	0,92	0,67	0,01		
		03/12/20	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	1,84 ± 0,71	1,39 ± 0,54	0,9	0,68	0,71	2,20	1,66	0,98		
		14/01/21	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	1,65 ± 0,72	1,23 ± 0,54	0,8	0,60	0,63	1,72	1,29	0,69		
		12/01/21	38244-Monstereux-Millieu	16,1	1,12 ± 0,81	0,85 ± 0,62	0,8	0,61	0,24	1,40	1,06	0,45		
		22/01/21	38244-Monstereux-Millieu	16,1	0,82 ± 0,72	0,60 ± 0,52	0,8	0,58	0,02	0,79	0,57	0,00		
	Viande de volailles	09/09/20	42056-Chavanay	1,8	1,74 ± 0,82	1,24 ± 0,58	0,9	0,64	0,60	1,10	0,78	0,14		
		09/09/20	42056-Chavanay	1,8	2 ± 0,87	1,55 ± 0,67	0,9	0,69	0,85	2,00	1,54	0,85		
		09/12/20	69253-Tupin-et-Semons	9,7	2,35 ± 0,82	1,83 ± 0,64	0,9	0,70	1,13	1,10	0,85	0,15		
		05/11/20	42168-Pélussin	8,9	<0,81	<0,57	0,9	0,63	0,00	0,81	0,57	0,00		
		23/12/18	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	<0,86	<0,62	1,0	0,71	0,00	1,21	0,86	0,15		
Gibier	Sangliers	23/12/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	<0,86	<0,62	0,9	0,64	0,00	1,30	0,93	0,29		
		26/01/20	38448-Saint-Prim	5,0	0,96 ± 0,86	0,69 ± 0,62	0,9	0,65	0,05	1,10	0,79	0,14		
		07/11/20	07010-Amonnay	19,9	<0,72	<0,53	0,9	0,67	0,00	0,70	0,52	0,00		
		12/11/20	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,6	<0,72	<0,53	0,9	0,66	0,00	1,02	0,75	0,09		
		21/11/20	42056-Chavanay	2,3	0,82 ± 0,72	0,65 ± 0,57	0,9	0,71	0,00	1,17	0,93	0,22		
		12/12/20	38349-Sablons	7,9	2,17 ± 0,72	1,57 ± 0,52	0,9	0,65	0,92	1,95	1,41	0,76		
		19/12/20	07143-Limony	4,7	1,53 ± 0,82	1,09 ± 0,58	0,9	0,64	0,45	1,10	0,79	0,14		
		15/07/19	38114-Clonas-sur-Varèze	2,6	n.m.	-	0,9	0,05	-	1,35	0,07	0,02		
		16/07/19	07143-Limony	5,5	n.m.	-	0,9	0,10	-	2,31	0,27	0,16		
		05/07/19	42056-Chavanay	1,0	n.m.	-	0,9	0,03	-	1,49	0,06	0,02		
Céréales	Blé	11/07/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,8	n.m.	-	0,9	0,06	-	1,93	0,13	0,07		
		13/07/19	42168-Pélussin	7,4	n.m.	-	0,9	0,05	-	1,92	0,10	0,05		
		01/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,3	n.m.	-	0,9	0,04	-	2,99	0,13	0,09		
		11/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	n.m.	-	0,9	0,05	-	1,49	0,08	0,03		
		30/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,7	n.m.	-	0,9	0,09	-	1,67	0,17	0,08		
		17/09/19	42168-Pélussin	7,5	<0,67	<0,34	0,9	0,46	0,00	1,11	0,56	0,11		
		16/09/19	38349-Sablons	9,6	2,14 ± 0,74	0,75 ± 0,26	0,9	0,32	0,44	1,69	0,59	0,28		
		06/08/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	1,75 ± 0,71	0,91 ± 0,37	0,9	0,47	0,44	2,57	1,33	0,87		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	1,35 ± 0,72	0,15 ± 0,08	0,9	0,10	0,05	1,29	0,14	0,04		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	2,06 ± 0,74	0,51 ± 0,18	0,9	0,22	0,29	1,96	0,48	0,26		
	Maïs	17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	1,32 ± 0,72	0,50 ± 0,27	0,9	0,34	0,16	2,23	0,84	0,50		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,0	1,55 ± 0,72	0,60 ± 0,28	0,9	0,35	0,25	1,76	0,68	0,33		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,0	2,04 ± 0,73	0,58 ± 0,21	0,9	0,26	0,32	1,65	0,47	0,21		
		17/09/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	5,0	2,04 ± 0,73	0,33 ± 0,12	0,9	0,15	0,19	1,93	0,32	0,17		
		23/07/19	42168-Pélussin	6,7	n.m.	-	0,9	0,04	-	1,45	0,06	0,02		
		08/07/19	42168-Pélussin	7,1	n.m.	-	0,9	0,06	-	1,35	0,09	0,03		
		05/07/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	1,2	n.m.	-	0,9	0,06	-	2,47	0,16	0,10		
		06/08/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	2,49 ± 0,83	1,77 ± 0,59	0,9	0,64	1,13	2,59	1,84	1,20		
Fruits	Abricots	17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	1,19 ± 0,83	0,77 ± 0,54	0,9	0,58	0,19	1,90	1,23	0,65		
		15/07/19	38468-Salaize-sur-Sanne	8,3	1,11 ± 0,82	0,96 ± 0,71	0,9	0,78	0,18	0,88	0,76	0,00		
	Poires	23/08/19	42132-Malleval	1,1	1,86 ± 0,86	1,1 ± 0,74	0,9	0,78	0,83	1,88	1,63	0,85		
		02/10/19	42056-Chavanay	1,0	<0,67	<0,56	0,9	0,75	0,00	1,90	1,59	0,84		
	Pommes	03/10/19	38114-Clonas-sur-Varèze	4,2	<0,67	<0,55	0,9	0,74	0,00	1,37	1,12	0,38		
		03/10/19	42168-Pélussin	6,3	<0,84	<0,69	0,9	0,74	0,00	0,77	0,63	0,00		
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	<0,67	<0,55	0,9	0,73	0,00	1,34	1,09	0,36		
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,4	0,94 ± 0,89	0,77 ± 0,73	0,9	0,74	0,03	1,30	1,06	0,33		
		06/09/19	42056-Chavanay	3,4	1,49 ± 0,83	1,12 ± 0,62	0,9	0,67	0,44	1,55	1,16	0,48		
		05/09/19	42056-Chavanay	1,9	1,27 ± 0,94	0,96 ± 0,71	0,9	0,68	0,28	0,75	0,57	0,00		
05/09/19		69064-Condrieu	7,1	1,55 ± 0,75	1,13 ± 0,55	0,9	0,66	0,48	0,84	0,62	0,00			
05/09/19		42168-Pélussin	5,5	1,16 ± 0,94	0,88 ± 0,71	0,9	0,68	0,20	1,31	1,00	0,31			
Raisins	06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	1,64 ± 0,82	1,31 ± 0,65	0,9	0,72	0,59	0,88	0,70	0,00			
	06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	1,06 ± 0,71	0,79 ± 0,53	0,9	0,67	0,12	1,28	0,95	0,28			
	06/09/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,4	1,86 ± 0,83	1,43 ± 0,64	0,9	0,69	0,74	1,37	1,06	0,36			
	06/09/19	7313-Serrières	8,3	1,92 ± 0,83	1,49 ± 0,64	0,9	0,70	0,79	1,42	1,10	0,40			
	Légumes racines	Navets	16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	1,55 ± 0,75	1,39 ± 0,68	0,9	0,81	0,58	2,57	2,31	1,50	
			16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	1,46 ± 0,89	1,36 ± 0,83	0,9	0,84	0,52	2,12	1,97	1,13	
			16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	1,42 ± 0,85	1,34 ± 0,80	0,9	0,85	0,49	1,95	1,83	0,99	
	Carottes	03/02/21	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	<0,71	<0,63	0,8	0,71	0,00	1,40	1,24	0,53		
15/08/20		38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	1,45 ± 0,73	1,15 ± 0,57	0,9	0,71	0,44	2,00	1,58	0,87			
Légumes feuilles	Salades	23/08/19	42056-Chavanay	2,1	<0,69	<0,61	0,9	0,79	0,00	1,84	1,61	0,83		
		16/10/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	3,8	<0,68	<0,61	0,9	0,81	0,00	1,18	1,06	0,25		
		02/10/19	7143-Limony	5,6	0,83 ± 0,70	0,75 ± 0,64	0,9	0,82	0,00	1,39	1,27	0,44		
		16/10/19	Saint-Alban-du-Rhône	1,9	1,67 ± 0,86	1,58 ± 0,81	0,9	0,85	0,73	2,23	2,10	1,25		
		05/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	1,79 ± 0,85	1,69 ± 0,81	0,9	0,85	0,84	2,14	2,02	1,17		
		02/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,8	2,07 ± 0,74	1,92 ± 0,68	0,9	0,83	1,09	2,51	2,32	1,49		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,7	2,03 ± 0,91	1,94 ± 0,86	0,9	0,86	1,08	2,33	2,22	1,36		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	<0,71	<0,63	0,9	0,80	0,00	1,84	1,64	0,84		
		02/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	1,32 ± 0,75	1,24 ± 0,70	0,9	0,85	0,40	2,27	2,14	1,29		
		16/10/19	Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	1,36 ± 0,85	1,27 ± 0,79	0,9	0,84	0,43	1,63	1,52	0,68		
	Fanes de navets	16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	<0,84	<0,78	0,9	0,83	0,00	2,75	2,53	1,71		
		16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	1,33 ± 0,76	1,18 ± 0,67	0,9	0,80	0,38	2,29	2,03	1,23		
		16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	1,16 ± 0,85	1,02 ± 0,75	0,9	0,79	0,23	2,25	1,98	1,19		
		Légumes fruits	Tomates	07/08/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	<0,69	<0,65	0,9	0,85	0,00	1,23	1,16	0,31
				08/12/20	38017-Assieu	8,2	1,03 ± 0,72	0,12 ± 0,09	0,9	0,11	0,02	n.m.	-	-
Produits alimentaires autres	Miel	09/12/20	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,3	<0,76	<0,09	0,9	0,11	0,00	n.m.	-	-		
		09/09/20	42064-Chuyer	6,8	1,54 ± 0,82	1,02 ± 0,54	0,9	0,59	0,42	1,00	0,66	0,07		
Produits laitiers	Fromages de chèvre	05/11/20	42168-Pélussin	5,5	1,02 ± 0,81	0,47 ± 0,38	0,9	0,42	0,06	0,90	0,42	0,00		
		05/11/20	42168-Pélussin	5,5	<0,81	<0,49	0,9	0,54	0,00	0,80	0,48	0,00		
		09/12/20	42018-Bessey	5,8	1,12 ± 0,82	0,44 ± 0,32	0,9	0,35	0,09	1,40	0,54	0,19		
Produits laitiers	Lait de chèvre	02/03/21	42064-Chuyer	6,9	1,31 ± 0,71	1,31 ± 0,71	0,8	0,80	0,51	1,00	1,00	0,20		
		02/03/21	07044-Brossainc	10,5	0,81 ± 0,71	0,81 ± 0,71	0,8	0,80	0,01	1,80	1,80	1,00		
Feuilles d'arbres début de croissance	Peuplier	10/05/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,82	1,42 ± 0,81	0,97 ± 0,56	0,9	0,62	0,36	s.o.	s.o.	s.o.		
		04/06/19	42056-Chavanay	1,15	3,23 ± 0,81	2,11 ± 0,53	0,9	0,59	1,52	s.o.	s.o.	s.o.		
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	2,04	3,64 ± 0,91	2,39 ± 0,60	0,9	0,59	1,80	s.o.	s.o.	s.o.		
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	0,90	2,53 ± 0,71	1,62 ± 0,45	0,9	0,58	1,04	s.o.	s.o.	s.o.		
		04/06/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,02	3,54 ± 0,81	2,21 ± 0,5	0,9	0,56	1,65	s.o.	s.o.	s.o.		
		04/06/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,06	3,64 ± 0,91	2,54 ± 0,63	0,9	0,63	1,91	s.o.	s.o.	s.o.		
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,76	0,96 ± 0,83	0,57 ± 0,5	0,9	0,54	0,04	s.o.	s.o.			

# ANNEXE 3 ACTIVITÉS EN CARBONE 14 MESURÉES ET AJOUTÉES PAR RAPPORT AU BRUIT DE FOND

Famille d'aliments	Espèce	date de prélèvement	Commune	Distance à la centrale en km	Carbone 14						
					Bq/kg C	Bq/kg frais ou Bq/L	Bd** en Bq/kg C	Bd** en Bq/kg frais ou Bq/L	Activité ajoutée en Bq/kg frais ou Bq/L		
Animaux d'élevage	Viande de Bœuf ou veau	09/09/20	42168-Pélussin	9,9	228,3 ± 2,6	29,6 ± 0,3	224	29,0	0,56		
		03/12/20	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	227,5 ± 2,6	26,9 ± 0,3	224	26,5	0,41		
		14/01/21	38298-Le Péage-de-Roussillon	4,5	226,5 ± 2,5	27,3 ± 0,3	223	26,9	0,42		
		12/01/21	38244-Monstereux-Milieu	16,1	226,5 ± 2,6	26,7 ± 0,3	223	26,3	0,41		
		22/01/21	38244-Monstereux-Milieu	16,1	225,1 ± 2,6	31,6 ± 0,4	223	31,3	0,29		
	Viande de volailles	09/09/20	42056-Chavanay	1,8	224,3 ± 2,4	29,9 ± 0,3	224	29,9	0,04		
		09/09/20	42056-Chavanay	1,8	226,6 ± 2,4	29,5 ± 0,3	224	29,1	0,34		
	Œufs	09/12/20	69253-Tupin-et-Semons	9,7	225,3 ± 2,6	28,4 ± 0,3	224	28,2	0,16		
		05/11/20	42168-Pélussin	8,9	224,9 ± 2,6	34,4 ± 0,4	224	34,2	0,14		
	Gibier	Sangliers	23/12/18	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	229,6 ± 2,6	34,2 ± 0,4	226	33,7	0,54	
23/12/19			38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	230,9 ± 2,6	32,3 ± 0,4	225	31,4	0,82		
26/01/20			38448-Saint-Prim	5,0	229,2 ± 2,6	32,3 ± 0,4	224	31,5	0,73		
07/11/20			07010-Annonay	19,9	229,7 ± 2,6	28,9 ± 0,3	224	28,2	0,72		
12/11/20			38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,6	230,2 ± 2,6	29 ± 0,3	224	28,3	0,78		
21/11/20			42056-Chavanay	2,3	230,6 ± 2,6	21,9 ± 0,2	224	21,2	0,63		
12/12/20			38349-Sablons	7,9	230 ± 2,6	29,6 ± 0,3	224	28,8	0,77		
19/12/20			07143-Limony	4,7	231,1 ± 2,7	31,7 ± 0,4	224	30,7	0,97		
Céréales			Blé	15/07/19	38114-Clonas-sur-Varèze	2,6	224,4 ± 2,5	88,1 ± 1	225	88,4	0,00
				16/07/19	07143-Limony	5,5	226,6 ± 2,6	83,6 ± 1	225	83,0	0,59
	05/07/19	42056-Chavanay		1,0	227,8 ± 2,6	91,8 ± 1	225	90,7	1,13		
	11/07/19	38298-Le Péage-de-Roussillon		4,8	224,4 ± 2,5	86,8 ± 1	225	87,1	0,00		
	13/07/19	42168-Pélussin		7,4	225,4 ± 2,5	88,2 ± 1	225	88,1	0,16		
	01/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône		1,3	231,4 ± 2,6	92,2 ± 1	225	89,6	2,55		
	11/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil		2,7	224,3 ± 2,5	90,1 ± 1	225	90,4	0,00		
	30/07/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil		1,7	226 ± 2,5	85,4 ± 1	225	85,0	0,38		
	17/09/19	42168-Pélussin		7,5	227,6 ± 2,5	46,7 ± 0,5	225	46,2	0,53		
	16/09/19	38349-Sablons		9,6	230,1 ± 2,6	62,6 ± 0,7	225	61,2	1,39		
	Maïs	06/08/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	237,5 ± 2,7	47,9 ± 0,5	225	45,4	2,52		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	227,5 ± 2,5	81,5 ± 0,9	225	80,6	0,89		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,8	227,3 ± 2,4	69,2 ± 0,7	225	68,5	0,69		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	228,3 ± 2,5	58,7 ± 0,6	225	57,8	0,85		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,0	227,7 ± 2,4	58,6 ± 0,6	225	57,9	0,69		
		17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,0	226,6 ± 2,6	68,6 ± 0,8	225	68,1	0,49		
		17/09/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	5,0	226,6 ± 2,4	78,2 ± 0,8	225	77,6	0,56		
		23/07/19	42168-Pélussin	6,7	224,1 ± 2,5	90,5 ± 1	225	90,9	0,00		
		08/07/19	42168-Pélussin	7,1	224,6 ± 2,5	86,6 ± 1	225	86,7	0,00		
		05/07/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	1,2	227,3 ± 2,6	87,6 ± 1	225	86,7	0,89		
Feuilles de maïs	06/08/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,4	234,5 ± 2,3	29,6 ± 0,3	225	28,4	1,20			
	17/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	227,7 ± 2,4	34,0 ± 0,4	225	33,6	0,40			
Fruits	Abricots	15/07/19	38468-Salaise-sur-Sanne	8,3	224,8 ± 2,6	11,5 ± 0,1	225	11,5	0,00		
		23/08/19	42132-Malleval	1,1	226,7 ± 2,1	12,5 ± 0,1	225	12,4	0,09		
	Pommes	02/10/19	42056-Chavanay	1,0	229,1 ± 2,2	15,7 ± 0,2	225	15,4	0,28		
		03/10/19	38114-Clonas-sur-Varèze	4,2	224,9 ± 2,1	16,3 ± 0,2	225	16,3	0,00		
		03/10/19	42168-Pélussin	6,3	225,8 ± 2,1	16,7 ± 0,2	225	16,6	0,06		
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	225,7 ± 2,1	17,2 ± 0,2	225	17,2	0,05		
		03/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,4	225,7 ± 2,2	16,4 ± 0,2	225	16,4	0,05		
	Raisins	06/09/19	42056-Chavanay	3,4	228,8 ± 2,4	22,6 ± 0,2	225	22,2	0,37		
		05/09/19	42056-Chavanay	1,9	225,8 ± 2,5	21,7 ± 0,2	225	21,6	0,08		
		05/09/19	69064-Condrieu	7,1	224,4 ± 2,5	24,6 ± 0,3	225	24,7	0,00		
		05/09/19	42168-Pélussin	5,5	225 ± 2,6	21,7 ± 0,3	225	21,7	0,00		
		06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	227 ± 2,3	17,7 ± 0,2	225	17,5	0,16		
		06/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,1	227,5 ± 2,5	22,1 ± 0,2	225	21,9	0,24		
		06/09/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,4	228,7 ± 2,3	21,3 ± 0,2	225	21,0	0,34		
		06/09/19	7313-Serrières	8,3	226,2 ± 2,4	20,4 ± 0,2	225	20,3	0,11		
Légumes racines	Navets	16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	238,6 ± 2,7	9,2 ± 0,1	225	8,6	0,52		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	225 ± 2,5	5,7 ± 0,1	225	5,7	0,00		
		16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	225,5 ± 2,6	4,7 ± 0,1	225	4,7	0,01		
	03/02/21	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	225,9 ± 2,6	10,2 ± 0,1	223	10,1	0,13			
Pommes de Terre	15/08/20	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,7	226,9 ± 2,6	18,5 ± 0,2	224	18,2	0,24			
	23/08/19	42056-Chavanay	2,1	228,9 ± 2,4	11,3 ± 0,1	225	11,1	0,19			
Légumes feuilles	Salades	16/10/19	38298-Le Péage-de-Roussillon	3,8	222,3 ± 2,6	8,0 ± 0,09	225	8,0	0,00		
		02/10/19	7143-Limony	5,6	227,2 ± 2,3	8,2 ± 0,08	225	8,1	0,08		
		16/10/19	-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	239,6 ± 2,7	4,8 ± 0,05	225	4,6	0,30		
		05/09/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	223,1 ± 2,5	4,1 ± 0,05	225	4,1	0,00		
		02/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,8	229,1 ± 2,4	4,4 ± 0,05	225	4,4	0,08		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,7	225,5 ± 2,5	4,0 ± 0,04	225	4,0	0,01		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,2	225 ± 2,5	7,3 ± 0,08	225	7,3	0,00		
		02/07/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	229,5 ± 2,6	5,2 ± 0,06	225	5,1	0,10		
		16/10/19	-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	227,3 ± 2,6	5,6 ± 0,06	225	5,6	0,06		
		16/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	2,2	221,2 ± 2,5	5,6 ± 0,06	225	5,7	0,00		
	16/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	1,9	237,2 ± 2,6	7,6 ± 0,08	225	7,2	0,39			
	16/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	3,0	225,5 ± 2,6	8,6 ± 0,1	225	8,6	0,02			
Légumes fruits	Tomates	07/08/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,0	223,6 ± 2,5	5,0 ± 0,06	225	5,0	0,00		
Produits alimentaires autres	Miel	08/12/20	38017-Assieu	8,2	224,1 ± 2,5	73,8 ± 0,8	224	73,8	0,03		
		09/12/20	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,3	219,5 ± 2,5	73,6 ± 0,8	224	75,1	0,00		
Produits laitiers Fromage	Fromages de chèvre	09/09/20	42064-Chuyer	6,8	228,6 ± 2,4	46,4 ± 0,5	224	45,5	0,93		
		05/11/20	42168-Pélussin	5,5	230,1 ± 2,6	73,2 ± 0,8	224	71,2	1,94		
		05/11/20	42168-Pélussin	5,5	229 ± 2,8	54,6 ± 0,7	224	53,4	1,19		
		09/12/20	42018-Bessey	5,8	224,9 ± 2,6	83,4 ± 1	224	83,1	0,33		
Produits laitiers Lait	Lait de chèvre	02/03/21	42064-Chuyer	6,9	223,7 ± 2,6	14,2 ± 0,2	223	14,1	0,04		
		02/03/21	07044-Brossainc	10,5	225,8 ± 2,6	15,9 ± 0,2	223	15,7	0,20		
Feuilles d'arbres début de croissance	Peuplier	10/05/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,82	227,8 ± 2	32,4 ± 0,28	225,0	32,0	0,40		
		04/06/19	42056-Chavanay	1,15	230,1 ± 2	35,7 ± 0,31	225,0	34,9	0,79		
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	2,04	231,6 ± 2	34,8 ± 0,30	225,0	33,8	0,99		
		04/06/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	0,90	240,7 ± 2	38,2 ± 0,32	225,0	35,7	2,49		
		04/06/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,02	241,2 ± 2	40,1 ± 0,33	225,0	37,4	2,69		
		04/06/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,06	224,2 ± 2,8	30,3 ± 0,38	225,0	30,4	0,00		
Feuilles d'arbres fin de croissance	Peuplier	24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,76	225,2 ± 2,6	39,6 ± 0,46	225,0	39,6	0,04		
		24/10/19	42056-Chavanay	1,03	226,7 ± 2,6	39,2 ± 0,45	225,0	38,9	0,29		
		24/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	2,04	228,5 ± 2,6	37,9 ± 0,43	225,0	37,2	0,58		
		24/10/19	38353-Saint-Alban-du-Rhône	0,90	241,2 ± 2,7	43,1 ± 0,48	225,0	40,2	2,89		
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	0,96	235,7 ± 2,7	41,1 ± 0,47	225,0	39,3	1,87		
		24/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	4,05	226 ± 2,5	30,7 ± 0,34	225,0	30,5	0,14		
		24/10/19	42056-Chavanay	3,16	229,5 ± 2,6	21,2 ± 0,24	225,0	20,7	0,41		
		24/10/19	07143-Limony	5,19	225,2 ± 2,5	37,9 ± 0,42	225,0	37,9	0,03		
		24/10/19	42168-Pélussin	6,70	223,3 ± 2,5	36,9 ± 0,41	225,0	37,2	0,00		
		24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	1,82	223,2 ± 2,5	36,4 ± 0,41	225,0	36,7	0,00		
		24/10/19	42272-Saint-Pierre-de-Bœuf	2,00	227,4 ± 2,6	32,9 ± 0,38	225,0	32,6	0,35		
		24/10/19	38556-Ville-sous-Anjou	8,09	222,2 ± 2,5	38 ± 0,43	225,0	38,4	0,00		
24/10/19	42265-Saint-Michel-sur-Rhône	4,74	224,2 ± 2,6	41,2 ± 0,48	225,0	41,4	0,00				
24/10/19	38425-Saint-Maurice-l'Exil	3,06	225,8 ± 2,5	32,3 ± 0,36	225,0	32,2	0,11				

\*Bruit de fond moyen de l'année de prélèvement  
n.m = non mesuré ; s.o = sans objet

# REFERENCES

- [1] <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/Etudes-complementaires/Etudes-radiologiques-site/Pages/Sommaire.aspx#.YNsXjrtxeUl>
- [2] Étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice ; Synthèse des études atmosphériques ; IRSN 2021-00649
- [3] Étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice ; Acquisition d'informations concernant les variables humaines d'expositions (VHE). Tome 1 : fonctionnement environnemental et urbain ; IRSN 2022-00144
- [4] Étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice ; Acquisition d'informations concernant les variables humaines d'expositions (VHE). Tome 2 : résultats des enquêtes sur les habitudes alimentaires ; IRSN 2022-00145
- [5] Étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice ; Estimation de l'exposition des riverains aux rejets radioactifs de la centrale ; IRSN 2022-00719
- [6] Étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice ; Synthèse des études aquatiques ; IRSN à paraître
- [7] Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020. IRSN 2021-00765
- [8] Décision n° 2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016 modifiant la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base
- [9] Décision n° 2014-DC-0469 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 2 décembre 2014 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau et de rejet dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 119 et n° 120 exploitées par Électricité de France - Société Anonyme (EDF-SA) dans la commune de Saint-Alban Saint-Maurice (département de l'Isère)
- [10] Décision n° 2014-DC-0470 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 2 décembre 2014 fixant les limites de rejet dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 119 et n° 120 exploitées par Électricité de France - Société Anonyme (EDF-SA) dans la commune de Saint-Alban Saint-Maurice (département de l'Isère)
- [11] Décision n° 2017-DC-0588 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression
- [12] Rapport environnemental annuel relatif aux installations nucléaires du Centre Nucléaire de Production d'Électricité de Saint-Alban 2021 - EDF -
- [13] Historique radiologique de l'environnement du site de Saint-Alban ; IRSN-2021-00678
- [14] EDF Centrales nucléaires et environnement. Prélèvements d'eau et rejets ; EDF ; Edition 2020 EDP Sciences
- [15] Surveillance radiologique de l'environnement en 2019 mise en œuvre du plan de surveillance régulière de l'IRSN ; IRSN 2022-00175
- [16] [www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr)

- 
- [17] Rapport environnemental annuel relatif aux installations nucléaires du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Saint-Alban 2019 - EDF -
- [18] Rapport annuel d'information du public relatif aux installations nucléaires du site de Saint-Alban Saint-Maurice 2019 -EDF-
- [19] Rapport annuel d'information du public relatif aux installations nucléaires du site de Saint-Alban Saint-Maurice 2020 -EDF-
- [20] Rapport annuel d'information du public relatif aux installations nucléaires du site de Saint-Alban Saint-Maurice 2021 -EDF-
- [21] Rapport environnemental annuel relatif aux installations nucléaires du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Saint-Alban 2020 - EDF -
- [22] <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/Pages/Home.aspx>
- [23] Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017. IRSN 2018-00006
- [24] Le bruit de fond des radionucléides artificiels dans l'environnement français métropolitain ; IRSN 2022-00131
- [25] Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement ; IRSN/DEI/2011-01 :
- [26] Constat Radiologique « Rémanence de la radioactivité d'origine artificielle » ; IRSN/PRP-ENV/SESURE 2015-41
- [27] Impact du tritium autour des centrales nucléaires EDF, Radioprotection 2008 Vol. 43, n° 2, pages 177 à 191
- [28] Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement - IRSN - PRP-ENV/SERIS/2017-00004
- [29] Livre Blanc du tritium ; 2010 ; ASN
- [30] Bruit de fond du tritium en milieu terrestre, Radioprotection 49(2), 139-142 (2014)
- [31] Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement ; IRSN - PRP-ENV/SERIS/2017-00004
- [32] FICHE RADIONUCLÉIDE ENVIRONNEMENT - Tritium et environnement ; IRSN décembre 2010
- [33] Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre ; S. Roussel-Debet ; Radioprotection ; EDP sciences 2013 ; DOI: 10.1051/radiopro/2013080
- [34] Comportement du carbone 14 en milieu continental et niveaux d'activité hors de l'influence d'une installation nucléaire. Roussel-Debet S (2012). IRSN - PRP-ENV/SESURE/2012-25
- [35] Impact du carbone-14 autour des centrales nucléaires EDF ; B. Le Guen, F. Siclet ; Radioprotection 2009 ; Vol. 44, n° 4, pages 495 à 504
- [36] Fiche radionucléide environnement - Carbone 14 et environnement - IRSN - Juillet 2015
- [37] Fiche radionucléide environnement - Césium 137 et environnement - IRSN - Juillet 2015
- [38] Le Césium De l'environnement à l'Homme - EDP Sciences - IPSN -Janvier 2020
- [39] <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/Etudes-complementaires/Etude-radiologique-environnement-Saint-Alban-Saint-Maurice-l-exil/Pages/ERS-Saint-Alban-sommaire.aspx#.YuvYimPP02w>

## Table des illustrations et tableaux

### Illustration

Figure 1. Localisation des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) d'EDF en exploitation, en arrêt définitif, en cours de déconstruction, nombre et puissance des réacteurs en exploitation [7] .....	9
Figure 2. Illustration simplifiée des circuits de rejets liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Saint-Alban .....	9
Figure 3. Variabilité et évolution, en fonction de la distance aux CNPE, des activités en carbone-14 mesurées entre 2017 et 2020 dans différents types de végétaux, de denrées agricoles ou issues de l'élevage, prélevés dans l'environnement de l'ensemble des CNPE du territoire français .....	12
Figure 4. Variabilité et évolution, en fonction de la distance aux CNPE, des activités en tritium organiquement lié mesurées entre 2017 et 2020 dans différents types de végétaux, de denrées agricoles ou issues de l'élevage, prélevés dans l'environnement de l'ensemble des CNPE du territoire français .....	13
Figure 5. Évolution des activités en tritium organiquement lié dans différents types de végétaux et denrées terrestres prélevés depuis 1991[7] .....	16
Figure 6. Évolution des activités en carbone 14 par unité de masse de carbone mesurées par l'IRSN dans différents types de végétaux terrestres prélevés depuis 1995 ; valeurs et gammes de référence annuelles correspondantes (Bq/kg de carbone) [7] .....	18
Figure 7. Localisation des prélèvements effectués dans le cadre de l'ERS dans l'environnement terrestre de la centrale Nucléaire de Saint-Alban .....	21
Figure 8. Localisation des lieux de prélèvement des végétaux terrestres .....	22
Figure 9. Localisation des prélèvements de feuilles d'arbres .....	23
Figure 10. Prélèvements de denrées végétales terrestres.....	24
Figure 11. Localisation des prélèvements de céréales.....	24
Figure 12. Localisation des prélèvements de fruits.....	25
Figure 13. Localisation des prélèvements de légumes .....	25
Figure 14. Localisation des lieux de prélèvement de denrées animales terrestres .....	26
Figure 15. Prélèvements de denrées terrestres d'origine animale.....	27
Figure 16. Prélèvements de gibiers (sangliers) .....	27
Figure 17. Prélèvements de plateaux repas de restaurants scolaires.....	28
Figure 18. Principales étapes d'une analyse de la radioactivité dans des échantillons environnementaux [7] .....	29
Figure 19. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) des différents végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	30
Figure 20. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	31
Figure 21. Représentation cartographique de la zone d'influence des rejets atmosphériques de tritium de la centrale sur les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban.....	31
Figure 22. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) des différents végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	34
Figure 23. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	34
Figure 24. Évolution en fonction de la distance du lieu de prélèvement à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les différentes denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban.....	37
Figure 25. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium organiquement lié (TOL) dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	38
Figure 26. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les différentes denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	39

Figure 27. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en tritium libre (HTO) dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban.....	40
Figure 28. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	41
Figure 29. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	43
Figure 30. Représentation cartographique de la zone d'influence des rejets atmosphériques de carbone 14 de la centrale sur les végétaux terrestres prélevés dans le cadre de l'ERS Saint-Alban.....	44
Figure 31. Évolution en fonction de la distance à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	45
Figure 32. Évolution en fonction de la distance et de l'azimut par rapport à la centrale de l'activité en carbone 14 dans les denrées terrestres d'origine animale prélevées dans le cadre de l'ERS Saint-Alban .....	46
Figure 33. Comparaison entre les activités en tritium libre (HTO) de la vapeur d'eau de l'air (PPT) et en tritium organiquement lié (TOL) dans les feuilles d'arbres prélevées à proximité et à distance de la centrale de nucléaire de Saint-Alban en 2019 .....	49

## Tableau

Tableau 1. Rejets d'effluents radioactifs liquides du CNPE de Saint-Alban Saint-Maurice de 2019 à 2021 ([12]) .....	10
Tableau 2. Rejets d'effluents radioactifs gazeux du CNPE de Saint-Alban Saint-Maurice de 2019 à 2021 ([12]) .....	10
Tableau 3. Comparaison des activités en TOL dans les navets et les feuilles de navets.....	33
Tableau 4. Tritium dans les plateaux repas.....	40
Tableau 5. Comparaison des activités en carbone 14 dans les navets et les feuilles de navets.....	42
Tableau 6. Carbone 14 dans la ration solide des plateaux repas .....	46
Tableau 7. Autres radionucléides recherchés dans les plateaux repas.....	47



**IRSN**  
**Pôle Santé et Environnement**  
Direction de l'Environnement

**E-mail**  
contact-ers@irsn.fr

**N° du rapport**  
Rapport IRSN 2023-00038  
Tous droits réservés IRSN  
Février 2023

Photo de couverture :  
CNPE de Saint-Alban Saint-Maurice, Lionel SAEY © IRSN  
Autres photos :  
© IRSN



31, avenue de la division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**COURRIER**

B.P 17  
92260 Fontenay-aux-Roses Cedex

**TÉLÉPHONE**


+33 (0)1 58 35 88 88

**SITE INTERNET**

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

**Email**

[contact@irsn.fr](mailto:contact@irsn.fr)

 [@IRSNFrance](https://twitter.com/IRSNFrance)