

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2015

Synthèse des résultats du réseau de surveillance de l'IRSN



L'IRSN FAIRE AVANCER LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

L'IRSN, établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) – dont les missions sont désormais définies par la Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) – est l'expert public national des risques nucléaires et radiologiques. L'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire et de protection de la santé et de l'environnement au regard des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'expertise, il agit en concertation avec tous les acteurs concernés par ces politiques, tout en veillant à son indépendance de jugement.

L'IRSN est placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du ministère des Affaires sociales et de la Santé, du ministère de la Défense.

Dans le cadre de ses missions, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a reçu pour mission de contribuer à la veille permanente en radioprotection sur le territoire national.

La surveillance radiologique de l'environnement réalisée par l'IRSN contribue :

- à la vérification du fonctionnement des installations qui rejettent 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'élévations inhabituelles de ces niveaux,
- à l'évaluation de l'exposition des populations et de l'environnement 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 et des synthèses sur l'état radiologique des territoires.

L'INSTITUT
COMpte
ENVIRON

1 700

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
300 M€

DES RÉSEAUX DE PRÉLÈVEMENT ET DE MESURE CONÇUS POUR UNE SURVEILLANCE RÉGULIÈRE

La surveillance radiologique régulière de l'environnement faite par l'IRSN repose sur des réseaux de balises de télédétection 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 ambiant dans l'air. Elles transmettent en temps réel leurs données à la salle de télésurveillance de l'IRSN. Dès qu'une augmentation anormale de radioactivité est détectée, une alarme est envoyée à l'IRSN et une investigation est menée.
- **Le réseau OPERA-Air**, qui est constitué de préleveurs d'aérosols fonctionnant en continu. Ils permettent d'obtenir une mesure précise, grâce à une analyse en laboratoire, du niveau de radioactivité fixée 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 (7 stations).
- **Le réseau des hydrocollecteurs** prélève en continu les eaux et les matières en suspension dans les cours d'eaux 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, mousses terrestres, mousses aquatiques, algues...). Ils permettent l'établissement de chroniques précieuses dans l'optique d'une analyse temporelle des évolutions.

UNE APPROCHE TERRITORIALISÉE...

En complément de sa surveillance régulière, l'IRSN réalise des études ponctuelles – appelées « constats radiologiques » – dont l'objectif est de dresser la synthèse des connaissances sur les niveaux de radioactivité à l'échelle d'une région, d'un territoire, d'un bassin versant... et le cas échéant, de réaliser de nouvelles campagnes de prélèvements pour améliorer le niveau des connaissances. Ces nouvelles campagnes permettent la mesure d'échantillons rarement analysés, de denrées présentant une valeur économique particulière pour le territoire ou de répondre à des attentes ou des questions particulières des parties prenantes (collectivités locales, associations de citoyens, commissions d'information...). Les constats sont l'occasion pour le citoyen de mieux comprendre et s'approprier une information par nature complexe et d'agir sur la nature même de la surveillance effectuée.

RÉSUMÉ

La surveillance radiologique de l'environnement français, exercée par le Laboratoire d'Étude et de Suivi de l'Environnement (LESE) de l'IRSN depuis 1962 en Polynésie, hors des sites d'expérimentations nucléaires de Moruroa et Fangataufa, consiste à prélever régulièrement des échantillons de nature variée dans les différents milieux (air, eau, sol) avec lesquels la population peut être en contact, ainsi que des denrées alimentaires. Depuis 1998, ces denrées proviennent de sept îles (Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva et Tubuai), représentantes des cinq archipels, et sont issues du milieu marin de pleine mer, du milieu marin lagonaire et du milieu terrestre. En 2015, la surveillance a été complétée par une étude radiologique ponctuelle à Raivavae incluant les analyses des denrées consommées pour évaluer la dose ajoutée par la radioactivité artificielle due à leur ingestion et les analyses de sols pour évaluer la rémanence du plutonium et du césium 137. Quelques mesures, complétant les résultats obtenus en 2012, ont été réalisées afin d'établir une cartographie de l'exposition externe sur l'ensemble de cette île des Australes.

Pour la seconde année consécutive, le LESE a été intégré dans la mission Turbo de la Direction Générale de l'Armement (DGA) et du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) en charge du suivi radiologique des atolls militaires, avec l'analyse de trois échantillons océaniques prélevés à flanc d'atoll et au large de Moruroa. La quasi-totalité des échantillons prélevés a été mesurée au LESE, implanté sur l'île de Tahiti à Vairao. Quelques échantillons ont été mesurés au laboratoire d'Orsay de l'Institut.

Après une diminution régulière des niveaux de radioactivité depuis l'arrêt en 1974 des essais atmosphériques français d'armes nucléaires, les niveaux de radioactivité mesurée en 2015 sont stables, dans la continuité des années récentes ; ils se situent à un niveau très bas. Cette radioactivité résiduelle est essentiellement attribuable au césium 137. La dose efficace annuelle ajoutée par la radioactivité d'origine artificielle est inférieure à $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (5 microsievverts par an), soit environ 0,5 % de la dose associée à l'exposition naturelle en Polynésie. Depuis 2010, des mesures de cette irradiation naturelle ont été réalisées sur certaines îles ou atolls avec des cartographies détaillées pour certaines d'entre elles. On constate des niveaux d'exposition très bas, inférieurs en moyenne à $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$. Cependant, dans les îles hautes, des valeurs plus élevées ont été relevées lorsque des roches volcaniques sont présentes. La valeur la plus élevée, $6\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$, a été mesurée au sommet du mont Taitaa à Tubuai en 2013.

À la suite de la catastrophe de Fukushima, une surveillance radiologique renforcée de l'environnement a été mise en place et s'est poursuivie en 2015 dans le milieu marin. Les mesures réalisées tout au long de l'année confirment l'absence d'impact de la contamination du domaine marin japonais dans les eaux polynésiennes. Des prélèvements de poissons pélagiques (thon, dorade coryphène, thazard...) ont été réalisés au voisinage des cinq archipels polynésiens : aucune augmentation de ^{137}Cs par rapport aux années passées n'a été observée et le ^{134}Cs n'a jamais été décelé, confirmant l'absence d'espèce migratoire contaminée dans cette zone.

Une nouvelle orientation du programme de surveillance mise en œuvre en 2014 s'est poursuivie en 2015. Elle concerne l'étude de la radioactivité d'origine artificielle dans les sols, principale voie de transfert aux aliments actuellement. Les analyses concernent principalement le ^{137}Cs , radionucléide encore décelable dans plus d'un tiers des denrées analysées, et les isotopes 238, 239 et 240 du plutonium, peu décelables dans les denrées mais dont les concentrations dans les sols restent relativement stables dans le temps (périodes radioactives longues et faible lessivage par les eaux de pluie). Les concentrations mesurées excèdent parfois $1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ sec, aussi bien pour le césium 137 que pour le plutonium dans les sols des îles hautes.

PARAU POTO

Mai te matahiti 1962 i Porinetia, ua riro ia te ie hi'o po'a ra'a tamau i roto e na hitu motu (Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva e Tubuai) o te mau tuha'a pae o te mau motu, oi a hoi mai te rave rave mai te tahi mau tao'a huru rau i roto i te mau vahi ato'a (te mata'i, vai, repo) ta te taata ia e piri atu te mahana ta ta'i tahi. Note taime matamua roa i te matahiti 2015, ua fa'a o to'a hia mai te LESE i roto i te tere hi'opo'ara'a Turbo o te DGA e te CEA, tiaau nei i te hi'opo'ara'a te mau vi'i vi'i atomi i nia i te mau motu o tei faaea hia e te mau faehua, mai te raverave to'a mai te tahi mau hi'opo'ara'a no roto mai i te tai moana ati ae ia Moruroa e i te hiti o te motu.

Te pae o te mau ma'a, te mau hiopo'a ra'a i rave hia e au hoa'ia o te mau ma'a ta te ta'a ta e amu nei i roto i na tuha'a pae atoa o te mau motu, no roto mai ia i te miti e te fenua.

Te hi'o po'a hia nei te rahi ra'a o te mau mea i rave rave hia mai i te pu IRSN, vai nei i ni'a i te motu no Tahiti i Vairao, are'a ra te vai nei te tahi mau mea reva rave hia mai o tei hapono hia tu i te pu IRSN no Orsay.

Ua topa roa te mau vi'i vi'i atomi mai te matahiti 1974 i muri mai i te mau tamatamata ra'a te mau moiha'a atomi a te fenua Farani i roto i te aore, te vai au noa te mau numera o te vi'i vi'i atomi i te matahiti 2015 ia hi'o hia te mau matahiti i ma'iri i hora. Te ie vi'i vi'i atomi e vai nei no roto mai ia i te cesium 137. Tei raro mai te numera vi'i vi'i atomi i te matahiti i te 5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (5 microsievverts i te matahiti), raro mai ia te 0,5 % o te faito vi'i vi'i atomi natura i Porinetia.

Mai te matahiti 2010, ua rave hia mai te mau faito o te vi'ivi'i natura i nia i te tahi mau motu teitei e tetahi mau motu haehaa mai te fa'aite papu atu i nia ite mau puta no tetahi o ratou. Te ite hia nei te iti o te mau numera i roa'a mai raro mai oia i te 1000 $\mu\text{Sv}\cdot\text{matahi}^{-1}$. Te ie nei ra, e numera huru tei tei ae o te ite hia mai i roto i te mau motu tei tei no roto mai oia i te mau mato, e i roto to'a i te mau ofa'i. Ua ite hia mai te faito tei tei roa ae i ni'a ia te moua ra o Taitaa i Tupuai i te matahiti 2013.

Te matahiti 2014, teie noa ia te mau motu o tei taretia hia oia ho'i Tahiti, Moorea, Hao e te o Ma'areva ma.

Ua ha'a puai hia te hiopo'a ra'a o te vi'i vi'i atomi i te pae o te aru tai mareva i muri mai i te ati i tupu i Fukushima, tae noa tu i te matahiti 2015 i te pae o te moana. Au i te mau numera o te mau hiopo'a ra'a o tei rave hia i tye roa ra'a o te matahiti, te ha'a papu hia tu nei aore ia e vi'i vi'i i ite hia i roto ite to tatou oti'a moana no Porinetia nei mai te fenua Tapone mai. Te fa'a ite ato'a nei te mau hiopo'a ra'a o tei rave hia i nia te mau i'a i Porinetia ta'a toa mai te (aahi, haura, mahimahi e te paere) : aore ia te faito o te ^{137}Cs i puai atu au i te mau numera i ite hia i te mau matahiti i mairi a nei, aore roa tu te ^{134}Cs i ite hia na roto i te mau faito e te mau hi'o po'a ra'a i rave hia fa'aite mai te ore ra'a o te mau huru ia tere nei na te mau moana i vi'i vi'i hia.

Ho'e arata'i ra'a api o ti fa'anaho hia mai na roto ioa i te hi'opo'ara'a o tei ha'amau hia mai i te matahiti 2015 na roto ioa i te tuatapapara'a i te omuara'a o te vi'ivi'i atomi vai nei i roto i te repo, oia hoi o te tumu matamua ia o te vi'ivi'i e haru hia mai e te mau ma'a tupu o teie mau tau. Te mau hi'opo'ara'a i te pae o te ^{137}Cs , radionucléide te ite hia mai i roto i te afara'a o te mau ma'a i hi'opo'a hia e te mau isotopes 238, 239, e te 240 o te plutonium, iti oia i te ite hia mai i roto ite mau ma'a, tera ra te vai papu noara te mau faito i ite hia mai i roto i te repo i te roara'a o te tau (tau vi'ivi'i atomi roa e iti o te tumara'a na roto i te pape ua). Te mau numera i faito hia mai i roto i te repo i Tahiti, Moorea, Hao e te mau motu i Ma'areva ma tei tea roa i ni'a i te faito hau atu i te 1 Bq/kg maro na reira to'a te ^{137}Cs e te $^{238+239}\text{Pu}$ i tetahi mau taime.

ABSTRACT

The radiological monitoring of the environment conducted in Polynesia by the Laboratory for the Study and Monitoring of the Environment (LESE lab), consists in regularly collecting and measuring radioactivity in samples from different environmental natures such as air, water, soil but also foodstuff etc, with which the inhabitants may come in contact. This regular monitoring has been carried out since 1962 on seven islands namely Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Iva Oa, Mangareva and Tubuai representative for the five archipelagos.

In 2015, the scope of this monitoring was enlarged by including specific a radiological study, consisting in analyzing local foodstuff in the Raivavae atoll, so as to assess the additional man-made radioactivity through the food chain, and soil samples so as to review the residual amount of ^{137}Cs and Pu isotopes. A few additional measurements, complementary to the ones already made in 2012, were carried out to develop a map of external exposure all over this Austral atoll.

For the second year in a row, the LESE lab took part in the Turbo program led by DGA and CEA, organizations in charge of radiological monitoring of the military atolls, by analyzing three ocean samples collected on an atoll shore and offshore from the island Moruroa.

Almost all samples were processed and evaluated by the LESE laboratory, located on the Tahiti main land, in Vairao; some of the samples were analyzed in one of IRSN's other laboratories based in a suburb from Paris called Orsay in France.

A steady decrease in radioactivity level has been observed since the end of the French atmospheric nuclear tests in 1974; the latest observations (2015) show a stable radiological situation, identical throughout the previous years of observation, and measured at a very low level. This residual radioactivity level comes, for the main part, from the ^{137}Cs . The efficient annual dose, i.e. the additional man-made radioactivity, is below $5 \mu\text{Sv.y}^{-1}$ (5 microsieverts per year), which represents almost 0.5 % of the natural radiation exposure in Polynesia.

Since 2010, this natural radiation level has been measured on some atolls or islands, and exposure maps have been developed for some of them. Very low exposure levels are observed, below $1,000 \mu\text{Sv.y}^{-1}$ on the average. However in higher islands, higher exposure levels were measured when volcano rock mass is present. The highest level, $6,000 \mu\text{Sv.y}^{-1}$, was measured at the top of Taitaa mountain at the island of Tubuai, in 2013.

In the wake of the Fukushima disaster, a closer environmental surveillance of the marine environment was decided and continued during the year 2015. Measures made throughout the year confirm the absence of a contamination impact coming from the Japanese waters of the Polynesian marine environment. Fishery products (pelagic fish such as tuna, swordfish, dolphinfish, wahoo...) were collected in the surroundings of the five Polynesian archipelagos: no increase of ^{137}Cs compared to past years, was observed and ^{134}Cs could not be detected at all; this result confirms the absence of contaminated migratory species in this area.

A new orientation of the surveillance program started in 2014 and was continued in 2015. The study is focused on the man-made radioactivity in bottom soils, which currently is the main pathway to food stuff. Analyses are mainly aimed at assessing ^{137}Cs , a radionuclide which can be measured in more than one third of analyzed food stuff, and 238, 239 and 240 plutonium isotopes, scarcely detectable in food stuff, but remaining in soils, at concentration levels quite steady over time (long time radioactivity period and not leaching by rain water). Measured levels of radioactivity of ^{137}Cs and $^{239+240}\text{Pu}$ sometimes exceed 1 Bq.kg^{-1} in soils of higher islands.

SOMMAIRE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCTION | 6 |
| 1.1 | L'ANTENNE POLYNÉSIEENNE DE L'IRSN | 6 |
| 1.2 | PRÉSENTATION DU BILAN ANNUEL 2015 | 7 |
| 2 | DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS | 8 |
| | Les îles hautes | 8 |
| | Les atolls | 9 |
| 3 | LOCALISATIONS ET PRÉLÈVEMENTS SÉLECTIONNÉS | 10 |
| 3.1 | LOCALISATIONS SÉLECTIONNÉES | 10 |
| | Les îles hautes sélectionnées | 10 |
| | Les atolls sélectionnés | 10 |
| 3.2 | PRÉLÈVEMENTS SÉLECTIONNÉS | 11 |
| | Prélèvements du milieu physique | 11 |
| | Prélèvements du domaine biologique | 11 |
| 4 | NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ ET ÉVOLUTION | 12 |
| 4.1 | PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS PHYSIQUES | 13 |
| | Radioactivité de l'air | 13 |
| | Radioactivité de l'eau | 15 |
| | Radioactivité dans les sols | 17 |
| 4.2 | PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS BIOLOGIQUES | 22 |
| | Milieu marin | 23 |
| | Milieu terrestre | 27 |
| 5 | EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE | 30 |
| 5.1 | GÉNÉRALITÉS | 30 |
| 5.2 | LES DOSES REÇUES PAR LES POPULATIONS DU FAIT DE LA RADIOACTIVITÉ D'ORIGINE ARTIFICIELLE | 31 |
| | Dose efficace annuelle liée à l'exposition externe | 32 |
| | Dose efficace annuelle liée à l'inhalation | 35 |
| | Dose efficace annuelle liée à l'ingestion | 35 |
| 6 | CONCLUSION | 38 |
| 7 | RÉFÉRENCES | 40 |

1 1

L'ANTENNE POLYNÉSISIENNE DE L'IRSN

Le LESE (Laboratoire d'étude et de suivi de l'environnement) est implanté à Vairao depuis 2009, après avoir été basé durant quarante-quatre ans à Mahina. Il effectue depuis 1962 une surveillance permanente de la radioactivité en Polynésie française. Depuis 1966, le rapport annuel correspondant à cette surveillance, hors les sites d'expérimentations de Moruroa et Fangataufa, est transmis à l'UNSCEAR via le ministère des Affaires Étrangères.

Cette surveillance a été mise en place à l'époque des essais aériens d'armes nucléaires effectués par les grandes puissances militaires (États-Unis, Union soviétique, Royaume-Uni, France, Chine). Ces essais ont provoqué des retombées de radionucléides artificiels à l'échelle planétaire étalées sur plusieurs années. En Polynésie française, le LESE s'est plus particulièrement intéressé aux retombées des quarante et un essais atmosphériques réalisés par la France dans cette région du globe entre 1966 et 1974 et à leurs conséquences sur les populations. La surveillance de la radioactivité en Polynésie française a commencé dès 1962, antérieurement à l'ouverture du CEP en 1964. Dès l'origine, cette surveillance s'inscrivait dans le cadre plus large du Réseau Mondial Français de Surveillance Radiologique (RMFSR).

Aujourd'hui, de la même manière qu'en métropole, le LESE poursuit la surveillance au titre de sa mission de veille permanente en matière de radioprotection.

Elle concerne plus particulièrement sept îles (Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva et Tubuai) au sein des cinq archipels. Elle consiste à prélever régulièrement et à mesurer la radioactivité des échantillons de nature variée (air, eau, sol, denrées alimentaires...) dans les différents milieux avec lesquels la population peut être en contact. En 2014 et en 2015, le LESE a été associé à la mission Turbo de DGA-CEA pour la mesure de la radioactivité dans des poissons et dans l'eau océanique en flanc d'atoll à Moruroa.

Une vocation environnementale renforcée.

La diminution dans l'environnement des niveaux de radioactivité d'origine artificielle conjuguée à la demande sociétale de toujours mieux caractériser les pollutions, aussi faibles soient-elles, conduit le LESE à infléchir progressivement sa stratégie de surveillance, en réorientant son réseau de mesures à vocation initialement sanitaire,

vers un réseau qui doit permettre de mesurer aussi finement que possible les niveaux de radioactivité encore observables aujourd'hui dans l'environnement.

La quantité d'échantillons analysés a été réduite par rapport aux années précédentes au profit d'analyses de sols, de la réalisation de cartographies de débits de dose ambiants dans différentes îles et par l'intégration d'une étude radiologique ponctuelle dans une autre île, différente chaque année des sept suivies régulièrement. En 2015, l'île de Raivavae située dans l'archipel des Australes a été retenue.

Des expertises ponctuelles.

En complément de cette surveillance pérenne, le LESE effectue des expertises ponctuelles pour le compte des autorités du Pays (Direction de l'Environnement, Direction Générale des Affaires Économiques...) ou pour le compte d'organismes de l'État ou d'entreprises privées comme par exemple pour le contrôle des anciens sites du CEP (Centre d'Expérimentation du Pacifique) en cours de déconstruction.

L'IRSN a participé le 26 mai et le 10 décembre 2015 aux deux premières commissions d'information du public (création par l'arrêté au J.O. de la République française du 19 mai 2015) sur l'impact sanitaire et environnemental des essais nucléaires réalisés sur Moruroa et Fangataufa.

Appui aux pouvoirs publics en situation de crise.

Le faible nombre d'installations nucléaires dans l'hémisphère sud, éloignées des territoires français du Pacifique, rend très improbable une situation de crise radiologique. Cependant, même si un accident survenait dans l'hémisphère nord, les échanges commerciaux et la migration des poissons nécessiteraient des mesures de contrôle. Ainsi, en mai 2011, l'IRSN a renforcé ses contrôles pour confirmer l'absence d'impact radiologique par voie atmosphérique en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie pendant plusieurs semaines après l'accident nucléaire au Japon. Cette surveillance se poursuit toujours sur les poissons pélagiques qui pourraient véhiculer des traces de radioactivité lors de leurs migrations du Pacifique nord vers le Pacifique sud. Depuis 2012, les prélèvements de poissons pélagiques ont été intensifiés sur l'ensemble de la ZEE (Zone Économique Exclusive) de la Polynésie française.

1 2 PRÉSENTATION DU BILAN ANNUEL 2015

Dans ce rapport, le chapitre 2 propose une description sommaire de la Polynésie française.

Le chapitre 3 présente les sept zones de prélèvements et les trois grands types de prélèvements : ceux du milieu physique, ceux du domaine marin et ceux du domaine terrestre. La quasi-totalité des prélèvements des deux derniers types sont des constituants de la ration alimentaire des Polynésiens.

Les niveaux de la radioactivité des échantillons analysés en 2015 sont rapportés dans le chapitre 4.

Le chapitre 5 traite de la signification dosimétrique de ces niveaux de radioactivité.

Le chapitre 6 résume les principaux résultats de l'année 2015.

Une annexe à ce rapport [1], consultable sur le site internet de l'IRSN (www.irsn.fr), présente de façon plus exhaustive les résultats de l'année 2015 :

- les niveaux d'activité du milieu physique ;
- les niveaux d'activité du domaine biologique ;
- les débits de dose externes mesurés en 2015 sur l'île de Raivavae ;
- les doses par île, pour les adultes et pour les enfants de moins de 5 ans, liées à l'ingestion des denrées locales, régionales et importées ;
- les doses totales annuelles pour les adultes et pour les enfants de moins de 5 ans.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS

La Polynésie française est constituée de 118 îles, dont 76 habitées, regroupées en cinq archipels : Société, Tuamotu, Gambier, Australes et Marquises. Elle représente dans le Pacifique Sud une surface de 5 millions de kilomètres carrés d’océan, pour une superficie totale des terres émergées d’environ 3 500 km². La population compte moins de 270 000 habitants (recensement d’août 2012) et l’essentiel vit sur l’île de Tahiti (70 %).

Le climat polynésien est tropical et humide, sans excès. Les températures moyennes annuelles sont modérées (21 à 28 °C) et les contrastes thermiques saisonniers faibles. Les précipitations moyennes sont élevées sans être excessives, 1 800 à 2 000 mm par an. L’ensoleillement est important, 250 h par mois à Tahiti (côte ouest). Les eaux des lagons sont chaudes, de 23 à 27 °C toute l’année. Ces conditions favorisent un mode de vie essentiellement à l’extérieur des habitations.

Les archipels sont constitués d’îles hautes ou d’atolls. La barrière récifale n’entoure pas totalement certaines îles (cas de Tahiti) ou est encore inexistante (îles des Marquises) alors qu’elle est fermée ou quasiment fermée pour les atolls et en constitue la seule part de terre immergée.

Les îles hautes

Ces îles, avec parfois des vallées étroites et encaissées, peuvent culminer jusqu’à plus de 2 000 m (Fig. 1). L’habitat est situé pour l’essentiel au niveau de la ceinture littorale. Les cultures maraîchères et fruitières de même que l’élevage y sont pratiqués ainsi que la pêche.

À Tahiti, le régime alimentaire est varié et les productions en provenance de Tahiti et des autres îles peuvent y être trouvées en abondance (poissons, mollusques, crustacés, légumes, fruits, viande de porc). On y trouve également des produits importés, principalement de métropole, de Nouvelle-Zélande, des États-Unis et d’Asie.

Les autres îles hautes sont un peu moins bien approvisionnées que Tahiti en diversité de produits mais disposent d’un large éventail de denrées locales, fruits, légumes (Fig. 2), produits de la pêche et de denrées de première nécessité importées (riz, farine, huile, sucre...) arrivant par liaisons maritimes régulières.



Figure 2 - Culture du Taro.



Figure 1 - Île de Raivavae (Australes).

Les atolls

Ces îles basses ou atolls sont de simples anneaux de corail (Fig. 3), à fleur d'eau, avec essentiellement des plantations de cocotiers qui sont la source de revenu unique pour une part importante de la population (Fig. 4).

Le régime alimentaire de leurs habitants est principalement constitué des produits de la pêche locale, de noix de coco et de quelques élevages familiaux : poulets, porcs... Les denrées importées sont en général moins nombreuses et arrivent plus irrégulièrement que dans les îles hautes.



Figure 3 - Atoll de Rangiroa (Tuamotu).



Figure 4 - Séchage de la chair de coco pour obtenir le coprah.

3 1

LOCALISATIONS
SÉLECTIONNÉES

Étant donné les grandes distances, les faibles populations impliquées et les différents modes de vie, sept îles des cinq archipels ont été retenues depuis 1998 pour un contrôle radiologique annuel d'échantillons biologiques. À partir de 2015, est intégrée une île supplémentaire, différente chaque année (Fig. 5).

Les îles hautes sélectionnées

- **Tahiti et Maupiti** de l'archipel de la Société ;
- **Mangareva** de l'archipel des Gambier ;
- **Tubuai** de l'archipel des Australes. Pour 2015, **Raivavae**, est aussi sélectionnée afin de disposer de données récentes sur une seconde île de l'archipel.
- **Hiva Oa** de l'archipel des Marquises.

Les atolls sélectionnés

- **Rangiroa et Hao** de l'archipel des Tuamotu.

Le choix de ces îles répond à plusieurs impératifs :

- couvrir géographiquement l'ensemble du territoire de la Polynésie française, presque 3 000 km d'est en ouest et 2 000 km du nord au sud ;
- tenir compte de la typologie des deux catégories d'îles : îles hautes et atolls ;
- respecter la démographie très hétérogène de ce territoire ;
- tenir compte de la position des deux atolls de Moruroa et Fangataufa, supports des essais nucléaires atmosphériques français de 1966 à 1974 ;
- retenir les îles les plus peuplées de chaque archipel ; Maupiti est aussi retenue en plus de Tahiti car c'est l'île la plus à l'ouest de l'archipel de la Société et Hao est retenue en plus de Rangiroa compte tenu de l'étendue de l'archipel des Tuamotu et de sa plus grande proximité des sites d'essais.

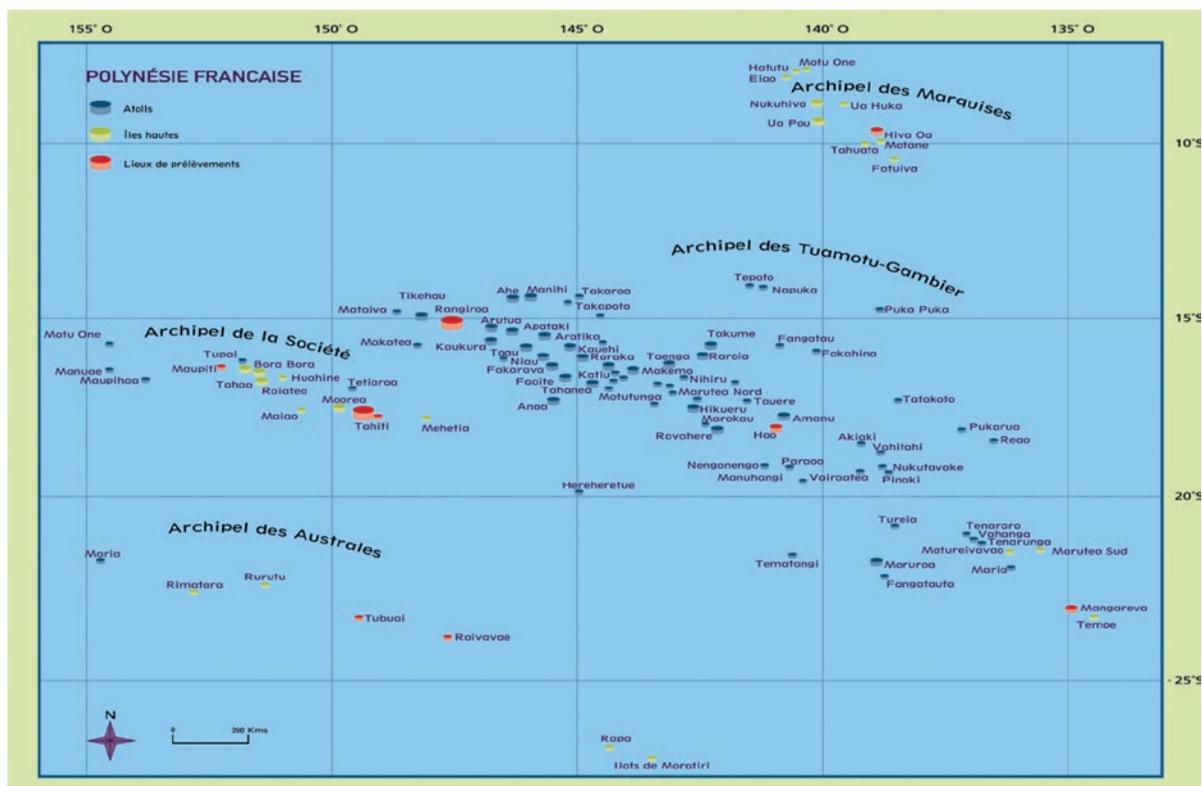


Figure 5 - Position des huit îles de Polynésie française retenues dans le programme de surveillance radiologique de 2015.

À PARTIR DE 2015, UNE ÎLE SUPPLÉMENTAIRE, DIFFÉRENTE CHAQUE ANNÉE, COMPLÈTE LE SUIVI RÉGULIER EFFECTUÉ SUR LES SEPT ÎLES DES CINQ ARCHIPELS DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE.

par une campagne de prélèvement de sol visant à établir la rémanence de la radioactivité artificielle déposée par voie atmosphérique à la suite des essais nucléaires aériens et par une cartographie de l'exposition radiologique externe (débit de dose ambiant).

Cette année, Raivavae vient ainsi compléter les résultats obtenus pour Tubuai, deux îles du même archipel des Australes. Les plans de prélèvement des denrées sont identiques pour les deux îles. L'étude est complétée, dans le cas de Raivavae,

3 2 PRÉLÈVEMENTS SÉLECTIONNÉS

La sélection est orientée en fonction des deux objectifs de la surveillance :

- suivre les niveaux de la radioactivité d'origine artificielle dans l'environnement ;
- estimer l'exposition des populations à cette radioactivité artificielle.

La quantité d'échantillons biologiques a été réduite par rapport aux années précédentes au profit d'analyses de sols, de la réalisation de cartographies de débits de dose ambiants dans différentes îles et de l'intégration d'une étude radiologique ponctuelle dans une île supplémentaire.

- Prélèvements du milieu physique _

Il s'agit des aérosols de l'air, d'eau de pluie, de rivière (Fig. 6) et de source prélevés à Tahiti, d'eau de mer prélevée dans le lagon de Tahiti et au large de Moruroa ainsi que des sols prélevés à Raivavae.

- Prélèvements du domaine biologique _

La baisse continue des niveaux de radioactivité dans l'environnement dans un contexte où il n'y a pas de source de contamination potentielle nouvelle, ne justifie plus d'analyser les mêmes échantillons prélevés dans la même

île plusieurs fois dans l'année [2]. Un prélèvement unique de chaque denrée contenue dans les rations alimentaires a été retenu, à l'exception des poissons pélagiques dont le marquage en césium consécutif à l'accident de Fukushima peut encore être recherché pour des espèces migrantes. Pour les poissons lagunaires, plusieurs espèces (lutjan, bec de cane, baliste...) étaient analysées dans le passé. Depuis 2010, les prélèvements sont restés focalisés sur les mérus qui sont de bons intégrateurs du césium.

Six correspondants permanents et un correspondant ponctuel en 2015 pour Raivavae ont collaboré avec le laboratoire pour la récolte et l'envoi des échantillons, ceux de Tahiti ayant été collectés par le personnel du laboratoire. La pêche des deux poissons à Moruroa a été effectuée par l'équipe de la mission Turbo.



Figure 6 - Prélèvement d'eau de rivière à Tautira (côte est de la presqu'île de Tahiti).

4

NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ ET ÉVOLUTION

Pour le suivi 2015, le nombre total de prélèvements est de 205 : 47 pour le domaine physique et 158 pour le domaine biologique. Six échantillons supplémentaires ont été analysés dans le cadre du contrôle réglementaire sur les produits importés en provenance du Japon [3] à la demande de la Direction Générale des Affaires Économiques de la Polynésie française.

Toutes les mesures de radioactivité ont été réalisées à Tahiti par le LESE, à l'exception des prélèvements d'aérosols pour lesquels les analyses gamma (γ) ont été effectuées par le laboratoire IRSN/LMRE d'Orsay dans l'Essonne [91]. Le LESE dispose d'équipements dédiés à la mesure directe

non destructive par spectrométrie γ (Fig. 7) ou après radiochimie sélective (Fig. 8) pour les analyses alpha (α) du plutonium (Pu). La mesure du Plutonium est effectuée par analyse spectrométrique capable de distinguer son isotope 238 et ses isotopes 239 et 240. Pour ces derniers, la différence d'énergie de leurs émissions alpha respectives n'étant pas assez importante pour les différencier, le résultat concerne leur somme ($^{239+240}\text{Pu}$).

Les résultats des mesures de strontium 90 étaient tous inférieurs aux limites de détection ces dernières années. Ces analyses, restreintes aux poissons de lagon et au coprah depuis 2009 [2], ne sont plus réalisées depuis 2013.

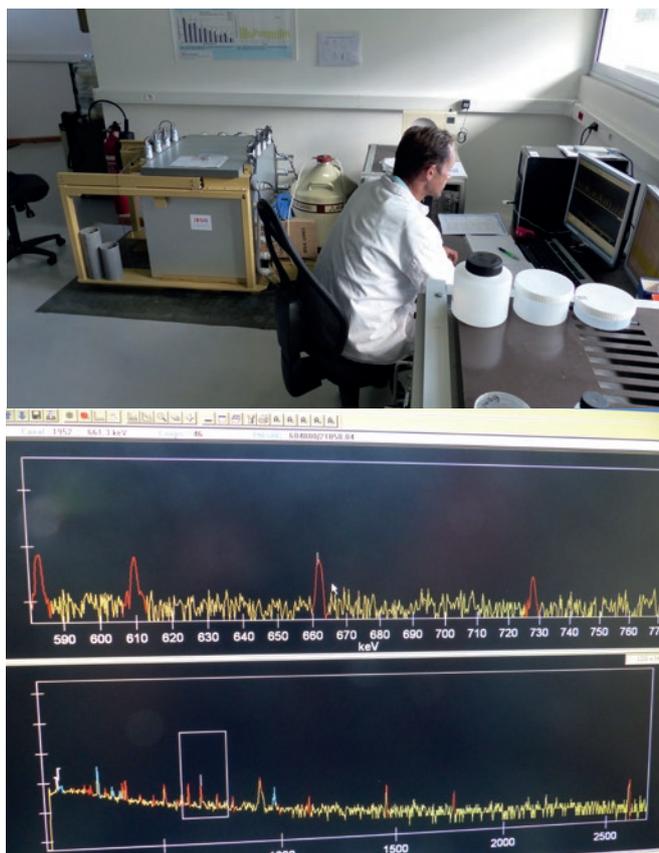


Figure 7 - Spectromètre γ Ge HP bas bruit de fond équipé d'un veto cosmique (^{137}Cs , ^{60}Co ...) et spectrogramme d'un échantillon de sol de Raivavae présentant en encadré le pic photoélectrique à 661 keV caractéristique du ^{137}Cs – les autres pics marqués en rouge sont relatifs aux radionucléides naturels présents dans l'échantillon et dans le bruit de fond.

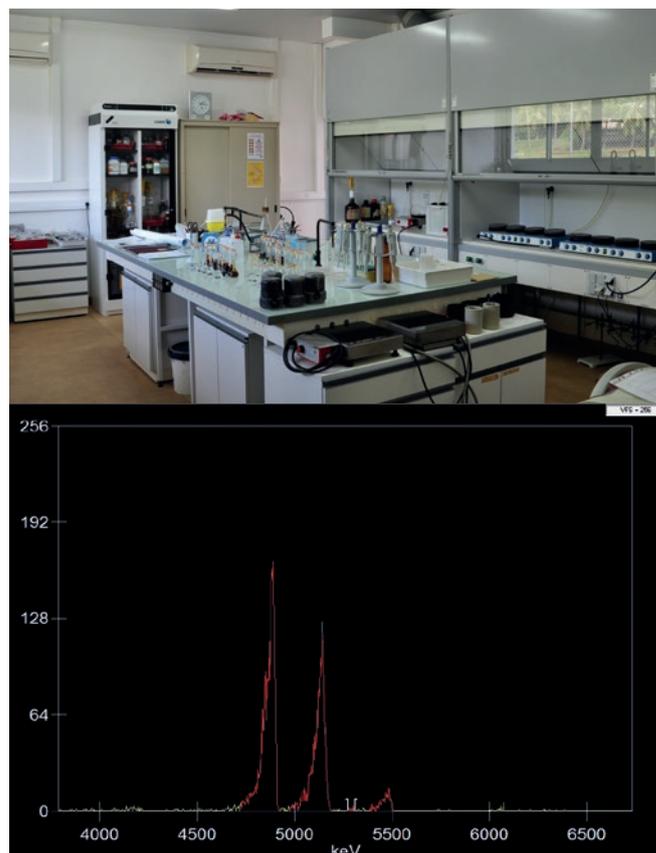


Figure 8 - Laboratoire de radiochimie et spectrogramme alpha indiquant le signal du traceur de chimie ^{242}Pu (pic à gauche) et les signaux des isotopes contenus dans un échantillon de sol de Raivavae : somme $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ (pic au centre) et ^{238}Pu (pic à droite).

4 1 PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS PHYSIQUES

Radioactivité de l'air

Les prélèvements d'aérosols sont réalisés en continu sur filtre avec une station à grand débit d'aspiration (environ 300 m³/h) (Fig. 9). Depuis 2011, la mesure des aérosols à Tahiti est restreinte à la première décade de chaque mois. Les prélèvements d'octobre et de novembre 2015 n'ont pas été réalisés à la suite d'une panne de la station.

Le tableau 1 présente les activités moyennes annuelles des ¹³⁷Cs, ⁷Be, ²²Na, ⁴⁰K et ²¹⁰Pb, à Tahiti et à Orsay en région parisienne, pour ces trois dernières années. Les incertitudes indiquées sont relatives à la mesure et non pas à une variabilité naturelle. Les activités moyennes mensuelles de 2015 ainsi que les volumes d'air prélevés pour chacune des périodes, relatifs aux stations de Tahiti et d'Orsay, sont fournis dans les tableaux AI-1 et AI-2 du rapport Annexes [1].



Figure 9 - Station de prélèvement d'aérosols à Vairao.

Tableau 1 - Activités moyennes annuelles (μBq.m⁻³) de 2013 à 2015 pour les cinq radionucléides détectés dans les aérosols prélevés à Tahiti et à Orsay. Ces activités sont calculées à partir des activités moyennes mensuelles pondérées des volumes d'air prélevés.

| Radionucléides | Activités en μBq.m ⁻³ | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|-------------|--------------------|
| | Tahiti (Vairao) | | | Métropole (Orsay 91) | | |
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Artificiels | | | | | | |
| ¹³⁷ Cs | 0,06 ± 0,04 | 0,06 ± 0,04 | 0,06 ± 0,03 | 0,16 ± 0,04 | 0,10 ± 0,04 | 0,13 ± 0,05 |
| Naturels | | | | | | |
| ⁷ Be | 1 960 ± 700 | 2 470 ± 730 | 3100 ± 900 | 3 000 ± 500 | 3 300 ± 500 | 3400 ± 500 |
| ²² Na | 0,14 ± 0,08 | 0,23 ± 0,11 | 0,27 ± 0,11 | 0,34 ± 0,09 | 0,33 ± 0,09 | 0,34 ± 0,09 |
| ⁴⁰ K | 5,1 ± 1,8 | 6,0 ± 2,1 | 6,7 ± 2,2 | 5,7 ± 1,2 | 6,7 ± 1,4 | 7,8 ± 1,6 |
| ²¹⁰ Pb | 61 ± 19 | 70 ± 20 | 89 ± 25 | 330 ± 60 | 380 ± 60 | 410 ± 60 |

Le seul radionucléide artificiel émetteur γ encore détectable en Polynésie française est le ^{137}Cs . Il témoigne de la faible persistance de la radioactivité introduite dans la haute atmosphère lors d'essais aériens d'armes nucléaires. Les résultats mensuels n'excèdent pas $0,10 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ($0,0000001 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) et la moyenne annuelle est comparable à celle des années précédentes. L'évolution de l'activité volumique du ^{137}Cs dans l'air à Tahiti et à Orsay montre une diminution comparable, d'environ trois à quatre ordres de grandeur, entre 1971 et 2015 (Fig. 10 et 11). La valeur

moyenne annuelle à Orsay reste environ deux fois plus élevée que celle de Tahiti car la remise en suspension de poussières des sols en région continentale est plus importante et l'injection de radioactivité dans la haute atmosphère de l'hémisphère nord a été plus forte que dans l'hémisphère sud.

Les quatre radionucléides d'origine naturelle mesurés dans les aérosols proviennent des hautes couches (^7Be , ^{22}Na) et des basses couches (^{40}K , ^{210}Pb) de l'atmosphère.

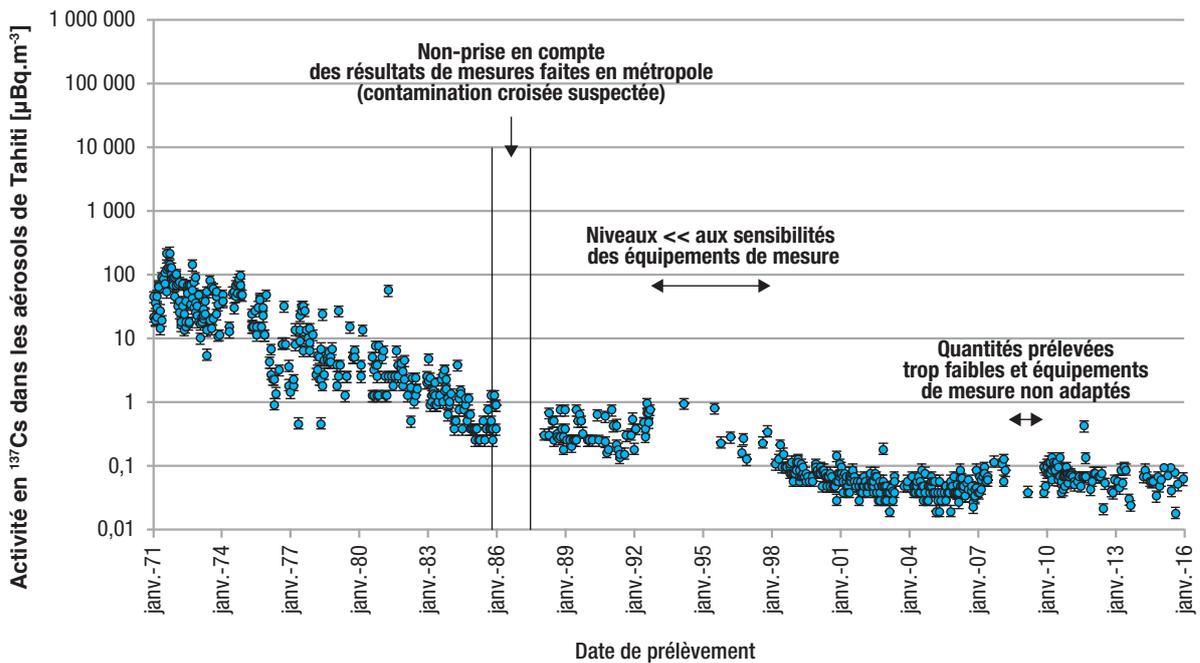


Figure 10 - Activité ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) en ^{137}Cs dans les aérosols prélevés à Tahiti de janvier 1971 à décembre 2015.

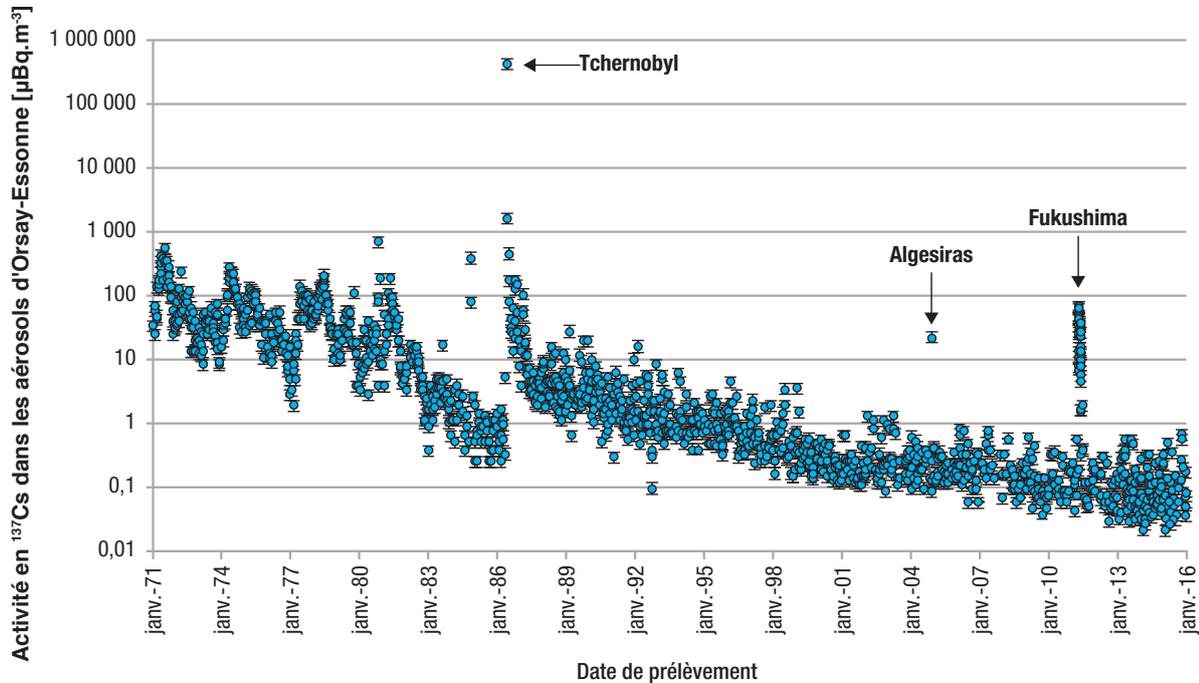


Figure 11 - Activité ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) en ¹³⁷Cs dans les aérosols prélevés à Orsay (Essonne) de janvier 1971 à décembre 2015.

Radioactivité de l'eau

L'eau de mer

En février 2015, l'Institut océanographique canadien Woods Hole a mesuré du césium 134 et du césium 137 (1,4 et 5,8 $\text{mBq}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivement) dans l'eau au large de l'île de Vancouver, caractérisant l'impact de l'accident de Fukushima Daiichi dans les eaux océaniques distantes (<https://www.whoi.edu/>).

Afin de vérifier un impact éventuel dans les eaux polynésiennes, la fréquence de prélèvement de l'eau de mer, annuelle auparavant, est devenue mensuelle en 2011 puis réduite à quelques prélèvements annuels les années suivantes. Ces prélèvements d'échantillon d'eau de mer sont effectués depuis 2009 à 1,5 m de profondeur dans le lagon de Vairao au sud de Tahiti (Société). En 2015, un de ces échantillons provient de l'océan au large de Moruroa (Tuamotu).

La mesure des césiums (134 et 137), deux radionucléides massivement rejetés dans l'environnement lors de l'accident de mars 2011 au Japon, est réalisée par spectrométrie γ à l'issue d'un passage sur résine d'un volume de 100 à 200 L d'eau.

La détection de l'isotope 134, dont la période radioactive est de 2,1 ans, caractériserait l'impact de Fukushima. Cet impact devrait aussi être observé par l'augmentation de la concentration en ¹³⁷Cs.

L'isotope 137, de période radioactive plus élevée, proche de 30 ans, préexiste dans l'atmosphère et dans les sols du fait des essais nucléaires atmosphériques ($1,3\cdot 10^{18}$ Bq libérés dans l'atmosphère entre 1945 et 1980). Il provient aussi des retombées de l'accident de Tchernobyl (moins de 10^{17} Bq libérés dans l'atmosphère dont une grande partie est retombée en Europe) ainsi que des rejets des usines de retraitement du combustible et des centrales électronucléaires ($8,0\cdot 10^6$ Bq en 2014 pour un réacteur de 1300 MWe, sous la forme d'effluents liquides principalement).

CHRONIQUE : ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION DU ^{137}Cs DANS L'EAU DE MER EN POLYNÉSIE DEPUIS 1983.

L'évolution de la concentration (exprimée en mBq.L^{-1}) du ^{137}Cs dans les eaux de mer de la ZEE (zone Économique Exclusive) de la Polynésie française (océan et lagon) de 1983 à 2015 est représentée sur la figure 12.

Les données ont été obtenues pour des échantillons prélevés à 10 m de profondeur en océan au large de Tahiti

en 1983 et de 1985 à 1994, au large de Hao en 1984 et au large de Rangiroa en 1996. À partir de 1997, les prélèvements ont eu lieu à 1,5 m de profondeur, en océan au large de Tahiti de 1997 à 2005, dans le lagon à la pointe Vénus de 2006 à 2008 et dans le lagon de Vairao depuis 2009. En 2014 et en 2015, deux échantillons ont été prélevés en océan à 12 milles nautiques de Moruroa.

La diminution de la concentration du ^{137}Cs sur cette période de plus de 30 ans correspond essentiellement à la décroissance radioactive de ce radionucléide. Ce radionucléide se dilue peu dans la masse océanique mais reste plutôt concentré dans les eaux de surface. Les prélèvements de Moruroa donnent des résultats similaires aux quatre prélèvements provenant du lagon de Vairao.

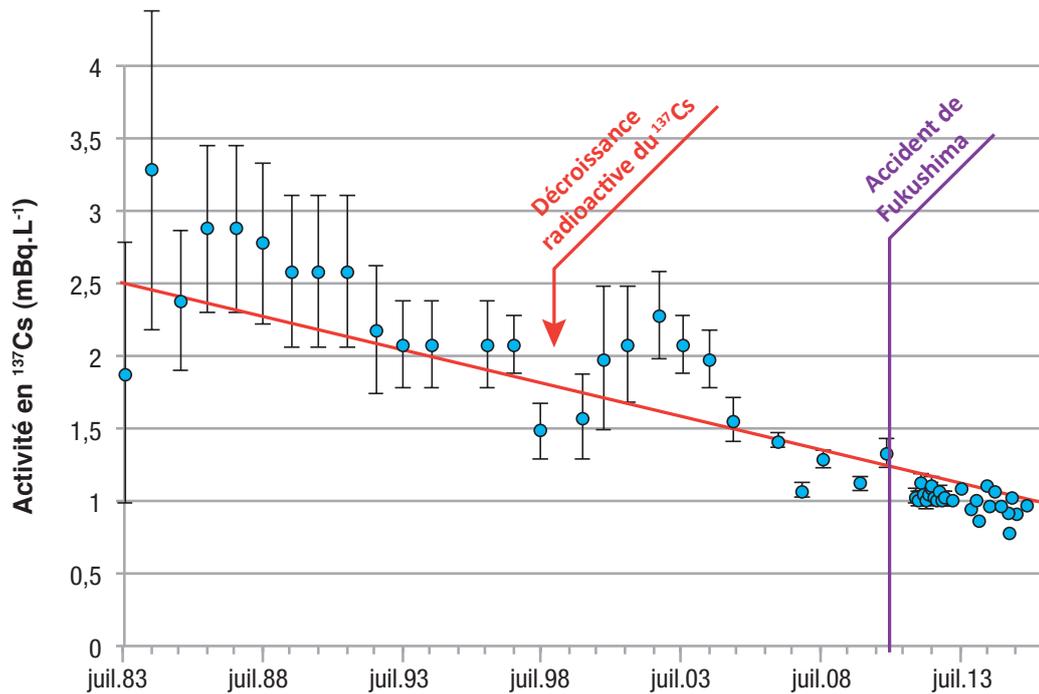


Figure 12 - Concentration du ^{137}Cs (mBq.L^{-1}) dans l'eau de mer océanique de 1983 à 2005, lagonaire depuis 2006. En 2015, quatre prélèvements proviennent du lagon de Vairao à Tahiti et un de l'océan au large de Moruroa.

Comme pour ces dernières années, le ^{134}Cs n'a pas été détecté dans ces prélèvements en 2015 (Tab. AI-3 [1]), confirmant que la concentration de ^{137}Cs observée est toujours issue des résidus des retombées des essais nucléaires atmosphériques anciens et que la contamination du domaine marin japonais n'est pas décelable dans les eaux polynésiennes.

La valeur moyenne de $0,93 \pm 0,08 \text{ mBq.L}^{-1}$ pour le ^{137}Cs mesurée durant l'année 2015 à Vairao et la valeur mesurée de $1,04 \pm 0,10 \text{ mBq.L}^{-1}$ au large de Moruroa sont proches de celles obtenues généralement dans cette zone de l'océan Pacifique et de celles obtenues depuis 2009 à Vairao et les années précédentes au nord de Tahiti (pointe Vénus – Mahina). La similitude des teneurs en ^{137}Cs dans les eaux lagunaires de Tahiti et dans les eaux océaniques à Moruroa indique que la dilution de ce radionucléide dans l'océan ne permet plus de signer la proximité ou non d'un site où se sont déroulés des essais nucléaires il y a près de 40 ans.

■ Les eaux douces

Le ^{137}Cs n'a pas été détecté dans les prélèvements d'eau douce (eaux de pluie¹, de source et de boisson collectées à Tahiti (Tab. AI-3 [1]), ni dans les eaux de boissons collectées à Tubuai (Tab. AII-1 [1]), à Maupiti (Tab. AII-3 [1]), à Hiva Oa (Tab. AII-5 [1]) et à Raivavae (Tab. AII-10 [1]). Tous les résultats sont inférieurs aux limites de détection (LD).

Par contre, l'eau de rivière collectée en 2015 à Tautira (sud-est de Tahiti) présente une teneur en ^{137}Cs de $0,07 \pm 0,05 \text{ mBq.L}^{-1}$. Cette valeur, proche des limites de détection, n'est pas significativement différente des résultats des mesures réalisées en 2014 dans la vallée de la Faatautia (Hitiaa, côte est de Tahiti), ni de ceux obtenus de 2009 à 2013 sur une eau collectée dans une rivière de la presqu'île (Teahupoo) ainsi que ceux des années antérieures pour des prélèvements au nord de Tahiti (Papenoo). Il semble que cette radioactivité artificielle résiduelle dans les eaux de rivière soit homogène sur l'île de Tahiti.

Le ^{40}K , dont l'origine est naturelle, est systématiquement détecté dans ces échantillons d'eaux douces.

1. Les analyses de l'eau de pluie, de fréquence mensuelle jusqu'en 2009, sont faites semestriellement depuis 2010 tout en conservant la continuité du prélèvement mais en réduisant la surface de collecte.



Figure 14 - Prélèvement d'un sol en sous-bois à Raivavae.

Radioactivité dans les sols

En 2015, cinq prélèvements de sol à Raivavae, dont les localisations sont indiquées sur la figure 13, ont été réalisés pour établir les profils de concentration du ^{137}Cs sur une profondeur de 30 cm et du Pu ($^{239+240}\text{Pu}$ et ^{238}Pu) sur une profondeur de 15 cm (afin de limiter les mesures, le plutonium étant peu mesurable au-delà de cette profondeur). Seul l'échantillon Rv-3 a fait l'objet de mesure du plutonium jusqu'à 25 cm de profondeur. Les caractéristiques des échantillonnages et l'ensemble des résultats d'analyse sont indiqués en annexe (Tab. AI-4 à AI-14 [1]).



Figure 13 - Localisations des cinq sites de prélèvement de sol à Raivavae en 2015.

Pour les sols de Raivavae, chaque échantillon est constitué par deux prélèvements distants de quelques mètres sur le même site (Fig. 14). Chaque prélèvement a été découpé en horizon de 2 cm d'épaisseur sur les 10 premiers cm et de 5 cm d'épaisseur entre 10 et 30 cm de profondeur (Fig. 15).

Pour chaque site, les horizons identiques des deux prélèvements sont rassemblés pour ne faire qu'un échantillon par horizon. Après séchage en étuve, racines et cailloux ôtés, un broyage a été réalisé pour obtenir des échantillons homogènes indispensables aux analyses.

Les spectrométries γ ont été faites pour tous les horizons et les mesures α pour les horizons de 0 à 15 cm, hormis pour l'échantillon Rv-1 pour lequel les mesures en Pu ont été limitées à quatre horizons, les teneurs étant faibles dans les deux premiers horizons, 0-2 et 2-4 cm et en limite de détection pour les horizons 4-6 et 10-15 cm. Les horizons 15-20 et 20-25 cm de l'échantillon Rv-3 ont été aussi mesurés suite aux résultats relativement homogènes observés jusqu'à 15 cm de profondeur.

• Activités du césium 137.

L'activité du ^{137}Cs de l'échantillon Rv-1 est très faible sur toute sa profondeur. Une valeur de $0,18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ a été déterminée dans l'horizon 0-2 cm, proche des limites de détection obtenues dans les horizons plus profonds. L'activité décroît fortement lorsque la profondeur augmente pour les échantillons Rv-4 et Rv-5 et dans tous les cas au-delà de 10 cm pour tous les échantillons (Fig. AI-1 [1]). Sauf pour Rv-1, la répartition du ^{137}Cs en fonction de la profondeur est indiquée dans le tableau 2. 43 à 79 % de l'activité est concentrée dans les 10 premiers cm de sol. Pour Rv-4 et Rv-5, on obtient même 55 % de l'activité dans les 6 premiers centimètres. Ces résultats indiquent que le ^{137}Cs a peu migré en profondeur dans le sol depuis la période des plus forts dépôts d'aérosols des années 1970 (Fig. 16 et Fig. AI-1[1]).



Figure 15 - Découpe des différents horizons d'un échantillon de sol de Raivavae.

Tableau 2 - Répartition (en %) en fonction de la profondeur de l'activité du ^{137}Cs dans quatre prélèvements de sol de Raivavae.

| Profondeur | Proportion (%) de l'activité du ^{137}Cs | | | |
|-----------------|---|------|------|------|
| | Rv-2 | Rv-3 | Rv-4 | Rv-5 |
| 0 - 6 cm | 38 | 27 | 55 | 55 |
| 0 - 10 cm | 69 | 43 | 78 | 79 |
| 10 - 20 cm | 25 | 42 | 19 | 16 |
| 20 - 30 cm | 6 | 15 | 3 | 5 |
| Total 0 - 30 cm | 100 | 100 | 100 | 100 |

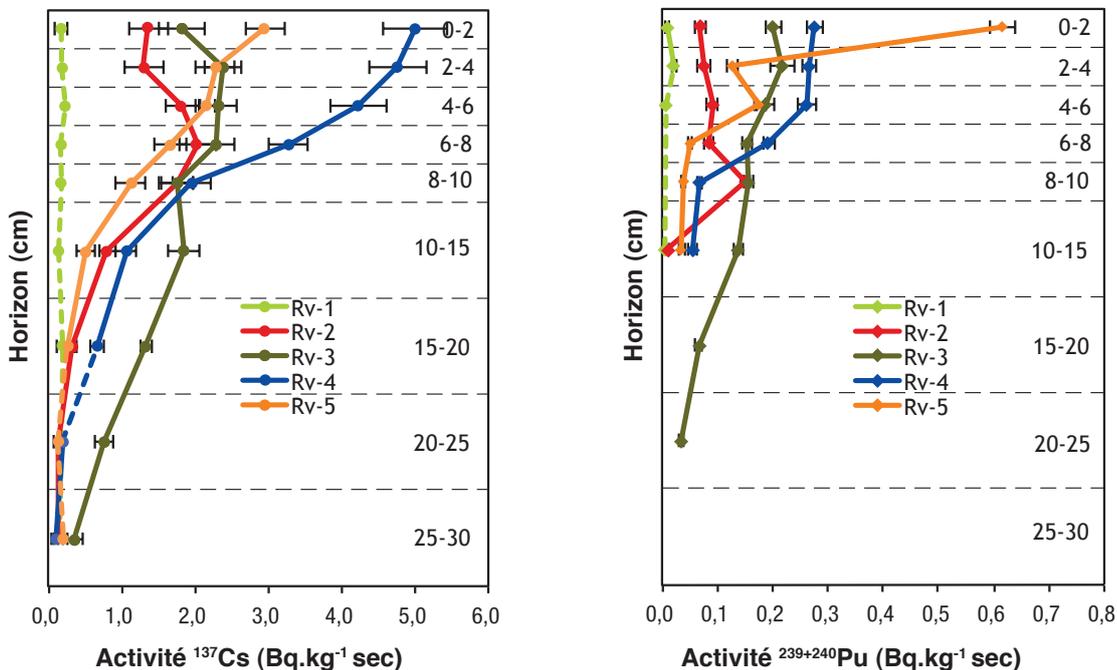
• Activités du plutonium.

Comme pour le ^{137}Cs , l'activité du Pu dans l'échantillon Rv-1 est très faible sur toute sa profondeur. Il est détecté dans les 4 premiers centimètres uniquement. Ce résultat indique que le sol correspondant à l'échantillon RV-1 a été remanié depuis la période du dépôt atmosphérique de cette radioactivité. Quoique le prélèvement ait eu lieu en hauteur dans un bois à quelques dizaines de mètres d'une route, les travaux d'aménagement de cette route ont probablement donné lieu à un remblaiement ou à un retrait de terre sur cette zone. Cet échantillon ne peut pas être considéré comme représentatif de la rémanence des retombées sur ce site.

L'échantillon Rv-3 présente une teneur en $^{239+240}\text{Pu}$ assez homogène en fonction de la profondeur jusqu'à 15 cm indiquant une plus forte pénétration que pour les autres

échantillons (Fig. 16). Pour les trois autres échantillons, l'activité en $^{239+240}\text{Pu}$ est très faible au-delà de 10 cm de profondeur. Elle décroît très rapidement à partir de l'horizon 0-2 cm pour Rv-5, à partir de l'horizon 4-6 cm pour Rv-4 alors que la teneur maximum est dans l'horizon 8-10 cm pour Rv-2 (Fig. A1-2 [1]). 38 à 82 % de l'activité (Tab. 3) est concentrée dans les 6 premiers cm de sol (9 à 47 % entre 6 et 10 cm et 5 à 24 % entre 10 et 15 cm). Pour l'échantillon Rv-3, il y a encore 22 % de l'activité de Pu au-delà de 15 cm de profondeur.

Les activités du ^{238}Pu sont plus de dix fois plus faibles que celles des $^{239+240}\text{Pu}$ dans ces échantillons. Elles conduisent à des rapports d'activité isotopique (entre 0,5 et 0,9) (Tab. A1-17 [1]) plus faibles que celui mesuré dans les îles de la société [0,13] [4].



NM : non mesuré, valeur considérée à 0 pour le calcul de la répartition dans les autres horizons.

Figure 16 - Activités (en $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$) en ^{137}Cs et en $^{239+240}\text{Pu}$ en fonction de la profondeur pour cinq échantillons de sol prélevés à Raivavae en 2015, en pointillé les valeurs en limite de détection. L'échantillon Rv-1 provient d'un sol remanié, il ne reflète pas la rémanence de la radioactivité sur le site.

Tableau 3 - Répartition (en %) en fonction de la profondeur de l'activité du Pu dans quatre prélèvements de sol de Raivavae.

| Profondeur | Proportion (%) de l'activité du $^{239+240}\text{Pu}$ | | | |
|-----------------|---|------|------|------|
| | Rv-2 | Rv-3 | Rv-4 | Rv-5 |
| 0 - 6 cm | 48 | 38 | 64 | 82 |
| 6 - 10 cm | 47 | 16 | 24 | 9 |
| 10 - 15 cm | 5 | 24 | 12 | 9 |
| 15 - 20 cm | NM | 15 | NM | NM |
| 20- 25 cm | NM | 7 | NM | NM |
| Total 0 - 25 cm | 100 | 100 | 100 | 100 |

RÉMANENCE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS LES SOLS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

La radioactivité d'origine artificielle dans l'atmosphère, inférieure à $0,1 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le ^{137}Cs , contribue actuellement très faiblement à la contamination des denrées d'origine terrestre en Polynésie française.

La principale voie de transfert est le sol qui contient encore une fraction des retombées radioactives des essais nucléaires atmosphériques anciens. N'ayant que quelques données anciennes éparses sur les teneurs en radionucléides artificiels dans les sols de Polynésie française, une étude programmée sur plusieurs années a été initiée en 2014. Les analyses concernées par cette étude sont la spectrométrie γ bas bruit de fond et la spectrométrie α pour les isotopes du Pu.

Les sites de prélèvement sont choisis afin de disposer d'un échantillonnage à peu près représentatif dans chacune des îles dans des zones accessibles mais distantes des routes, des habitations et là où les sols ne semblent pas avoir été remaniés depuis le dernier essai atmosphérique français en 1974. Le nombre de sites est cependant limité sur chaque île, compte tenu des petites surfaces concernées, et parce que l'établissement de la distribution verticale de la radioactivité nécessite de nombreuses mesures, en particulier pour le plutonium dont la procédure d'analyse est complexe et longue.

Les prélèvements sont réalisés avec des carottiers ou à l'aide de spatules en fonction de la nature des sols (mamu*/ argile, terre végétale, corail...). Pour les sols prélevés avec un carottier (profondeur maximale de 30 cm) (Fig. 15) des sous-échantillonnages de quelques centimètres d'épaisseur doivent être faits en laboratoire pour évaluer la pénétration en profondeur des radionucléides déposés initialement à la surface des sols par voie atmosphérique. Pour les prélèvements à la spatule, les sols des différents horizons sont directement extraits sur site après la réalisation d'une excavation et dans certains cas, ils sont réalisés sur un horizon unique de la surface à 5 ou 7 cm de profondeur. Les principaux résultats de ces analyses depuis 2014 sont reportés dans le tableau 4 et la figure 17. Les activités intégrées sur la profondeur (5 à 30 cm en fonction des sites) des échantillonnages permettent d'en déduire les fractions du ^{137}Cs et du $^{239+240}\text{Pu}$ déposées au sol (activité surfacique en $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) qui ont migré en profondeur, une autre fraction non mesurable ayant été déplacée, principalement par les eaux de pluie, avant sa pénétration et sa fixation dans les sols.

Pour certaines îles comme Moorea et les Gambiers, ces valeurs de dépôts sont sous-estimées du fait que les échantillonnages ont été limités à une profondeur de 5 cm seulement. Dans le cas de Tahiti, seuls les prélèvements d'au moins 10 cm de profondeur ont été pris en compte pour ce calcul. Le risque de sous-estimation est faible dans le cas de Raivavae puisque les échantillons ont été mesurés jusqu'à 30 cm de profondeur dans le cas du ^{137}Cs , et 15 cm (25 cm pour Rv-3) dans le cas du plutonium. On constate une relative homogénéité des résultats dans les différentes îles hautes, et des activités nettement plus faibles que dans les sols de la France métropolitaine.

* Les Mamu sont des altérites polynésiennes, parties altérées des formations volcaniques.

Tableau 4 - Activités moyennes sur des profondeurs comprises entre 5 et 10 cm en fonction des sites, exprimées en Bq.kg^{-1} sec, du ^{137}Cs , du ^{238}Pu et du $^{239+240}\text{Pu}$, dans les sols de deux îles de la Société, d'un atoll des Tuamotu, de quatre îles des Gambier et d'une île des Australes. Les limites de détection sont prises en compte dans le calcul de la moyenne et de l'écart-type. Les valeurs moyennes ainsi calculées sont donc des teneurs en excès.

| Radionucléides | Données statistiques | Activité (Bq.kg^{-1} sec) | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|
| | | Tahiti (0-5/10 cm) (11 sites) | Moorea (0-5/7 cm) (5 sites) | Hao (0-5/7 cm) (5 sites) | Mangareva, Aukena, Aka- maru, Taravai (0-6 cm) (6 sites) | Raivavae (0-6 cm) (4 sites) |
| ^{137}Cs | Nbre de valeurs significatives | 9 | 5 | 0 | 6 | 6 |
| | Moy \pm $\bar{\sigma}$ | $0,85 \pm 0,73$ | $1,74 \pm 2,58$ | $0,0636 \pm 0,0093$ | $2,54 \pm 1,24$ | $2,54 \pm 1,24$ |
| | min | $\leq 0,24$ | $0,192 \pm 0,067$ | $\leq 0,054$ | $1,256 \pm 0,099$ | $1,256 \pm 0,099$ |
| | max | $2,21 \pm 0,15$ | $6,29 \pm 0,33$ | $\leq 0,075$ | $4,11 \pm 0,22$ | $4,11 \pm 0,22$ |
| ^{238}Pu | Nbre de valeurs significatives | 10 | 5 | 6 | 6 | 3 |
| | Moy \pm $\bar{\sigma}$ | $0,028 \pm 0,043$ | $0,022 \pm 0,025$ | $0,0043 \pm 0,0025$ | $0,0452 \pm 0,0099$ | $0,0165 \pm 0,0080$ |
| | min | $\leq 0,004$ | $0,0018 \pm 0,0013$ | $\leq 0,006$ | $0,0264 \pm 0,0062$ | $\leq 0,007$ |
| | max | $0,137 \pm 0,018$ | $0,063 \pm 0,013$ | $0,0067 \pm 0,0041$ | $0,0555 \pm 0,0099$ | $0,0261 \pm 0,0053$ |
| $^{239+240}\text{Pu}$ | Nbre de valeurs significatives | 11 | 5 | 7 | 6 | 4 |
| | Moy \pm $\bar{\sigma}$ | $0,21 \pm 0,33$ | $0,15 \pm 0,16$ | $0,0354 \pm 0,0048$ | $0,84 \pm 0,26$ | $0,21 \pm 0,11$ |
| | min | $0,0108 \pm 0,0041$ | $0,0077 \pm 0,0027$ | $0,0058 \pm 0,0041$ | $0,469 \pm 0,030$ | $0,078 \pm 0,011$ |
| | max | $1,034 \pm 0,056$ | $0,401 \pm 0,034$ | $0,073 \pm 0,014$ | $1,214 \pm 0,062$ | $0,307 \pm 0,013$ |

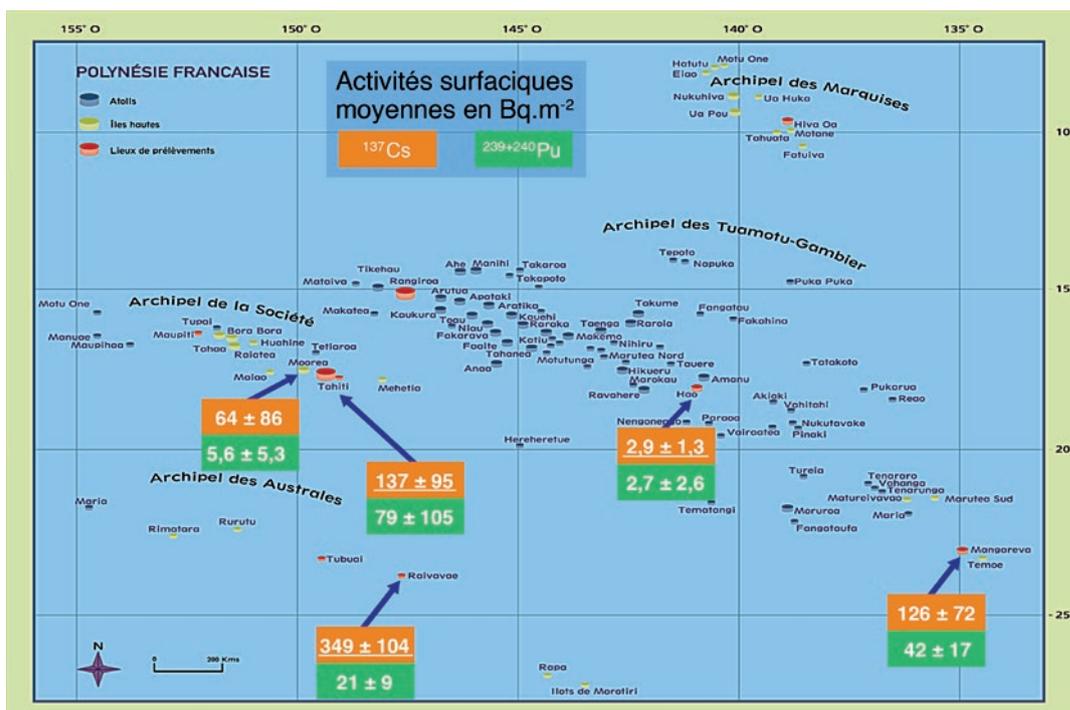


Figure 17 - Activités moyennes surfaciques (Bq.m^{-2}) du ^{137}Cs et du $^{239+240}\text{Pu}$ par île.

4 2 PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS BIOLOGIQUES

En 2015, 158 prélèvements biologiques ont été effectués (Fig. 18) : 34 pour Tahiti, 21 pour Maupiti, 21 pour Tubuai, 13 pour Rangiroa, 26 pour Hiva Oa, 4 pour Mangareva, 10 pour Hao, 18 pour Raivavae et 2 pour Moruroa. En complément, 9 échantillons de produits importés consommés dans tous les archipels ont été recueillis. Les différentes catégories de prélèvement sont indiquées sur la figure 19.

Les analyses réalisées sur les échantillons biologiques portent sur la partie comestible des produits. Tous les échantillons ont été mesurés par spectrométrie γ et 21 d'entre eux ont fait l'objet d'une radiochimie suivie d'une spectrométrie α pour doser les isotopes du plutonium. En supplément, dans le cadre des contrôles réglementaires associés aux denrées provenant du Japon, six échantillons (quatre de sardines, un de thé vert et un de nouilles) ont aussi été analysés.

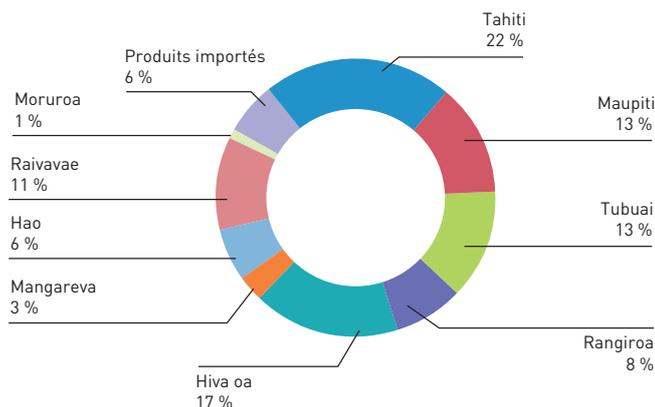


Figure 18 - Proportion en % des échantillons prélevés sur les différentes îles en 2015.

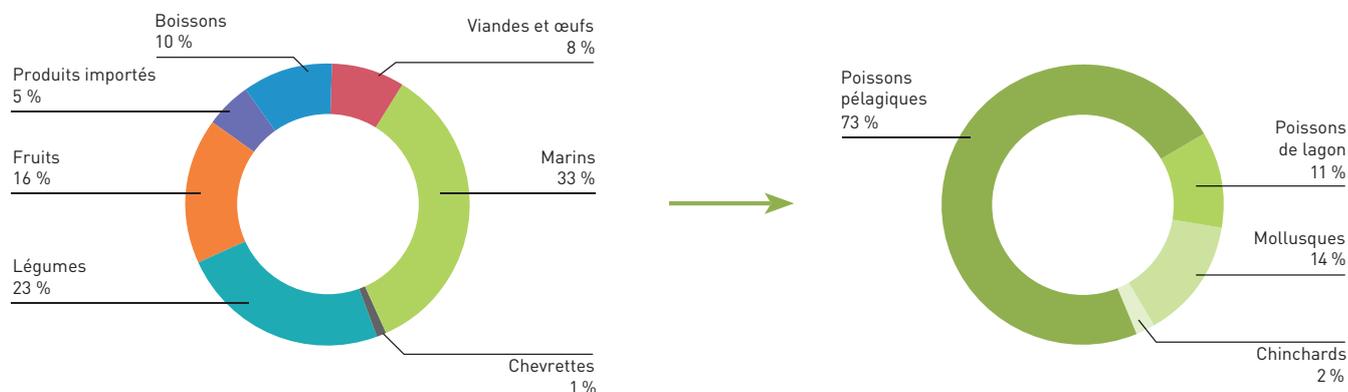


Figure 19 - Répartition en % des prélèvements du domaine biologique en 2015.

─ Milieu marin ─

Les 55 prélèvements du milieu marin sont répartis en quatre catégories : les poissons pélagiques, les chinchards (ature en tahitien), les poissons de lagon et les mollusques.

■ Poissons pélagiques

En 2015, 40 prélèvements de poissons pélagiques (bonite, thazard, espadon, dorade coryphène et différentes espèces de thons – Fig. 20) ont été analysés en spectrométrie γ . Les deux poissons pêchés à proximité de Moruroa ont, en plus, fait l'objet d'une spectrométrie alpha pour la mesure du Pu. Les résultats obtenus sont détaillés par île dans les tableaux All-1 à All-7 et All-9 à All-10 [1].



Figure 20 - Ventes de thons, bonites et chinchards pêchés à Tahiti.

Suite à l'accident de Fukushima Daiichi, après une surveillance spécifique du milieu atmosphérique et terrestre en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie [5, 6], une attention particulière depuis septembre 2011 est portée aux poissons pélagiques pouvant véhiculer une contamination du Pacifique nord vers le Pacifique sud. La fréquence des prélèvements de poissons a été augmentée.

Il est probable que si certaines espèces initialement contaminées, dans les eaux côtières japonaises ou dans les eaux du courant Kuroshio, étaient pêchées dans le Pacifique sud, les concentrations seraient difficilement observables. Le transport de la radioactivité par des poissons pélagiques a été relaté en 2011 au voisinage des côtes californiennes où ont été pêchés des thons à nageoires jaunes et des thons rouges [7]. L'impact des rejets de l'accident de Fukushima, non détecté dans la chair des thons à nageoires jaunes (*thunnus albacares*), a cependant été observé dans la chair des thons rouges (*thunnus orientalis*) avec une valeur moyenne en ^{134}Cs de $4,0 \pm 1,4$ et $6,3 \pm 1,5$ Bq.kg⁻¹ sec en ^{137}Cs alors qu'en 2008, le ^{134}Cs n'était pas décelé et la teneur en ^{137}Cs était de $1,4 \pm 0,2$ Bq.kg⁻¹ sec. Le passage de certaines espèces dans les eaux contaminées et leurs migrations rapides sont à l'origine de ces observations.

Jusqu'en 2010, dans le cadre du suivi radiologique annuel en Polynésie française, le seul radionucléide d'origine artificielle détecté dans les poissons était le ^{137}Cs à très bas niveau, entre $0,34$ et $1,32 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de matière sèche, ce qui correspond pour cette dernière valeur à $0,44 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de matière fraîche, très inférieure aux niveaux maximaux admissibles pour les denrées alimentaires (cf. paragraphe « Commentaire général sur les concentrations en radionucléides mesurées dans les produits alimentaires »). Les échantillons prélevés après l'accident de Fukushima, de septembre 2011 à décembre 2015, ne présentent aucune trace de ^{134}Cs . Les limites de détection sont comprises entre $0,03$ et $0,10 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais. Les activités en ^{137}Cs sont cohérentes avec les résultats obtenus les années antérieures comme le montre la figure 21. Les niveaux

résiduels en 2015 restent assez homogènes (entre $0,09$ à $0,42 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais), le maximum étant mesuré dans un thazard provenant de Raivavae (Australes). Les poissons pêchés au voisinage de Moruroa ont des teneurs similaires à celles des poissons provenant des autres îles (cf. focus « Concentration du ^{137}Cs dans les poissons pélagiques pêchés au large de Moruroa et autres îles de Polynésie française »). Pour les autres radionucléides d'origine artificielle émetteurs γ comme le ^{60}Co , tous les résultats sont inférieurs aux limites de détection. Les mesures de Pu n'ont pas été effectuées pour ces échantillons exceptés pour les deux poissons prélevés à proximité de Moruroa pour lesquels les résultats indiquent de très faibles teneurs, inférieures à $0,5 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais (Tab. All-9 [1]).

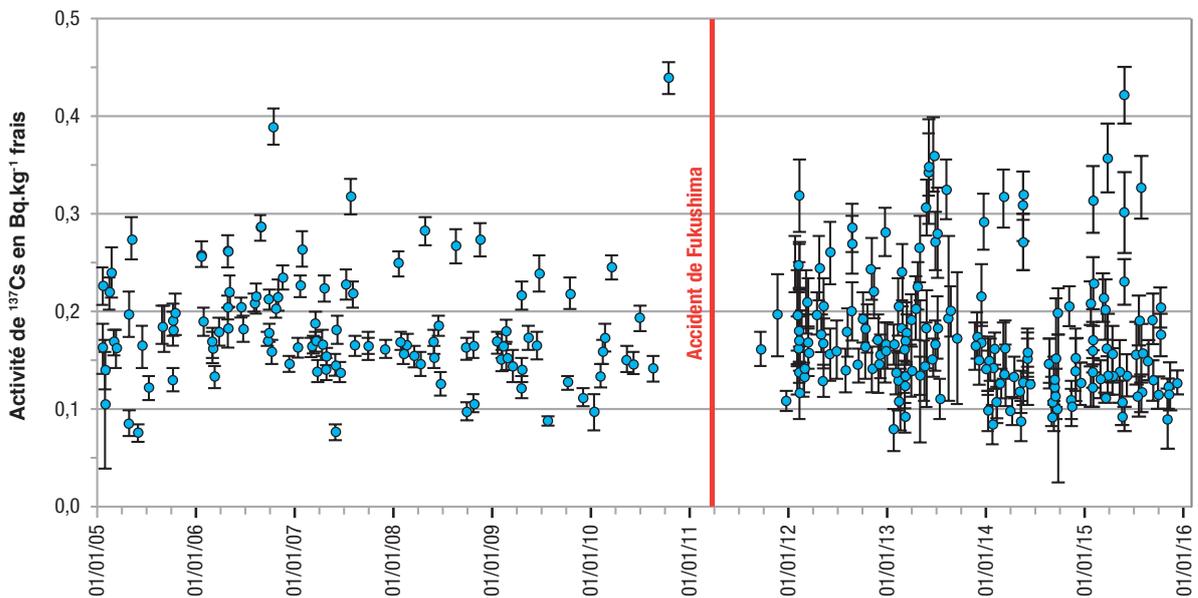


Figure 21 - Concentration en Bq.kg^{-1} de poids frais du ^{137}Cs dans les poissons pélagiques, toutes espèces confondues, prélevés au voisinage des côtes polynésiennes avant et après l'accident de la centrale japonaise de Fukushima Daiichi.

■ Chinchard

Dans le seul prélèvement provenant du sud de Tahiti (Tautira), le ^{137}Cs peut encore être quantifié à l'état de trace ($0,05 \pm 0,02 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais).

■ Poissons et autres produits marins de lagon

Quatorze prélèvements ont été réalisés en 2015, 6 poissons (exclusivement des mérours) et 8 mollusques (7 bénitiers (Fig. 22) et 1 troca). Tous ont été mesurés par spectrométrie γ . Les 6 poissons et les 7 bénitiers ont fait l'objet d'une recherche du Pu. Les résultats d'activité sont présentés dans les tableaux All-1 à All-9 [1].



Figure 22 - Pahua - Bénitier - *Tridacna maxima*.

Les niveaux de radioactivité restent très faibles quels que soient les échantillons et les lieux de prélèvements.

- Le ^{137}Cs peut encore être quantifié dans tous les poissons de lagon analysés mais il n'est pas décelé dans les bénitiers. La position plus élevée des poissons dans la chaîne trophique et les phénomènes de rétention active du ^{137}Cs , analogue chimique du potassium, dans les muscles de poissons est à l'origine de la différence des teneurs mesurées. Toutes les valeurs mesurées en 2015 sont inférieures à $0,24 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.

- Le ^{60}Co n'a été que très rarement quantifié ces dernières années dans les échantillons analysés et uniquement dans les bénitiers qui, en filtrant l'eau de mer, concentrent ce radionucléide. En 2015, les résultats restent inférieurs à la limite de détection (environ $0,06 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les bénitiers).
- Les isotopes 239 et 240 du Pu ont été décelés en 2015 dans la chair de cinq des six poissons analysés, à de très faibles concentrations (les valeurs sont inférieures à $0,08 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais en $^{239+240}\text{Pu}$). L'isotope 238 du Pu n'est jamais détecté. Par contre, comme les années précédentes, les isotopes (^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$) ont été quantifiés dans les sept bénitiers, la valeur la plus élevée étant à 13 mBq.kg^{-1} frais en $^{239+240}\text{Pu}$ pour un échantillon provenant de Mangareva (Gambier). L'activité de la somme des isotopes 239 et 240 est environ dix fois plus élevée que celle de l'isotope 238.

FOCUS : CONCENTRATION DU ^{137}Cs DANS LES POISSONS DE HAUTE MER PÊCHÉS AU LARGE DE MORUROA ET AUTRES ÎLES DE POLYNÉSIE FRANÇAISE

Comme pour l'eau de mer, on n'observe pas de différence significative des niveaux d'activité du ^{137}Cs dans les poissons de haute mer, quelle que soit leur provenance en Polynésie française (valeurs toutes inférieures à $0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais). La figure 23 regroupe les 38 résultats de mesure du ^{137}Cs obtenus par l'IRSN en 2015 pour des poissons pélagiques (thon, bonite, thazard, espadon et mahi mahi) prélevés au voisinage des îles des cinq archipels ainsi que les deux résultats concernant les poissons pêchés au voisinage de Moruroa.

Pour ces deux échantillons prélevés à proximité de l'atoll, les teneurs en plutonium sont équivalentes à celles obtenues dans le passé par l'IRSN dans les poissons prélevés dans les eaux océaniques des cinq archipels.

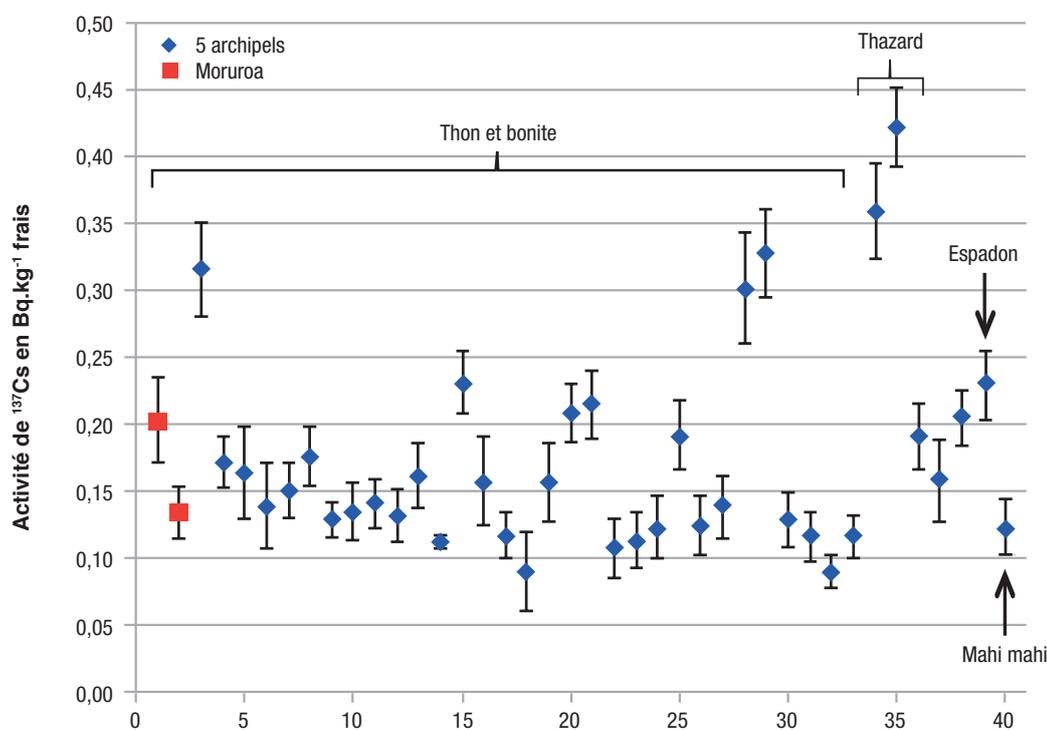


Figure 23 - Activité du ^{137}Cs (Bq.kg^{-1} frais) dans les 40 échantillons de poissons pélagiques prélevés en Polynésie française en 2015.

- Milieu terrestre _

Les 103 échantillons analysés en 2015 se répartissent en 16 boissons (6 eaux de boisson, 6 eaux de coco, 1 bière, 1 jus de fruit et 2 laits), 37 légumes (7 légumes-feuilles, 15 légumes-fruits et 15 légumes-racines), 26 fruits, 7 viandes et 7 œufs, ainsi qu'un prélèvement de chevrette (crevette d'eau douce en rivière) auxquels s'ajoutent 9 prélèvements relatifs à des produits d'importation (1 bière, 1 lait, 3 viandes et 4 autres produits divers : pâtes, pain, riz, pomme de terre).

■ Lait de vache

Le lait de vache est mesuré avec des fréquences variables depuis les années 70. À la suite de l'accident de Fukushima, des analyses ont été effectuées sur un rythme hebdomadaire du 16 mars au 11 mai puis mensuel jusqu'à la fin de l'année 2011. À partir de 2012, deux échantillons de lait entier, provenant d'une ferme située sur le plateau de Taravao, ont été réalisés chaque année afin de poursuivre la chronique de la teneur en ^{137}Cs établie depuis plusieurs dizaines d'années.

Les teneurs en ^{137}Cs (Tab. All-7 [1]) dans les deux échantillons de 2015 sont restées cohérentes avec les teneurs mesurées

ces dernières années et antérieurement à l'accident du Japon : aucune trace de ^{134}Cs ou de ^{60}Co n'a été décelée dans ces échantillons. Les activités du ^{137}Cs sont comparables à celles observées en Nouvelle-Zélande en 2012 [8]. Comme les années précédentes, la concentration en ^{137}Cs dans le lait entier local est légèrement supérieure à celle du lait UHT importé (0,01 Bq.L⁻¹ en 2015 pour un échantillon provenant de France métropolitaine). Depuis 1966, la teneur du ^{137}Cs dans le lait n'a cessé de décroître. La vitesse de décroissance apparente de cette teneur est plus élevée que la période radioactive du ^{137}Cs (30,1 ans). Cette diminution « rapide » est supportée par plusieurs phénomènes :

- la réduction progressive des retombées de particules radioactives atmosphériques depuis l'arrêt des essais en 1974 ;
- le lessivage de la radioactivité des sols par les pluies, souvent très abondantes ;
- les variations de teneurs en ^{137}Cs de l'alimentation du bétail ; variations dans le temps de la nature des graminées ensemençant les pâturages (setaria, paspalum, Kikuyu et autres espèces indéterminées), usage de compléments alimentaires de natures diverses (maïs cultivé, tourteau de coprah, drêche fraîche...) et un abreuvement provenant de différentes sources dont les teneurs en ^{137}Cs sont aussi très variables.

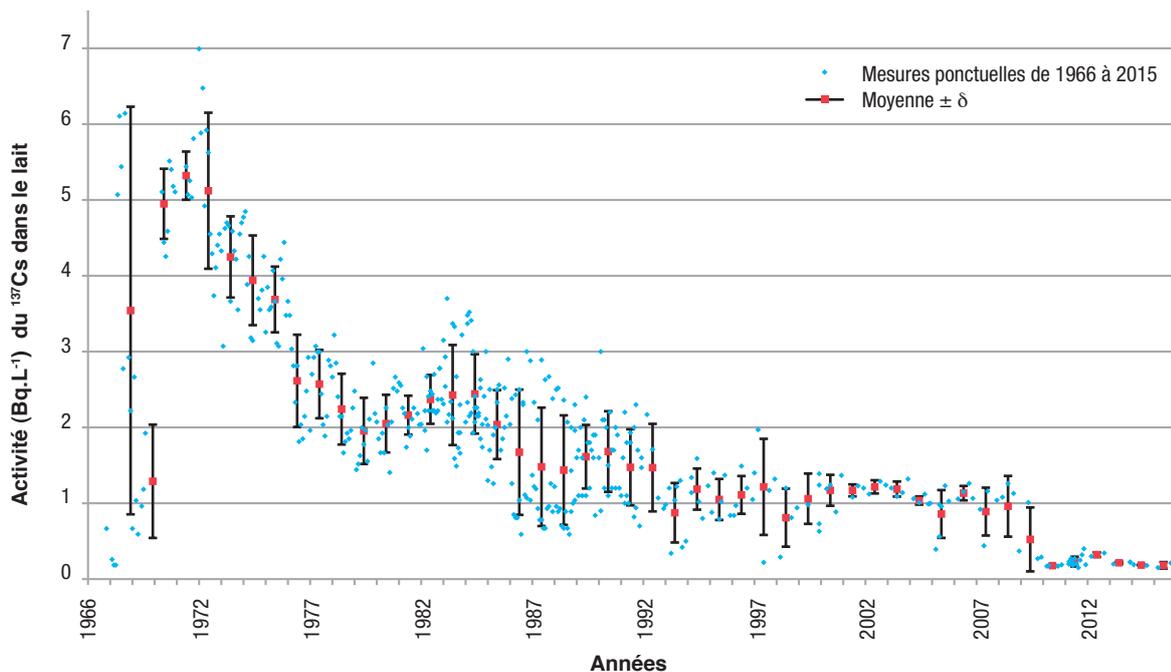


Figure 24 - Évolution depuis 1966 de l'activité en ^{137}Cs (Bq.L⁻¹) du lait provenant des vaches du plateau de Taravao à Tahiti.

■ Autres prélèvements d'origine terrestre

Les résultats des 101 analyses de denrées alimentaires par spectrométries γ et α sont présentés dans les tableaux de l'annexe II [1]. Depuis 2011, seuls les prélèvements de coprah donnent lieu à une recherche de Pu [2].

- Le ^{137}Cs est quantifié dans à peine un peu plus d'un tiers des échantillons (38/100) avec deux résultats supérieurs à 1 Bq.kg^{-1} frais dans les denrées d'origine locale (uru et coprah de Tubuai). Les phénomènes de dilution dans l'environnement rendent de plus en plus difficile la mesure de ce radionucléide dont la persistance, liée à sa période radioactive (30 ans), est de plusieurs centaines d'années. En 2015, la mesure du ^{137}Cs dans la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande donne un résultat inférieur à la LD ($< 0,06 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais) alors qu'elle était « anormalement »

élevée en 2013 ($4,3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais) par rapport aux années passées (une teneur élevée, $2,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais, avait aussi été obtenue en 2008). Localement, les teneurs les plus élevées en ^{137}Cs sont fréquemment observées dans la viande de bœuf de Tahiti. En 2015 l'activité mesurée dans cette viande est de $0,51 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais, plus faible que les années passées.

- Le ^{60}Co n'est jamais quantifié dans les échantillons du milieu terrestre depuis 2010.
- Sur les six échantillons de coprah prélevés, les mesures de l'isotope ^{238}Pu donnent des résultats inférieurs à la limite de détection, ou à une valeur du même ordre de grandeur, et les teneurs mesurées pour les isotopes $^{239+240}\text{Pu}$ sont quantifiées dans cinq échantillons sans excéder $0,08 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais.

LES PRODUITS IMPORTÉS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

Le ^{134}Cs n'est pas un radionucléide produit par les expérimentations d'armes nucléaires. Lorsqu'il est décelé dans l'environnement, il provient de l'industrie électronucléaire. L'accident de la centrale de Fukushima

a ainsi contaminé l'environnement en y injectant les deux isotopes, 134 et 137, avec des activités à l'époque à peu près égales $A(^{137}\text{Cs})=A(^{134}\text{Cs})$. En 2015, en plus de l'isotope 137, l'isotope 134 a été détecté dans deux échantillons importés du Japon à $0,065 \pm 0,025 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais dans un lot de sardines et à $3,97 \pm 0,28 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais dans du thé vert (Tab. 5).

Compte tenu de leurs périodes radioactives respectives de 2,07 et 30,1 ans, l'isotope 134 disparaît bien plus rapidement que l'isotope 137. En appliquant la décroissance relative des 2 isotopes, on obtient un rapport $A(^{137}\text{Cs})/A(^{134}\text{Cs})$ proche de 1 pour les sardines comme pour le thé à la date du 11 mai 2011 indiquant que pratiquement toute l'activité mesurée en ^{137}Cs décelée dans ces produits est reliée à l'accident japonais et non pas aux retombées nucléaires mondiales dues aux essais aériens.

Tableau 5 - Activités, en Bq.kg^{-1} frais, des isotopes 134 et 137 du césium mesurés dans des produits importés du Japon en 2015 et rapport des activités des deux isotopes à la date de l'accident en 2011.

| Nature de l'échantillon | Date de prélèvement | Activité à la date de prélèvement Bq.kg^{-1} frais | | Rapport $A(^{137}\text{Cs})/A(^{134}\text{Cs})$ au 11 mai 2011 |
|-------------------------|---------------------|--|-------------------|--|
| | | ^{137}Cs | ^{134}Cs | |
| Sardine | 09/10/15 | $0,34 \pm 0,04$ | $0,065 \pm 0,025$ | 1,2 |
| Thé vert | 26/12/15 | $16,69 \pm 0,81$ | $3,97 \pm 0,28$ | 0,96 |



Île de Raivavae.

EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

5 1 GÉNÉRALITÉS

L'ensemble des sources de radioactivité d'origine naturelle ou artificielle contribue à l'exposition des individus. L'exposition de la population par la **radioactivité naturelle** a plusieurs origines. En Polynésie française elle est essentiellement liée :

- au rayonnement cosmique, qui induit une exposition externe variant en fonction de l'altitude, de l'ordre de 0,3 mSv/an au niveau de la mer ;
- à l'exposition par ingestion de radionucléides naturels présents dans les aliments et l'eau (une part importante (0,18 mSv/an environ) est imputable au seul potassium 40) ;
- à la présence de radionucléides naturels présents dans les sols qui induisent un rayonnement tellurique responsable d'une exposition externe (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K ...) : ce rayonnement très variable est lié à la nature des sols. Il est relativement faible en Polynésie française (moins de 0,05 mSv/an) alors qu'il peut atteindre, dans certaines régions du globe, plusieurs mSv/an (8 à 17 mSv/an dans certaines zones du Brésil par exemple) ;
- au radon, gaz rare radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. Il est omniprésent dans l'air et peut s'accumuler dans les endroits fermés et mal aérés. L'IRSN a publié une cartographie du potentiel radon des formations géologiques de la Polynésie française [10]. Le potentiel radon est faible pour les atolls, faible à moyen pour les îles hautes avec quelques zones très limitées en catégorie plus élevée sur Tahiti, Moorea et Nuku Hiva (l'île de Makatea reste un cas particulier avec ses gisements de phosphate riches en uranium et en thorium). Par rapport à une configuration continentale, la teneur en radon dans l'air reste faible par effet de dilution dans l'atmosphère océanique. Compte tenu du mode de vie des habitants, axé à l'extérieur des habitations, et avec des maisons largement ouvertes, donc bien aérées, favorable à une faible accumulation de radon, l'exposition à ce gaz radioactif est limitée en Polynésie française.

À cette exposition liée à la radioactivité naturelle, il convient de comparer l'exposition liée à la **radioactivité d'origine artificielle**. Compte tenu de la spécificité des activités nucléaires en Polynésie française (absence d'installation nucléaire industrielle mais réalisation d'essais d'armes nucléaires atmosphériques des années 1966 à 1974) la radioactivité d'origine artificielle est essentiellement due aux facteurs suivants :

- la rémanence des retombées atmosphériques des essais d'armes nucléaires, sources de ^{137}Cs , de ^{90}Sr , de ^3H , ^{14}C et des isotopes de l'uranium et du plutonium :
 - la part de ces radionucléides se retrouvant dans l'air sous forme d'aérosols est aujourd'hui négligeable,
 - la plupart se retrouvent dans les sols, sous forme de dépôts ou incorporés au substrat terrestre, ils contribuent alors à l'**irradiation externe**,
 - ils sont ensuite incorporés dans les denrées issues de la culture ou de la pêche locales (coprah, poissons, eau de coco, lait et viande de bœuf...) et constituent ainsi une source d'**exposition par ingestion** ;
- les radionucléides présents dans l'alimentation et les boissons importées. Dans ce cas, il est possible de trouver, outre les radionucléides présents en Polynésie française, d'autres isotopes liés à des activités nucléaires extérieures au territoire ;
- les examens et traitements médicaux. Dans un pays comme la France métropolitaine, une personne reçoit en moyenne 1,6 mSv chaque année. La moyenne mondiale s'établit aux alentours de 0,6 mSv.an⁻¹.

L'objectif des chapitres suivants est d'estimer les doses reçues par les populations du fait de la radioactivité d'origine artificielle liée à l'ingestion des denrées locales ou importées, à l'exposition externe due aux radionucléides présents dans l'air et le sol et à l'inhalation des radionucléides en suspension dans l'air.

5 2

LES DOSES REÇUES PAR LES POPULATIONS DU FAIT DE LA RADIOACTIVITÉ D'ORIGINE ARTIFICIELLE

Les effets sur les individus dus à l'exposition aux radionucléides ne se mesurent pas directement. Ils sont quantifiés par la dose efficace à l'organisme entier dont l'unité conventionnelle est le Sievert (Sv) ou plus habituellement ses sous-multiples : le millisievert (1 mSv = 0,001 Sv), le microsievert (1 μ Sv = 0,000001 Sv). On peut, en outre, calculer pour certains radionucléides la dose à un organe lorsque cet organe est plus sensible aux effets des rayonnements que l'organisme entier (c'est par exemple le cas pour l'iode dont l'organe cible est la glande thyroïde).

Selon la manière dont les rayonnements atteignent l'organisme, on distingue l'exposition externe ou interne. **L'exposition externe** a lieu lorsque l'individu se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (par exemple, radionucléides présents dans l'air ou déposés sur le sol). La dose reçue dépend de la durée d'exposition, de l'activité et de la distance à la source. Dans le cas de **l'exposition interne**, le radionucléide pénètre à l'intérieur de l'organisme, le plus souvent par ingestion ou par inhalation. L'irradiation interne qui en résulte perdure donc au-delà du moment où a eu lieu l'incorporation ; elle décroît en fonction de la période radioactive du radionucléide incorporé et de sa vitesse d'élimination biologique. Dans le cas d'une contamination interne due à un radionucléide de longue période, on évalue la dose engagée qui exprime, au moment de la contamination, l'intégration de l'ensemble des doses « à venir », pour une durée égale à celle nécessaire à l'élimination complète du radionucléide ou, s'il persiste dans l'organisme, pendant une durée de vie allant de 50 ans (adulte) jusqu'à 70 ans (enfant de 0-1 an).

Les doses efficaces annuelles ajoutées par la radioactivité artificielle résiduelle, sont constituées de trois composantes :

- **l'exposition externe**, due principalement à l'activité contenue dans le sol ;
- **l'inhalation**, due à la radioactivité transportée par les aérosols ;
- **l'ingestion**, due à l'alimentation et aux boissons.

Les coefficients de dose par unité d'activité inhalée et unité d'activité ingérée pris en compte sont ceux recommandés par la CIPR 119 [11].

L'ensemble des résultats bruts est détaillé dans les tableaux de l'annexe IV [1]. Ces doses sont relatives à chaque lieu de prélèvement et pour deux groupes de populations : les adultes et les enfants de moins de 5 ans. Les résultats de mesures inférieurs à la limite de détection (LD) sont pris égaux à la LD, par convention, surestimant ainsi les doses ingérées calculées.

- Dose efficace annuelle liée à l'exposition externe

L'exposition externe ambiante en Polynésie française est essentiellement d'origine naturelle. Il s'y ajoute une faible contribution d'origine artificielle provenant des retombées des anciens essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère.

La dose efficace ajoutée d'origine artificielle, estimée à partir du dépôt de ^{137}Cs (seul radionucléide artificiel émetteur γ encore décelable dans les sols), est au maximum de quelques $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$. Les valeurs de dose externe sont relatives aux activités en ^{137}Cs dans des sols prélevés en 2000 à Faa'a pour l'île de Tahiti, et en 2005-2006 pour les autres îles [12].

MESURE DE L'EXPOSITION EXTERNE DANS LES ÎLES DE POLYNÉSIE FRANÇAISE

Des mesures d'exposition externe ont été effectuées dans 15 îles et atolls de Polynésie française depuis janvier 2010 [4]. En 2015, 5 mesures ont été faites à Raivavae sur les sites de prélèvement des sols (Fig. 25), complétant les 18 points de mesure déjà effectués pour la cartographie de 2012. Les mesures avec les débitmètres Saphymo AD6 sont minorantes d'environ 30 % car les rayonnements de grande énergie (photons supérieurs à 1,3 MeV d'origine cosmogénique et tellurique) ne sont pas pris en compte. Les valeurs mesurées sont ainsi corrigées de 30 %. La précision statistique des mesures est de 25 %. La valeur moyenne par île, en $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, est indiquée sur la carte de la figure 26 et dans le tableau 7 pour les îles concernées par un nombre plus important de mesures.

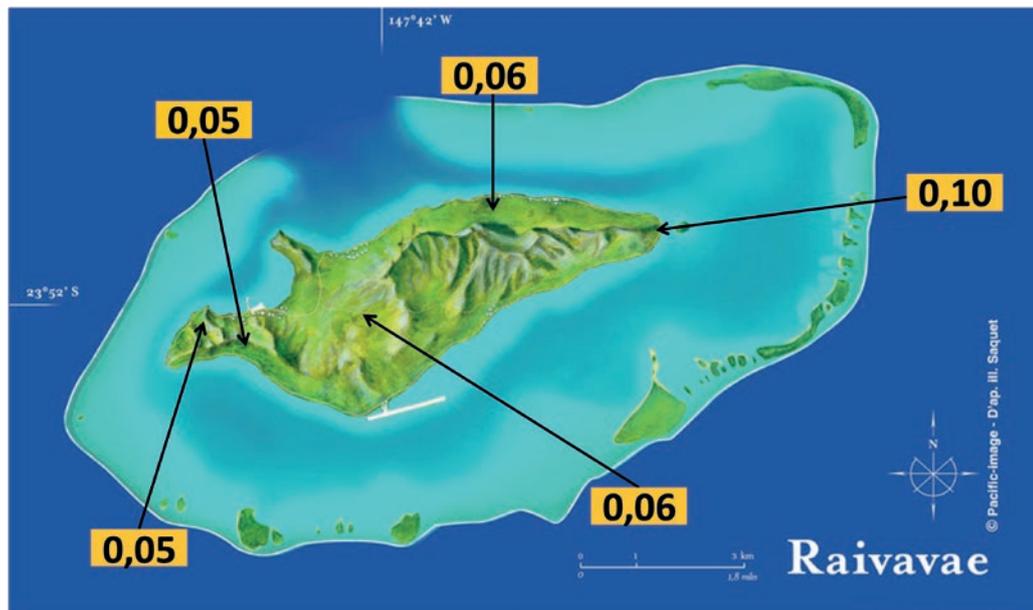


Tableau 7 - Synthèse des débits de dose mesurés de 2012 à 2015 dans les îles de la Polynésie française.

| Archipel | Île | Nbre de points de mesure | Débits de dose ($\mu\text{Sv/h}$) | | |
|------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---------|---------|
| | | | Moyenne $\pm \delta$ | Minimum | Maximum |
| Société | Tahiti | 113 | 0,08 \pm 0,02 | 0,05 | 0,14 |
| Société | Moorea | 37 | 0,10 \pm 0,06 | 0,04 | 0,24 |
| Tuamotu | Hao | 20 | 0,05 \pm 0,01 | 0,04 | 0,07 |
| Gambier | Mangareva | 21 | 0,05 \pm 0,02 | 0,04 | 0,08 |
| | Aukena | | | | |
| | Akamaru | | | | |
| | Taravai | | | | |
| | Totegegie | | | | |
| Australes | Raivavae | 23 | 0,07 \pm 0,03 | 0,04 | 0,12 |

On constate des expositions externes très faibles sur toutes les îles. Les valeurs dans les atolls des Tuamotu sont particulièrement basses car les sols sont principalement d'origine corallienne alors qu'ils sont d'origine volcanique dans les îles hautes des autres archipels (Gambier, Société, Marquises, Australes). Pour ces dernières, certaines valeurs peuvent être 5 à 10 fois plus élevées que la valeur moyenne dans l'île.

– Dose efficace annuelle liée à l'inhalation –

La dose efficace d'origine artificielle ajoutée par l'inhalation, calculée à partir de la concentration en ^{137}Cs mesurée dans l'air à Tahiti est inférieure à $10^{-5} \mu\text{Sv.an}^{-1}$, aussi bien pour les adultes que pour les enfants de moins de 5 ans. Elle est considérée comme négligeable en comparaison des deux autres composantes que sont l'ingestion et l'exposition externe.

– Dose efficace annuelle liée à l'ingestion –

La dose efficace annuelle d'origine artificielle ajoutée par l'ingestion est calculée à partir de la ration alimentaire (enquête de 1982 [13] réactualisée en 1991), qui distingue les produits d'origine strictement locale, les produits d'origine régionale polynésienne et les produits importés.

Tous les produits importés ont été mesurés en 2015, sauf les yaourts pour lesquels la production locale est maintenant très développée alors que le produit importé est rare et cher. Il n'est plus justifié dans la ration alimentaire des produits importés.

Depuis 2011, les produits, dont la quantité consommée est inférieure à 5 kg par an, sont mesurés une fois tous les 5 ans au lieu d'une mesure annuelle auparavant [2]. Le calcul de dose inclut alors la même valeur durant cinq années pour chacun des produits concernés. Lorsque l'échantillonnage est manquant, le calcul de dose est effectué avec les résultats du prélèvement réalisé l'année précédente (ou dans les années antérieures) dans la même île et, à défaut, avec les résultats obtenus pour la même denrée sur une autre île du même archipel de préférence.

À des niveaux de radioactivité aussi faibles que ceux observés en Polynésie française, la variabilité de l'échantillonnage est le principal facteur explicatif des différences temporelles et géographiques des doses calculées ces dernières années. Afin de limiter cet effet, les quantités prélevées sont importantes (plusieurs kilogrammes). De plus, les analyses de la radioactivité de ces échantillons sont améliorées (durée de mesure plus longue, détecteur de grande efficacité) afin de diminuer les limites de détection. Les variations des valeurs de dose ne traduisent donc pas une tendance évolutive de la radioactivité dans l'environnement, elles reflètent principalement la variabilité d'une année à l'autre des concentrations qui peuvent être mesurées dans certaines denrées, locales ou importées.

La variation significative des doses (Fig. 27) d'une année à l'autre est due à quelques denrées comme la viande de bœuf, incluse dans la ration alimentaire et pour laquelle les activités du ^{137}Cs sont très variables d'un prélèvement à l'autre comme le montre la figure 28. En 2015, la concentration du ^{137}Cs dans la viande de bœuf de Tahiti est de $0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais, la plus faible depuis 20 ans. Il n'y a pas de tendance ni à la baisse ni à la hausse, elle est très variable d'une année à l'autre : 12,3 en 2014, 6,6 en 2013 et $2,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais en 2012⁸.

8. Cette relation forte entre la dose calculée à partir de la radioactivité d'origine artificielle et le résultat variable d'une année à l'autre de la concentration de ^{137}Cs dans une seule denrée est aussi observée pour les produits importés. En 2013, une valeur de $4,3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais dans la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande (des valeurs équivalentes ont déjà été mesurées : 2,5 en 2008 et $3,7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais en 2005) fait doubler, par exemple pour les adultes de Maupiti, la dose d'origine artificielle engendrée par la consommation de l'ensemble des produits importés.

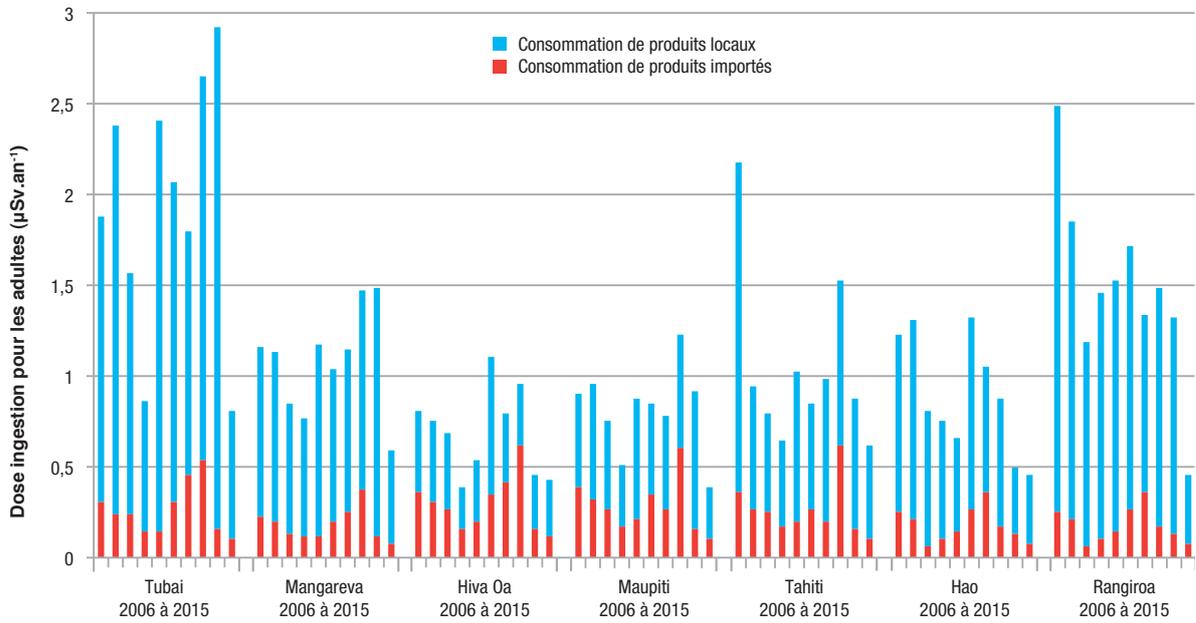


Figure 27 - Doses ingestion ajoutées de 2006 à 2014 pour les adultes suite à la consommation de produits locaux et importés dans les différentes îles.

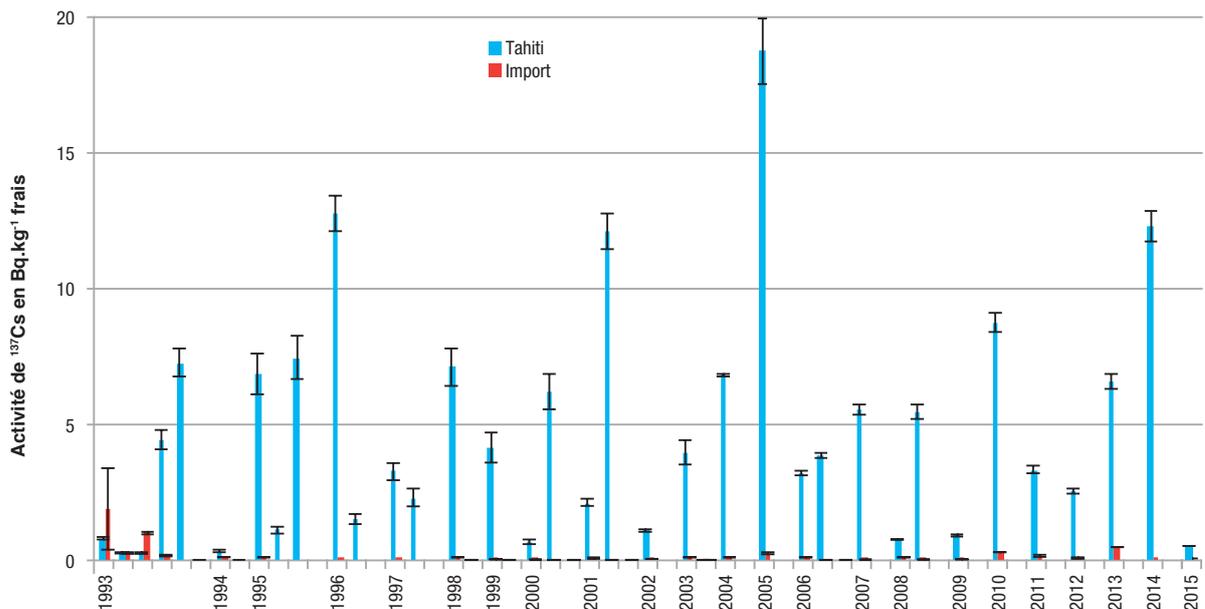


Figure 28 - Activités, en $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ frais, du ^{137}Cs dans la viande de bœuf provenant de Tahiti et dans celle importée de Nouvelle-Zélande (2 échantillons ou plus ont été analysés certaines années).

Enfin, les différences de contribution à la dose des denrées d'origine locale ou importée ne sont généralement pas simplement dues à des différences de concentration en radioactivité, mais à leur part respective dans la ration alimentaire. Par exemple, la consommation de poisson est jusqu'à 14 fois plus importante dans les atolls que dans les îles hautes. En conséquence, la dose calculée peut être 8 fois plus forte dans ces atolls pour des concentrations mesurées dans les poissons sensiblement identiques. En 2015, les doses liées à la radioactivité artificielle du fait de la consommation de denrées en Polynésie sont comprises entre 0,38 et 1,06 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (Maupiti et Rangiroa) pour les adultes, entre 0,32 et 0,62 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour les enfants dans les mêmes îles [1]. 28 à 72 % de la dose pour les adultes est délivrée par la consommation de trois denrées uniquement (Fig. 29). Ainsi pour les atolls des Tuamotu, Hao et Rangiroa, le coprah (et l'eau de coco) et les poissons sont à l'origine des 3/4 de la dose ingestion annuelle.

La denrée qui contribue le plus à Rangiroa est le coprah (0,43 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ – 40 % de la dose totale). À Hao ce sont les poissons du lagon (0,17 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ – 37 % de la dose totale).

Aux australes (Tubuai et Raivavae) c'est le fruit de l'arbre à pain (uru) qui apporte la dose annuelle la plus élevée (0,17 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$). À Hiva Oa et à Maupiti, les poissons de haute mer contribuent le plus fortement à la dose ingérée annuelle, alors que c'est la viande de porc et les ananas à Tahiti ou le coprah aux îles Gambier.

Ces doses induites par la radioactivité artificielle dans l'organisme via l'alimentation de denrées sont très faibles. En 2015, aucune denrée ne contribue à une dose ajoutée d'origine artificielle de plus de 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ alors que c'était le cas en 2014 et certaines années antérieures avec la viande de bœuf local.

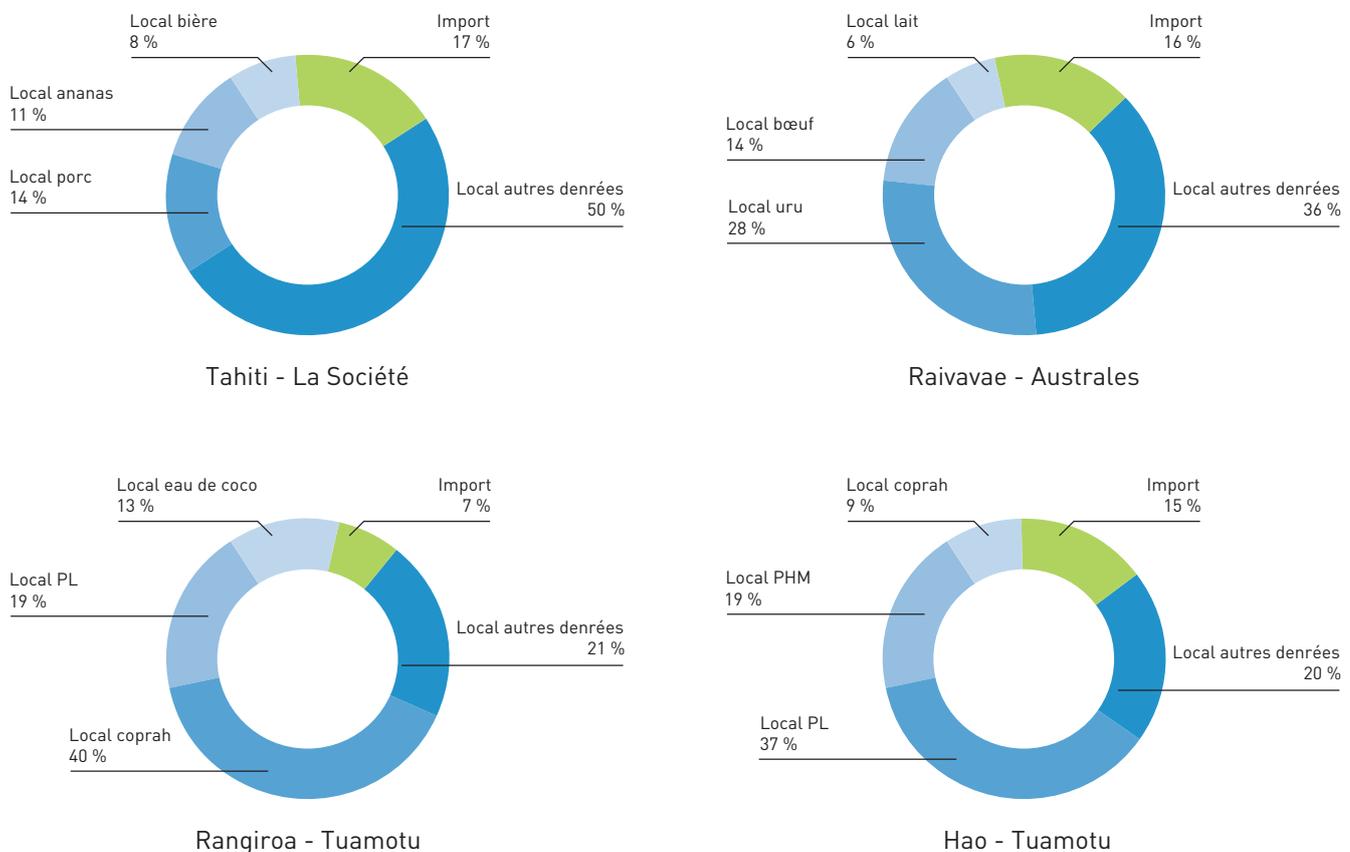


Figure 29 - Répartition en % de la dose ingérée par les denrées locales et importées pour 4 îles de Polynésie française (PL : poisson de lagon, PHM : poisson de haute mer).

En 2015, l'IRSN a poursuivi la surveillance radiologique des sept îles de la Polynésie française qu'il contrôle régulièrement en intégrant pour la première fois depuis 1998 une autre île des Australes : Raivavae. Pour la seconde année consécutive, il a participé à une partie de la mission « Turbo » organisée annuellement par la Direction Générale de l'Armement pour la surveillance radiologique des abords de l'atoll de Moruroa.

Les mesures de radioactivité réalisées (spectrométrie gamma pour les ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co et ^{241}Am et spectrométrie alpha pour les isotopes du plutonium (Pu)), couvrent la quasi-totalité de la gamme des radionucléides d'origine artificielle susceptibles d'être décelés dans l'environnement étudié. Quarante-sept prélèvements ont été effectués pour le domaine physique (air, eaux et sols), 158 pour le domaine biologique (poissons de haute mer, poissons et autres produits de lagon, légumes, fruits, viandes, lait et boissons diverses) complétés par six échantillons importés du Japon. Les analyses faites sur ces prélèvements ont permis de répondre à deux objectifs :

- connaître les niveaux de radioactivité d'origine artificielle dans tous les milieux de l'environnement et pour les principales denrées alimentaires ;
- évaluer l'incidence dosimétrique ajoutée de cette situation environnementale : pour la dose due à l'ingestion, les prélèvements entrant dans la ration alimentaire des Polynésiens sont pris en compte. Pour l'exposition externe et l'inhalation, l'estimation de la dose est fondée sur les mesures du domaine physique.

– Résultats des mesures de radioactivité en 2015 –

Les niveaux de radioactivité mesurés en 2015 ne sont pas significativement différents de ceux obtenus ces dernières années. Les différences observées sont à mettre en relation avec une variabilité naturelle importante dans l'échantillonnage comme nous l'avons noté fréquemment dans le cas de la viande de bœuf locale ou la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande.

■ C'est le ^{137}Cs qui a été principalement décelé.

- Pour l'ensemble des denrées alimentaires, les valeurs sont toujours extrêmement faibles, souvent inférieures à $0,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.
- Les valeurs maximales obtenues en 2015 n'excèdent pas $0,42 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les **poissons** (haute mer et lagon) et sont 10 fois plus faibles pour les autres produits lagunaires.
- Deux résultats sur 158 sont supérieurs à 1 Bq.kg^{-1} frais de ^{137}Cs : $1,5$ et $1,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais respectivement pour le fruit de l'arbre à pain (uru) et la chair de coco séchée (coprah) de Tubuai (Australes).

- Les valeurs obtenues pour les **sols** de quatre sites de prélèvement à Raivavae sont comprises entre 1 et 5 Bq.kg^{-1} sec dans les 10 à 20 premiers centimètres de profondeur comme dans les autres îles hautes (Moorea, Tahiti, îles des Gambier) étudiés en 2014 (alors qu'elles sont inférieures à $0,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec sur l'atoll de Hao).
- Comme les années précédentes, dans les **eaux douces** (source, rivière, boisson et pluie), le ^{137}Cs n'a été décelé qu'à une valeur extrêmement faible dans une eau de rivière ($0,07 \text{ mBq.L}^{-1}$).
- Dans l'**eau de mer**, les valeurs obtenues en 2015 et ces dernières années sont proches de 1 mBq.L^{-1} . La teneur en ^{137}Cs dans l'eau prélevée au large de Moruroa est similaire à celle obtenue dans l'eau du lagon à Tahiti, confirmant ainsi l'homogénéité des concentrations dans les eaux de surface océanique sans influence décelable de la proximité d'un des anciens sites nucléaires expérimentaux.
- Dans les **aérosols** prélevés à Tahiti, le ^{137}Cs est décelé à l'état de traces ($< 0,1 \mu\text{Bq.m}^{-3}$) dans la continuité des valeurs des années précédentes.
- Concernant les contrôles réalisés sur les **produits importés du Japon**, le ^{137}Cs a été mesuré dans les quatre échantillons de sardines destinées à la pêche hauturière locale (valeur maximale à $0,34 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais). Il a aussi été mesuré dans un échantillon de thé vert à une teneur de 17 Bq.kg^{-1} frais. Dans le thé, le ^{134}Cs est présent avec une teneur de 4 Bq.kg^{-1} frais. La présence de cet isotope 134 du césium et sa teneur relative à celle de l'isotope 137 indiquent qu'ils proviennent tous les deux des rejets atmosphériques consécutifs à l'accident de Fukushima en 2011. Ces teneurs en césiums ne nécessitent pas de restreindre la consommation de ce produit.
- Le plutonium a été recherché spécifiquement dans quelques échantillons biologiques et dans les sols.
- Le plutonium a été détecté dans les sept prélèvements de **bénitier** avec une teneur maximale en Pu total à 13 mBq.kg^{-1} frais pour un échantillon de Mangareva (Gambier). Dans les six prélèvements de **poisson de lagon** (mérrou) et les six prélèvements de **coprah**, l'isotope 238 n'a été décelé qu'une fois à une valeur proche de la limite de détection et l'activité de la somme des deux autres isotopes, 239+240, a été décelée dans cinq des six échantillons de poissons et de coprah à des valeurs extrêmement faibles, n'excédant pas 1 mBq.kg^{-1} frais.
- Seuls les deux échantillons de **thon** prélevés au voisinage de Moruroa ont donné lieu à une recherche en plutonium. L'isotope 238 a été décelé dans l'un des prélèvements à une teneur de $0,04 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais et les autres isotopes ont été décelés dans les deux échantillons avec une valeur maximum de $0,3 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus ces dernières années dans des poissons prélevés dans les eaux des cinq archipels.

- Dans les **sols de Raivavae**, les teneurs en plutonium sont inférieures à $1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$. La grande majorité de l'activité a relativement peu pénétré en profondeur au-delà de 10 cm. On obtenait des teneurs et des taux de pénétration similaires dans les autres îles hautes en 2014 (Tahiti, Moorea et îles des Gambier), mais ces teneurs restent plus élevées que celles d'un atoll comme Hao où les activités sont inférieures à $0,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, exception faite d'une zone de 5000 m^2 utilisée à l'époque des essais français aériens à Moruroa pour décontaminer des avions [4].

■ Le ^{60}Co n'a été détecté dans aucun échantillon.

– Exposition des populations –

L'exposition des populations à la radioactivité artificielle résiduelle est essentiellement due à l'ingestion et à l'exposition externe, la composante « inhalation » étant négligeable. En 2015, aucune denrée mesurée ne contribue pour plus de $1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ à la dose par ingestion. Quelques denrées d'origine locale fortement consommées, peuvent contribuer à la dose pour plus de $0,1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$:

- le **coprah** de Tubuai et de Rangiroa, ainsi que l'**eau de coco** de Rangiroa ;
- le **fruit de l'arbre à pain** (uru) de Tubuai ;
- les **poissons pélagiques** (thon, espadon...) à Hiva Oa ;
- les **poissons de lagon** de Hao et de Rangiroa. En particulier, pour ces deux atolls, la ration alimentaire est principalement axée (plus de la moitié de la ration annuelle hors boisson) sur cette denrée.

Les doses totales annuelles (Annexe V [1]), sommes des doses d'exposition externe, d'inhalation et d'ingestion, durant les vingt dernières années pour l'ensemble des cinq archipels sont comparables. On peut retenir une moyenne globale sur cette période de $3,5 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ pour les enfants et de $4,1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ pour les adultes.

Cet ordre de grandeur, relatif à l'ensemble des trois composantes de la dose « ajoutée », peut être comparé à la valeur de la dose totale (d'origine naturelle et artificielle) de $1000 \mu\text{Sv}$ par an en moyenne dans le Pacifique sud retenue par la SPREP (South Pacific Regional Environment Program) en 1983 [14]. Les mesures d'exposition que nous avons réalisées sur une partie des îles des cinq archipels entre 2010 et 2015 confirment cette valeur moyenne en Polynésie française.

La dose « ajoutée » associée aux radionucléides d'origine artificielle en Polynésie française représente donc moins de 0,5 % de cette dose moyenne totale régionale.

– Évolution de la surveillance –

Face à ces constats, faibles teneurs de radioactivité et faibles expositions, le suivi évolue et se diversifie (étude de la rémanence de la radioactivité dans les sols, cartographie de l'exposition externe, études ponctuelles sur d'autres îles) pour continuer à fournir une information aussi précise que possible sur l'état radiologique de la Polynésie française et répondre aux préoccupations de sa population de plus en plus soucieuse de la qualité de son environnement.

Cette préoccupation de la population s'est focalisée après le 11 mars 2011 sur les conséquences radiologiques dans le Pacifique sud de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima. Les moyens de l'IRSN, dans les territoires et départements d'outre-mer comme en métropole, ont été mobilisés pour évaluer un impact radiologique éventuel dans l'environnement et pour tenir informées les populations des résultats de ses observations et de ses analyses. L'ensemble des résultats, ainsi que leurs interprétations, et des informations sur l'évolution de la situation au Japon étaient consultables immédiatement sur le site www.irsn.fr. Des plans de prélèvement spécifiques concernant le milieu atmosphérique (air, pluie) et terrestre (herbe, lait de vache) ont été mis en place pendant plusieurs semaines après l'arrêt des rejets radioactifs atmosphériques. De 2012 à 2015, cette surveillance dans le Pacifique sud est restée renforcée dans le domaine marin pour observer un éventuel impact lié aux rejets radioactifs.

La fréquence des analyses de l'eau de mer, annuelle auparavant, a été augmentée depuis 2011. Les concentrations en ^{134}Cs obtenues ces quatre dernières années (inférieures à la limite de détection) confirment que la concentration de ^{137}Cs observée (proche de 1 mBq.L^{-1}) est toujours issue des retombées des essais nucléaires atmosphériques anciens et que la contamination du domaine marin japonais n'a pas eu d'impact décelable dans les eaux polynésiennes.

Quarante prélèvements de poissons pélagiques (thons, dorade coryphène, thazard...) ont été réalisés au voisinage des cinq archipels en 2015. Le ^{134}Cs n'a jamais été décelé et aucune augmentation de ^{137}Cs par rapport aux années passées n'a été observée.

D'autres prélèvements d'eau de mer et de poissons pélagiques seront réalisés en 2016 afin de poursuivre notre action de surveillance de l'impact de Fukushima dans les zones de pêches polynésiennes.

- [1] Nohl M., Bouisset P. *Surveillance de la radioactivité en Polynésie française – Annexes au bilan 2015*. Rapport IRSN DG/2016-00549 (2016) 40p.
- [2] Bouisset P., Bernagout S., *Évolution de la stratégie de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française*. Rapport DEI/SESURE 2010-28 (2010) 36p.
- [3] Gouvernement de la Polynésie française - Arrêté 1058 CM du 21 juillet 2014.
- [4] Bouisset P., Nohl M., *Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2014. Synthèse des résultats du réseau de surveillance de l'IRSN*. Rapport de mission 2014, 40p.
- [5] Collectif DEI. *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*. Rapport DEI/2011-041 (2011) 90p.
- [6] Bouisset P. et Bernagout S., *Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2010 et suivi de l'impact de l'accident de Fukushima en Polynésie française et Nouvelle-Calédonie de mars à mai 2011*. Rapport DEI/SESURE 2011-40 (2012) 45p.
- [7] D.J. Madigan, Z. Baumann, N.S. Fisher, *Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California*. PNAS Early Edition (April 2012) 4p.
- [8] Ministry of Health N-Z, *Environmental radioactivity report 2012/13* (2014) 2p.
- [9] Robison W.L., Conrado C.L., Hamilton T.F. and Stoker A.C., *The effect of carbonate soil on transport and dose estimates for long-lived radionuclides at a U.S. Pacific test site*. J. Radionanalytical & Nuclear Chemistry 243 (2000) 215-422
- [10] Lelsch G., Cushing M., *Cartographie du potentiel radon des formations géologiques dans les DROM-COM – Lot 2: Polynésie française*. Rapport RT/PRP-DGE/2014-0013 (2014) 30p.
- [11] CIPR Publication 119, *International Commission on Radiological Protection. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60* (2012) 130p. Elsevier.
- [12] Bouisset P., Leclerc G. et Rua J., *Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2006 – Résultats du réseau de surveillance de l'IRSN*. Rapport DEI/SESURE n° 2007-78 (2007) 99p.
- [13] Grouzelle C., Dominique M. et Ducouso R., *Résultats d'une enquête alimentaire effectuée à Tahiti de 1980 à 1982*. Rapport CEA R.5304 (1985) 180p.
- [14] South Pacific Regional Environment Program, *Topic review radioactivity in the South Pacific*. SPREP/Topic review 14 (octobre 1983).

La réalisation de l'ensemble des prélèvements ne pourrait se faire sans la contribution de C. Ah Scha, L. Dor, R. Tamarii, G. Taputu, T. Temarohirani, J.-C. Teunu et T. Flores, correspondants îliens du laboratoire, basés dans les différents archipels de Polynésie française.

Remerciements au chef de mission J.-P. Ménager et à l'ensemble de l'équipe DGA-CEA de la mission TURBO 2015, ainsi qu'au COMSUP de Polynésie française, pour l'aide apportée à la collecte des échantillons du milieu océanique à Moruroa.

IRSN

**Pôle radioprotection, environnement,
déchets et crise**

PRP-ENV

Service d'étude et de surveillance de la radioactivité
dans l'environnement

Laboratoire d'étude et de suivi de l'environnement

BP 182

98725 Vairao – Tahiti – Polynésie française

Mail

contact@irsn.fr

Annexes téléchargeables sur le site IRSN www.irsn.fr
Rubrique avis et rapports

N° du rapport

IRSN DG/2016-00549

Tous droits réservés IRSN

Décembre 2016

Conception graphique :

agence Kazoar

www.kazoar.fr

Photo de couverture :

IRSN/LESE - Île de Raivavae

Autres photos :

IRSN ; Olivier Chatté/Terra (p. 29)

Siège social

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

Téléphone : +33 (0)1 58 35 88 88

Courrier : B.P. 17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet : www.irsn.fr

Mail : contact@irsn.fr



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