

IRSNINSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE*Faire avancer la sûreté nucléaire*

Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2013

Synthèse des résultats du réseau de surveillance de l'IRSN



Ont contribué à l'élaboration de ce rapport :

Nom	Unité
P. BOUISSET	Service d'étude et de surveillance de la radioactivité dans l'environnement
S. BERNAGOUT	
G. LECLERC	
J. RUA	
M. NOHL	
P. DELABBAYE	
A. DE VISMES	

La réalisation de l'ensemble des prélèvements ne pourrait se faire sans la contribution de C. AH SCHA, G. TAPUTU, H. PAEAMARA, R. TAMARII, T. TEMAROHIRANI, T. FLORES, correspondants îliens du laboratoire, basés dans les différents archipels de Polynésie française.

Contact :

Pour toute information complémentaire, vous pouvez contacter :

Laboratoire d'étude et de suivi de l'environnement

IRSN/PRP-ENV/SESURE/LESE

BP 182

98725 Vairao - Tahiti - Polynésie française

patrick.bouisset@mail.pf

MOTS-CLES : POLYNESIE FRANÇAISE, ENVIRONNEMENT, LAGON, RADIOACTIVITE, DOSE EFFICACE, CESIUM 137, PLUTONIUM.

RESUME

Exercée depuis 1962 en Polynésie, la surveillance radiologique de l'environnement français, qui concerne sept îles (Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva et Tubuai) représentatives des cinq archipels, 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.

En ce qui concerne les denrées, les échantillons analysés sont représentatifs de la ration alimentaire des polynésiens vivant dans les cinq archipels de ce territoire, et proviennent du milieu marin de pleine mer, du milieu marin lagunaire et du milieu terrestre.

La quasi-totalité des échantillons prélevés sont mesurés au Laboratoire d'Etude et de Suivi de l'Environnement de l'IRSN, implanté sur l'île de Tahiti à Vairao, quelques échantillons étant 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, l'état radiologique constaté en 2013 est stable, dans la continuité des années antérieures récentes, et se situe à un très bas niveau. Cette radioactivité résiduelle est essentiellement attribuable au césium 137. La dose efficace annuelle ajoutée par la radioactivité résiduelle d'origine artificielle est inférieure à $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (5 microsieverts par an), soit moins de 0,5 % de la dose associée à l'irradiation naturelle en Polynésie (environ $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

Entre 2010 et 2013, des mesures de l'irradiation ambiante (somme de la radioactivité naturelle et artificielle) 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, en particulier dans les marae. La valeur la plus élevée, $6\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$, a été mesurée au sommet du mont Taitaa à Tubuai.

La surveillance radiologique de l'environnement renforcée mise en place à la suite de la catastrophe de Fukushima, s'est poursuivie en 2013 dans le domaine 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 (thons, espadon, 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.

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 ne mahana ta ta'i tahi e ma'a.

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 haponu 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 2013 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 césium 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 microsieverts i te matahiti), raro mai ia te 0,5 % o te faito vi'i vi'i atomi natura i Porinetia (mai te $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

Mai te matahiti 2010 tae noa tu i te matahiti 2013, ua faito hia mai te mau mahu vi'i vi'i no te aru mai i nia i te tahi mau motu tei tei e tetahi mau motu no Tuamotu ma o tei tapa'o pau hia mai i roto i te mau tapura. Te ite hia nei te iti o te mau numera i roa'a mai raro mai oia i te $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{matahi}^{-1}$. 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 i ni'a i te mau marae. Ua ite hia mai te faito tei tei roa ae i ni'a ia te moua ra o Taitaa i Tupuai.

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 2013 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.

ABSTRACT

Exercised in Polynesia since 1962, the radiological monitoring of the French environment, which takes place on seven islands (Tahiti, Maupiti, Hao, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva and Tubuai) representing the five archipelagos, and consists in taking regular samples of various kinds from the different environmental compartments (air, water, soil) with which the population may be in contact and foods.

Regarding food, the samples analyzed are representative of the diet of Polynesians living in the five archipelagos of that territory, and from the marine environment of the open sea, from the lagoon environment and from the terrestrial environment.

Almost all samples are measured at the Laboratory for the Study and Monitoring of the Environment IRSN, based in Vairao on the island of Tahiti.

After a steady fall in radioactivity levels since the French atmospheric tests come to an end in 1974, the radiological state observed in 2013 has been stable in the recent year and is now very low. This residual radioactivity relates primarily to the ^{137}Cs . In term of additional dose, this artificial and residual radioactivity is lower than $5 \mu\text{Sv.y}^{-1}$ (5 microsieverts per year). This value corresponds to less than 0.5 % of exposure due to natural radioactivity in Polynesia (approximately $1,000 \mu\text{Sv.y}^{-1}$).

From 2010 to 2013, monitoring of natural radioactivity was performed in several islands. Dose rates are very low, below $1,000 \mu\text{Sv.an}^{-1}$. However, highest results were observed when soils come from volcanoes rocks, like on the 'marae'. The highest value, $6,000 \mu\text{Sv.an}^{-1}$, was detected on the Taiata mount at Tubuai.

Enhanced radiological monitoring of the environment set up in the wake of the Fukushima disaster, continued in 2013 in the marine field. The measurements carried out throughout the year confirm the lack of impact of the contamination of Japanese marine area in Polynesian waters. Samples of pelagic fish (tuna, swordfish, dolphinfish, wahoo ...) were made in the vicinity of five Polynesian archipelagos: no increase of ^{137}Cs compared to previous years was observed and ^{134}Cs was never detected.

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	6
1.1 RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN	6
1.2 LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT EN FRANCE	7
1.3 L'ANTENNE POLYNESIENNE DE L'IRSN.....	7
1.4 PRESENTATION DU RAPPORT ANNUEL 2013	8
2 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS	10
3 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES	11
3.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES	11
3.2 PRELEVEMENTS SELECTIONNES	11
3.2.1 Prélèvements du domaine physique.....	12
3.2.2 Prélèvements du domaine biologique.....	12
4 NIVEAUX DE RADIOACTIVITE ET EVOLUTION.....	13
4.1 MILIEU PHYSIQUE	13
4.1.1 Radioactivité de l'air	13
4.1.2 Radioactivité de l'eau	16
4.1.3 Radioactivité des sédiments.....	17
4.2 MILIEU BIOLOGIQUE	18
4.2.1 Milieu marin	18
4.2.2 Milieu terrestre	21
5 EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNESIE FRANCAISE.....	24
5.1 GENERALITES	24
5.2 LES DOSES REÇUES PAR LES POPULATIONS DU FAIT DE LA RADIOACTIVITE D'ORIGINE ARTIFICIELLE	25
5.2.1 Dose efficace annuelle liée à l'exposition externe	25
5.2.2 Dose efficace annuelle liée à l'inhalation	29
5.2.3 Dose efficace annuelle liée à l'ingestion.....	29
6 CONCLUSION	32

1 INTRODUCTION

1.1 RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN

Créé par l'article 5 de la loi 2001-398 du 9 mai 2001, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) est un établissement public industriel et commercial autonome, dont le fonctionnement a été précisé par le décret n° 2002-254 du 22 février 2002, modifié le 7 avril 2007.

Il est placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la défense, de l'environnement, de l'industrie, de la recherche et de la santé.

Expert public en matière de recherches et d'expertises relatives aux risques nucléaires et radiologiques, l'Institut traite l'ensemble des questions scientifiques et techniques associées à ces risques, en France et à l'international. Ses activités couvrent ainsi de nombreux domaines complémentaires : surveillance de l'environnement, intervention en cas de risque radiologique, radioprotection de l'homme en situation normale et accidentelle, prévention des accidents majeurs, sûreté des réacteurs nucléaires, usines, laboratoires, transports et déchets.

L'Institut est également présent dans le domaine de l'expertise nucléaire de défense.

L'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire, de protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ainsi que de protection des matières nucléaires, installations et transports à l'égard du risque de malveillance. Il interagit, dans ce cadre, avec tous les acteurs concernés par ces risques : pouvoirs publics, et notamment les autorités de sûreté et de sécurité nucléaires, collectivités locales, entreprises, organismes de recherche, associations de parties prenantes, etc.

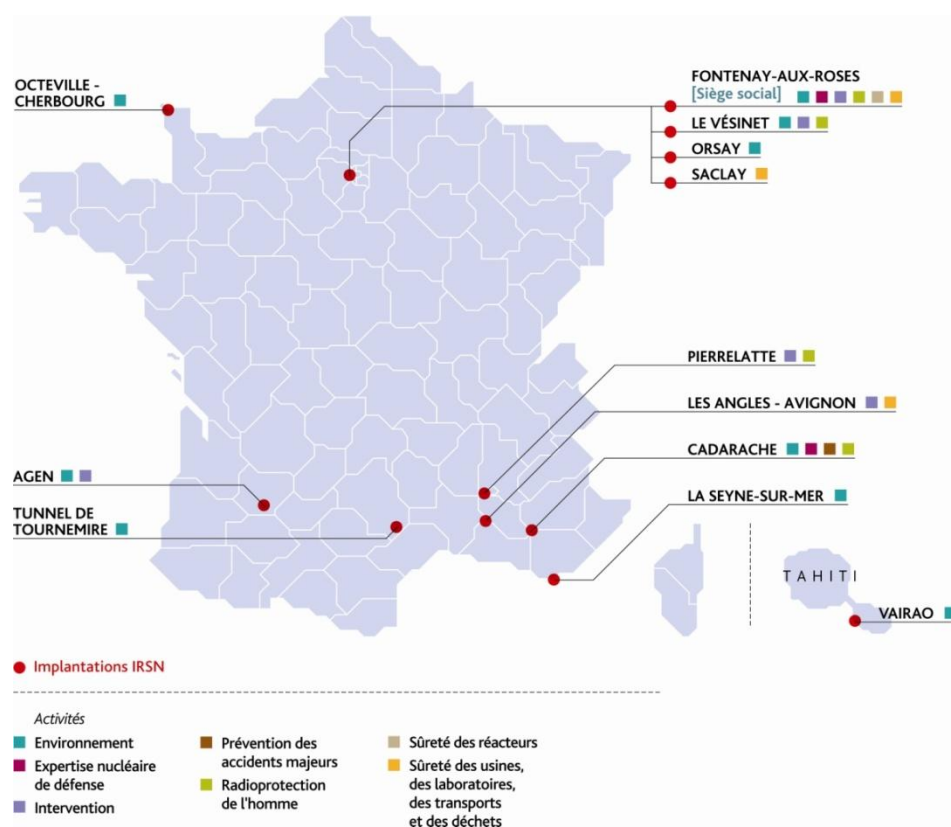


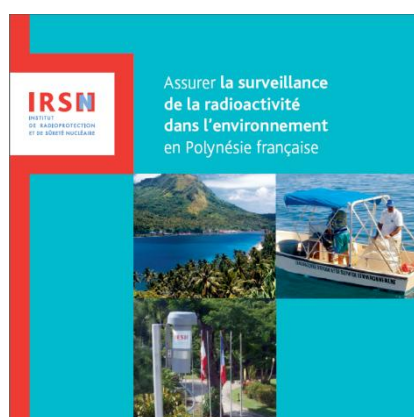
Figure 1 : Implantation des sites de l'IRSN

1.2 LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT EN FRANCE

En France, une surveillance de la radioactivité de l'environnement est effectuée autour des sites nucléaires et sur le reste du territoire national. Cette surveillance implique des acteurs multiples, principalement les exploitants d'activités nucléaires, les autorités de sûreté nucléaire qui en assurent le contrôle, et l'IRSN. D'autres acteurs de la société, notamment associatifs (commissions locales d'information, associations de surveillance de la qualité de l'air, associations de défense de l'environnement...), participent également à des activités d'étude ou de surveillance de la radioactivité de l'environnement.

1.3 L'ANTENNE POLYNESIENNE DE L'IRSN

Le LESE (antenne polynésienne de l'IRSN) est implanté à Vairao depuis l'été 2009, après avoir été basé durant 44 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 Etrangères.



La mission de l'IRSN en Polynésie française répond à un double objectif :

- suivre les niveaux de la radioactivité d'origine artificielle dans tous les milieux de l'environnement où vivent les populations polynésiennes, ainsi que dans les principales denrées alimentaires qu'elles consomment ;
- contribuer à l'évaluation des doses reçues par les populations polynésiennes.

Cette surveillance a été mise en place à l'époque des essais aériens d'armes nucléaires effectués par les grandes puissances (Etats-Unis, Union soviétique, Royaume-Uni, France, Chine), qui 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 41 essais atmosphériques réalisés par la France dans cette région du globe entre 1966 et 1974 et à leurs conséquences sur les populations.

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) représentatives des cinq archipels et consiste à prélever régulièrement des échantillons de nature variée (air, eau, sol, aliments...) dans les différents milieux avec lesquels la population peut être en contact.

Une vocation environnementale renforcée

Cependant, 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.

Ainsi, depuis 2009, le LESE travaille au développement d'un observatoire des contaminants des lagons polynésiens, en partenariat avec l'IFREMER et le CRILOBE du CNRS. Ce projet, soutenu financièrement par le Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer (SEOM) de 2009 à 2011 [1] puis par le Contrat de projet Etat-Pays de 2012 à 2014 [2], a pour objectif de suivre la contamination d'un indicateur biologique (la nacre) en métaux, radionucléides, hydrocarbures et composés organochlorés.

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'Etat ou d'entreprises privées comme par exemple pour le contrôle des anciens sites du CEP (Centre d'Expérimentation du Pacifique) en cours de déconstruction.

Appui aux pouvoirs publics en situation de crise

Le LESE est également un appui aux pouvoirs publics ou à des sociétés privées pour des expertises ponctuelles (état de la qualité de l'environnement autour de sites, contrôles radiologiques...). La surveillance de la radioactivité en Polynésie française a commencé dès 1962, antérieurement à l'ouverture du Centre d'Essais du Pacifique (CEP, 1964). Le laboratoire d'étude et de suivi de l'environnement (LESE) de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), implanté à Tahiti, participe depuis l'origine à cette surveillance et à l'évaluation des conséquences dosimétriques de ces retombées dans le Pacifique.

Dès l'origine, cette surveillance s'inscrivait dans le cadre plus large du Réseau Mondial Français de Surveillance Radiologique (RMFSR).

Le faible nombre d'installations nucléaires dans l'hémisphère sud, éloignées des territoires français, 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 nécessitent des mesures de contrôle.

En mai 2011, l'IRSN a renforcé ses contrôles pour confirmer l'absence d'impact radiologique 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 Sud. Ainsi, depuis 2012, les prélèvements de poissons pélagiques ont été intensifiés sur l'ensemble de la ZEE (Zone Economique Exclusive) de la Polynésie française.

1.4 PRESENTATION DU RAPPORT ANNUEL 2013

Dans le rapport de l'année 2013, le chapitre 2 propose une description sommaire de la Polynésie, en termes de géographie, de climat et d'habitat, ainsi qu'une présentation des caractéristiques principales des régimes alimentaires des trois principales zones : Tahiti, les autres îles hautes et les îles basses ou atolls.

Le chapitre 3 présente les sept zones de prélèvements (deux îles par archipel pour la Société et les Tuamotu, une île pour l'archipel des Gambier, une île pour les Australes et une île pour les Marquises).

Les trois grands types de prélèvements sont aussi présentés : 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 sont fournis dans le chapitre 4. Les résultats de 2013 dans le milieu marin océanique montrent l'absence de traces de radioactivité imputable à l'accident nucléaire de Fukushima dans les eaux territoriales de Polynésie.

Le chapitre 5 traite de la signification dosimétrique de ces niveaux de radioactivité. Les résultats des mesures d'exposition externe effectuées entre janvier 2010 et janvier 2014 dans différentes îles sont présentés sous forme de cartes.

Le chapitre 6 résume les principaux résultats de l'année 2013.

Un document annexe à ce rapport (rapport PRP-ENV/SESURE 2014-20 [3], consultable sur le site Internet de l'IRSN présente de façon plus exhaustive les résultats de l'année 2013 :

- niveaux d'activité du domaine physique ;
- niveaux d'activité du domaine biologique ;
- résultats des calculs dosimétriques ;
- résultats des débits de doses externes mesurés dans les îles.

L'évolution de la dose totale annuelle depuis 1982 est présentée sous forme graphique.

2 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS

La Polynésie française est constituée de 118 îles, dont 76 sont habitées, regroupées en cinq archipels : Société, Tuamotu, Gambier, Australes et Marquises. Elle représente dans le Pacifique Sud une surface de cinq millions de kilomètres carrés d'océan, pour une superficie totale des terres émergées d'environ 3 500 km². La population totale est faible, moins de 270 000 habitants (recensement d'août 2012). L'essentiel de la population 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.

Etant donné les grandes distances, les faibles populations impliquées et les différents modes de vie, 7 îles, de formation volcanique, représentatives des 5 archipels ont été retenues pour les prélèvements d'échantillons.

- **Tahiti et Maupiti**, îles hautes de la Société ;
- **Mangareva**, île haute des Gambier ;
- **Tubuai**, île haute des Australes ;
- **Hiva Oa**, île haute des Marquises.

Les îles hautes (ci-contre : photo à partir du mont Taiata à Tubuai), pouvant culminer jusqu'à plus de 2 000 m, avec des vallées étroites et encaissées ; l'habitat y est situé pour l'essentiel au niveau de la ceinture littorale. Les cultures maraîchères et fruitières, de même que l'élevage, y sont pratiqués.



A **Tahiti**, le régime alimentaire est varié et les productions en provenance de toute la Polynésie peuvent y être trouvées en abondance. Papeete et ses faubourgs disposent de deux marchés approvisionnant à eux seuls environ 40 000 personnes en produits locaux provenant de Tahiti mais aussi d'autres îles (poissons, mollusques, crustacés, légumes, fruits, viande de porc). On y trouve également de nombreux magasins d'alimentation bien approvisionnés en denrées locales et importées.

Les autres **îles hautes** disposent d'un large éventail de denrées locales, fruits, légumes, produits de la pêche et de denrées de première nécessité importées, riz, farine, huile, sucre... arrivant par liaisons maritimes régulières.

- **Rangiroa et Hao** (photo ci-contre : lagon de Hao), atolls habités des Tuamotu.

Ces îles basses ou atolls sont de simples anneaux de corail, à fleur d'eau, avec essentiellement des plantations de cocotiers.

Le régime alimentaire est principalement constitué des produits de la pêche locale, de noix de coco et de quelques élevages familiaux : poulets, porcs... Les denrées importées sont moins nombreuses et arrivent plus irrégulièrement.



3 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES

3.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES

Le choix des 7 îles retenues 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 français de 1966 à 1974, et des vents dominants d'est, les Alizés, facteurs importants quant aux trajets des retombées de ces essais ;
- 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.

3.2 PRELEVEMENTS SELECTIONNES

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.

Six correspondants permanents collaborent avec le laboratoire pour la récolte et l'envoi des échantillons, ceux de Tahiti étant collectés par le personnel du laboratoire.

En 2013, le nombre total de prélèvements est de 192 : 29 pour le domaine physique et 163 pour le domaine biologique.

La baisse continue des niveaux de radioactivité dans l'environnement ne justifie plus d'analyser les mêmes échantillons prélevés dans la même île plusieurs fois dans l'année.

Nous avons ainsi réduit par rapport aux années précédentes les prélèvements de poissons lagunaires au profit d'analyses sur des nacres *Pinctada margaritifera*. Ces analyses entrent dans le cadre de la mise en œuvre d'un réseau de suivi des polluants, radioactifs, métaux lourds, hydrocarbures et composés organochlorés [1]. Ce réseau est mis en œuvre en collaboration avec les équipes d'Ifremer et du Criobe (CNRS).

En 2013, 5 stations « nacres » implantées sur les sites de Vairao et de port Phaëton à Tahiti, dans la baie de Vaiare à Moorea, dans la baie de Faie à Huahine et dans le lagon de Rangiroa, ont donné lieu à 12 analyses de spectrométrie gamma, 3 spectrométrie alpha (Pu), complétées par des analyses de polluants chimiques dans la chair des nacres et 9 analyses de spectrométrie gamma dans les sédiments associés [2].

3.2.1 PRELEVEMENTS DU DOMAINE PHYSIQUE



Il s'agit de prélèvements d'air par filtration, d'eau de mer, de pluie, de rivière (photo ci-contre) et de source prélevées à Tahiti ainsi que des sédiments prélevés sur les différentes îles.

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

3.2.2 PRELEVEMENTS DU DOMAINE BIOLOGIQUE

Le nombre de prélèvements biologiques par île est de : 31 pour Tahiti, 23 pour Maupiti, 20 pour Tubuai, 14 pour Rangiroa, 21 pour Hiva Oa, 14 pour Mangareva et 13 pour Hao. En complément, 15 échantillons de produits importés consommés dans tous les archipels ont été recueillis ainsi que 12 prélèvements de nacres de Takarua transplantées en filières (Tahiti, Moorea, Huahine, Maupiti, Rangiroa).

Sur les 163 prélèvements effectués en 2013, 75 concernent le domaine marin, répartis en 3 catégories, les poissons de haute mer, les poissons de lagon, les autres prélèvements marins (crustacés...), et 88 concernent le domaine terrestre.

- Prélèvements de poissons de haute mer

Il s'agit de 44 prélèvements de poissons pélagiques (espadon, bonite, thazard, mahi mahi [dorade coryphène] et différentes espèces de thons).

- Prélèvements de poissons de lagon

Ce sont 6 prélèvements de poissons, vivant dans le lagon ou à l'extérieur immédiat près du récif, appartenant au genre loche et mérout exclusivement. Jusqu'en 2010, plusieurs espèces différentes étaient analysées (lutjan, bec de cane, baliste...). Les loches et les mérouts sont les plus aptes à concentrer le césium dans leur chair ; ils ont été retenus comme bioindicateurs de la concentration du ^{137}Cs dans les lagons [4].

- Autres prélèvements marins

Il y a 25 prélèvements de mollusques et crustacés : 5 bénitiers, 3 trocas, 2 poulpes, 3 langoustes et 12 nacres.

- Prélèvements du domaine terrestre

Les 73 prélèvements se répartissent en 14 boissons (3 eaux de boisson, 6 eaux de coco, 1 bière, 1 jus de fruit, 1 soda et 2 laits), 31 légumes (8 légumes-feuilles, 16 légumes-fruits et 7 légumes-racines), 24 fruits, 2 viandes et 2 œufs, et 15 prélèvements complémentaires relatifs à des produits d'importation (1 bière, 1 lait, 3 viandes et 5 autres produits divers : pâtes, pain, riz, pomme de terre, nouilles japonaises, sauce soja, vinaigre de riz, wasabi).

4 NIVEAUX DE RADIOACTIVITE ET EVOLUTION

Toutes les mesures de radioactivité ont été réalisées en Polynésie par le LESE, à l'exception des analyses gamma (γ) des prélèvements d'air effectuées par le laboratoire IRSN/LMRE d'Orsay dans l'Essonne (91).

Pour la réalisation de ces mesures, le LESE dispose de divers équipements permettant la mesure directe par spectrométrie gamma ou après radiochimie sélective pour les analyses alpha (α) de Pu.



Spectromètre γ Ge HP bas bruit de fond équipé d'un veto cosmique (^{137}Cs , ^{60}Co ,...)



Laboratoire de radiochimie alpha (Pu)

Les résultats des mesures de strontium 90 sont tous en limite de détection ces dernières années. Ces analyses, restreintes aux poissons de lagon et au coprah depuis 2009 [4], ne sont plus réalisées à partir de 2013.

4.1 MILIEU PHYSIQUE

4.1.1 RADIOACTIVITE DE L'AIR

Les prélèvements d'aérosols sont réalisés en continu sur filtre avec une station à grand débit d'aspiration (environ $300 \text{ m}^3/\text{h}$).

Le tableau 1 ci-après présente les activités moyennes annuelles obtenues ces 3 dernières années pour les ^{137}Cs , ^7Be , ^{22}Na , ^{40}K et ^{210}Pb . Les incertitudes indiquées sont relatives à la mesure et non pas à une variabilité naturelle. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus à Orsay en région parisienne.

Depuis 2011, la mesure des aérosols à Tahiti est réalisée sur la première décade de chaque mois, les deux autres décades prélevées étant archivées. Les prélèvements de novembre et de décembre 2013 n'ont pas été réalisés à la suite d'une panne de la station.



Les activités moyennes mensuelles, 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 [3] consultable sur le site Internet de l'Institut.

Tableau 1 : Activités moyennes annuelles ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) de 2011 à 2013 pour les 5 radionucléides détectés dans les aérosols prélevés en continu à Tahiti et à Orsay. Ces activités sont calculées à partir des activités moyennes mensuelles pondérées des volumes d'air prélevés.

Radionucléides	Tahiti (Vairao)			Métropole (Orsay 91)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Artificiels ^{137}Cs	$0,10 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,04$	$3,9 \pm 1,6$	$0,12 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,04$
Naturels						
^7Be	3260 ± 950	2860 ± 860	1960 ± 700	3900 ± 760	3000 ± 860	3000 ± 500
^{22}Na	$0,29 \pm 0,12$	$0,26 \pm 0,12$	$0,14 \pm 0,08$	$0,33 \pm 0,14$	$0,38 \pm 0,15$	$0,34 \pm 0,09$
^{40}K	$8,3 \pm 2,7$	$6,4 \pm 2,3$	$5,1 \pm 1,8$	$7,0 \pm 3,2$	$5,2 \pm 1,9$	$5,7 \pm 1,2$
^{210}Pb	86 ± 26	82 ± 26	61 ± 19	550 ± 120	320 ± 100	330 ± 60

Le seul radionucléide artificiel émetteur γ encore détectable en Polynésie française est le ^{137}Cs . Il témoigne de la rémanence des retombées anciennes des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Les résultats mensuels n'excèdent pas $0,10 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, la valeur moyenne annuelle est comparable à celle des années précédentes (tableau 1).

L'évolution de l'activité volumique du ^{137}Cs dans l'air à Tahiti et à Orsay montre une diminution comparable, d'environ 4 ordres de grandeur, entre 1971 et 2013 (figures 2 et 3 ci-après). La valeur moyenne annuelle à Orsay est environ 2 fois plus élevée que celle de Tahiti.

En métropole, on note en 2011 une nette augmentation de la concentration du ^{137}Cs atmosphérique consécutif à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima [5] qui a eu un impact sur l'ensemble de l'hémisphère nord, sans impact décelable dans l'hémisphère sud. On retrouve depuis 2012 des niveaux de concentration comparables à ceux des années précédant l'accident.

Les 4 radionucléides d'origine naturelle proviennent des hautes couches (^7Be , ^{22}Na) et des basses couches (^{40}K , ^{210}Pb) de l'atmosphère.

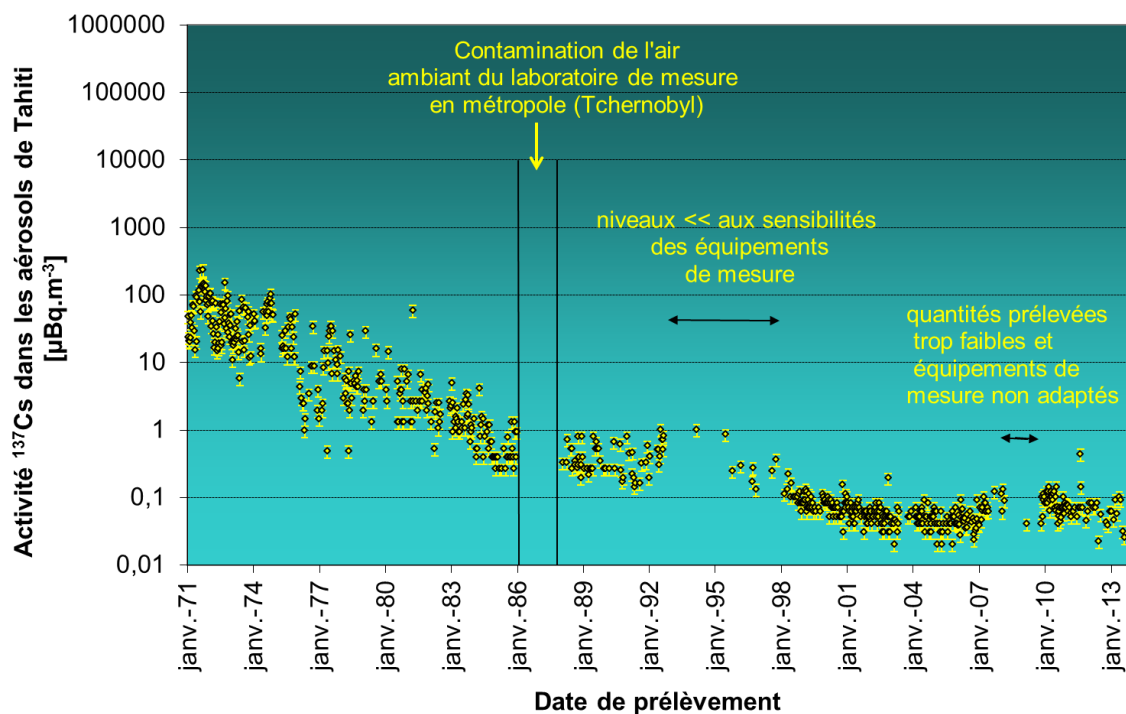


Figure 2 : Activité (µBq.m⁻³) en ¹³⁷Cs dans les aérosols prélevés à Tahiti de janvier 1971 à décembre 2013

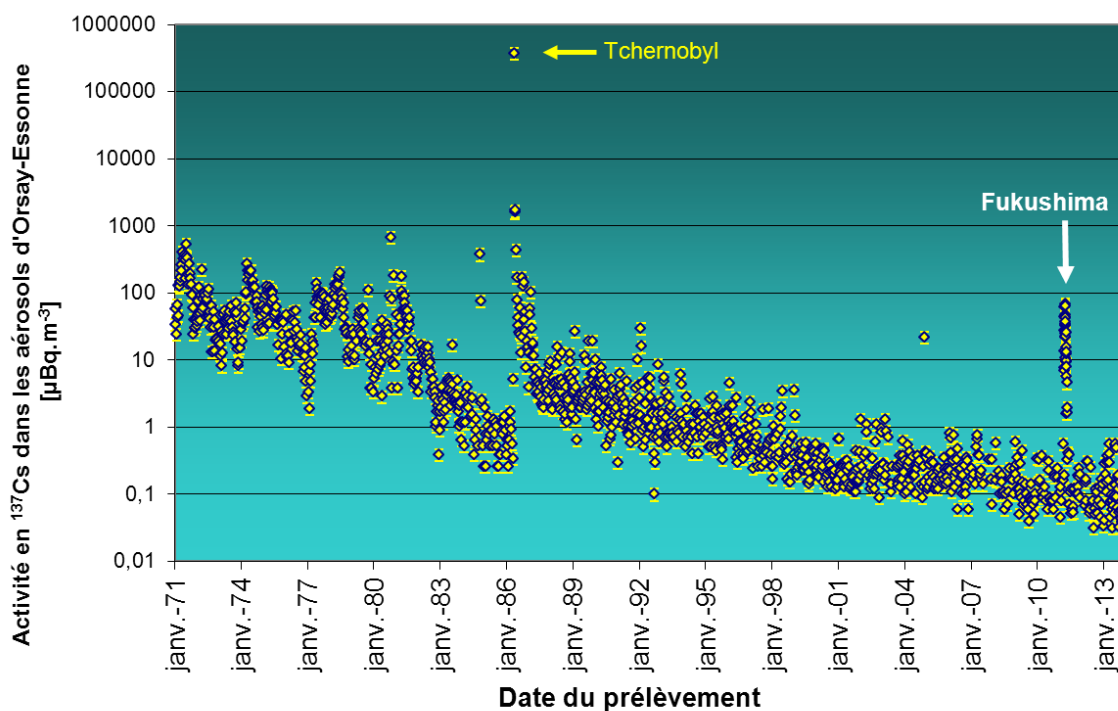


Figure 3 : Activité (µBq.m⁻³) en ¹³⁷Cs dans les aérosols prélevés à Orsay (Essonne) de janvier 1971 à décembre 2013

4.1.2 RADIOACTIVITE DE L'EAU

4.1.2.1 L'eau de mer

Afin de vérifier l'impact éventuel de l'accident de Fukushima-Dai-ichi dans le milieu marin, la fréquence de prélèvement de l'eau de mer, annuelle auparavant, est devenue mensuelle en 2012. En 2013, 3 prélèvements ont été réalisés. Ces prélèvements ont été effectués au sud de Tahiti (à Vairao) dans le lagon à 1,5 m de profondeur. La mesure du césium (¹³⁴ et ¹³⁷) qui sont les 2 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 quelques centaines de litres d'eau.

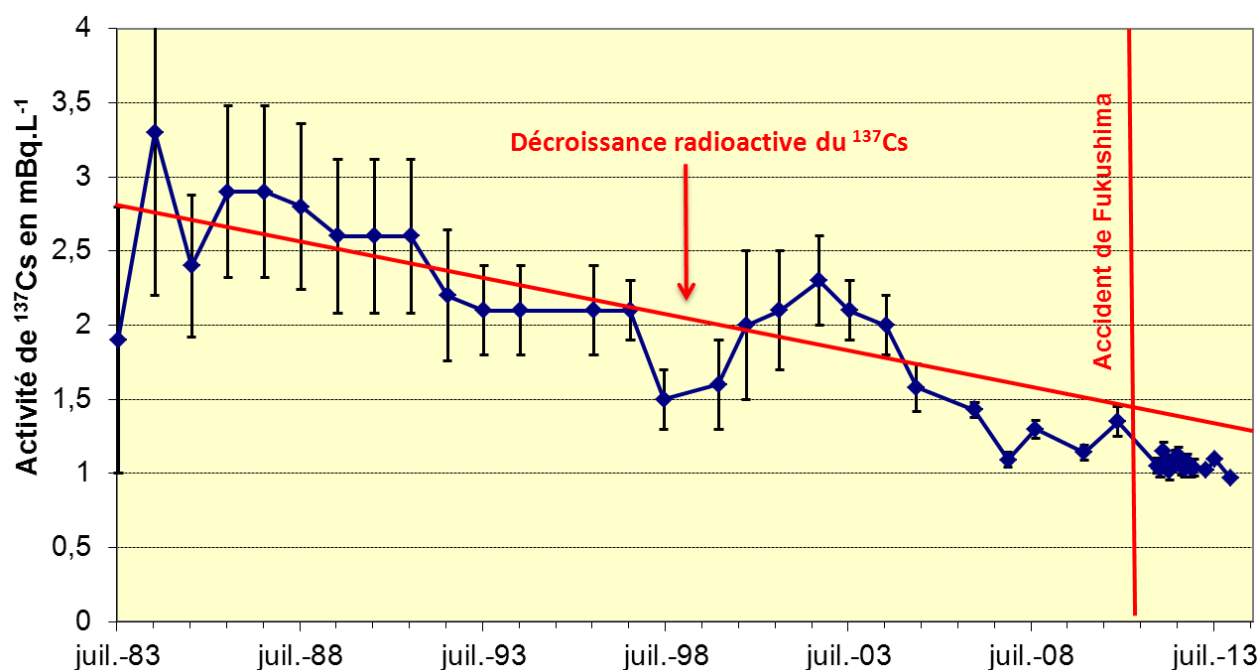
- La détection de l'isotope ¹³⁴, dont la période radioactive est de 2,1 ans, caractérise l'impact de Fukushima. Cet impact devrait aussi être observé par l'augmentation de la concentration en ¹³⁷Cs.
- L'isotope ¹³⁷, de période radioactive plus élevée, proche de 30 ans, préexiste dans l'environnement suite aux retombées mondiales des essais nucléaires atmosphériques ($1,3 \cdot 10^{18}$ Bq libérés dans l'environnement entre 1945 et 1980). Il provient aussi des retombées de l'accident de Tchernobyl (moins de 10^{17} Bq localisés en grande partie en Europe) ainsi que des rejets des usines de retraitement du combustible et des centrales électronucléaires ($1,3 \cdot 10^8$ Bq en 1999 pour un réacteur de 1300 MWe, en effluent liquide principalement).

Evolution de la concentration du ¹³⁷Cs dans l'eau de mer en Polynésie depuis 1983

L'évolution de la concentration (exprimée en mBq.L⁻¹) du ¹³⁷Cs dans les eaux de mer de la ZEE (zone Economique Exclusive) de la Polynésie française (océan et lagon) de 1983 à 2013 est représentée sur la courbe ci-dessous.

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. A 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.

La diminution de la concentration du ¹³⁷Cs sur cette période de 30 ans correspond essentiellement à la décroissance radioactive de ce radionucléide. Ce constat indique que ce radionucléide se dilue peu dans la masse océanique mais reste plutôt concentré dans les eaux de surface.



Concentration du ¹³⁷Cs dans l'eau de mer océanique de 1983 à 2005 et lagonaire depuis 2006.

Les limites de détection en ^{134}Cs obtenues tout au long de l'année (tableau AI-3 [3]) confirment 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'a pas eu d'impact dans les eaux polynésiennes.

La valeur moyenne de $1,02 \pm 0,04 \text{ mBq.L}^{-1}$ mesurée durant l'année 2013 pour le ^{137}Cs , est conforme à celles obtenues généralement dans cette zone de l'océan Pacifique et à celles obtenues depuis 2009 à Vairao et les années précédentes au nord de Tahiti (pointe Vénus - Mahina).

4.1.2.2 Les eaux douces

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

L'analyse de l'eau de rivière collectée en 2013 sur la presqu'île de Tahiti a permis de détecter la présence de ^{137}Cs à une concentration très faible de $0,18 \pm 0,04 \text{ mBq.L}^{-1}$, identique aux résultats obtenus de 2009 à 2012 au même lieu. Cette valeur, proche des limites de détection, n'est pas significativement différente des résultats des mesures réalisées les années précédentes sur des prélèvements au nord de Tahiti (Papenoo).

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

4.1.3 RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS

Les prélèvements de sédiments ne sont pas réalisés systématiquement chaque année. Depuis 2009, une campagne d'échantillonnage de sédiments est menée en différents points des 7 îles constituant le réseau de suivi de la radioactivité ainsi que sur d'autres îles de la Polynésie française (Apataki en 2011, Raivavae et Moorea en 2012, Huahine, Makemo, Tuanake, Tahanea, Fakarava et Kauehi en 2013).

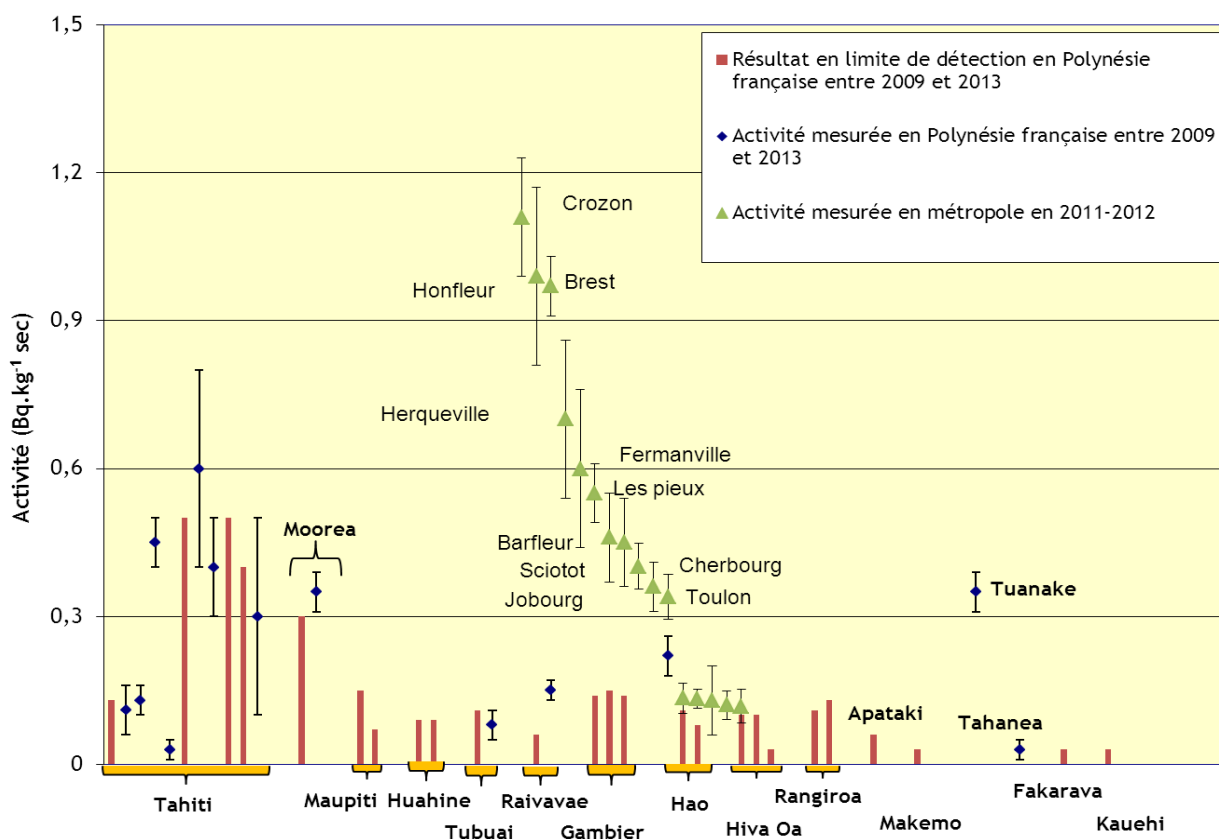


Figure 4 : Activités de ^{137}Cs dans les sédiments marins prélevés entre 2009 et 2013 en Polynésie française (Tahiti, Moorea, Huahine, Maupiti, Tubuai, Raivavae, Hiva Oa, Gambier, Hao, Rangiroa, Apataki, Makemo, Tuanake, Tahanea, Fakarava et Kauehi) et en 2012 le long des côtes en métropole (Crozon, Brest, Honfleur, Herqueville, Fermanville, Sciottot, Les Pieux, Barfleur, Cherbourg, Jobourg, Toulon, Dunkerque, Mers-les-bains, Arcachon, St Pierre d'Oléron et Pornichet).

Les résultats de spectrométrie γ concernent 33 prélèvements de sédiments marins lagunaires de Tahiti, Maupiti et Huahine (Société), Tubuai et Raivavae (Australes), Mangareva (Gambier), Hao, Rangiroa, Apataki, Makemo, Tuanake, Tahanea, Fakarava et Kauehi (Tuamotu), et de sédiments océaniques d'Hiva Oa (Marquises) et de Rangiroa. Ils sont reportés dans le tableau AI-4 [3] pour les prélèvements réalisés en 2013 et dans les annexes du bilan de la surveillance 2012 [6] pour les données antérieures. Lorsqu'il est détecté, le ^{137}Cs est à des niveaux d'activité bas ($< 0,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Il est souvent observé en limite de détection comme le montre la figure 4 (points roses sans barres d'incertitudes).

Les valeurs les plus élevées en ^{137}Cs (proches de $0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) correspondent à des échantillons de sédiments riches en matière organique prélevés en profondeur (plus de 15 m) dans les lagons à Tahiti et à Moorea [3] et un en bord de plage à Tuanake (tableau AI-4 [3]), les autres échantillons provenant aussi de bords de plages ont des teneurs en matières organiques et des concentrations en ^{137}Cs plus faibles.

Ces concentrations dans les sédiments de plage en Polynésie sont globalement plus faibles que celles obtenues en métropole (figure 4) dans des sédiments de plage collectés en 2012 sur les plages de l'Atlantique, de la Manche et de la méditerranée [7], la métropole ayant été soumise à des retombées atmosphériques plus importantes, suite aux essais nucléaires dans l'hémisphère nord et à l'accident de Tchernobyl.

4.2 MILIEU BIOLOGIQUE

Les analyses réalisées sur les échantillons biologiques, essentiellement représentés par des denrées alimentaires, portent sur la partie comestible. Les 163 prélèvements ont été mesurés par spectrométrie γ et 21 d'entre eux font l'objet d'une radiochimie, suivie d'une spectrométrie α pour doser les isotopes du plutonium.

Seules quelques traces de ^{137}Cs et de Pu ont été mesurées dans ces échantillons. Le ^{60}Co , qui n'était encore détecté que sur quelques échantillons de bénitiers ces dernières années, n'a jamais été décelé dans les échantillons analysés depuis 2011.

4.2.1 MILIEU MARIN

Le ^{137}Cs dans l'eau de mer et l'ensemble des radionucléides émetteurs gamma dans les poissons de haute mer et de lagon, pêchés et consommés par les Polynésiens, sont mesurés régulièrement.

Suite à l'accident de Fukushima Dai-ichi une surveillance spécifique, axée sur une éventuelle contamination atmosphérique de mars à juillet 2011, a été mise en œuvre par l'IRSN-LESE en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie [5, 8].

Des données récentes sur des pêches réalisées au voisinage des côtes californiennes [9] indiquent que l'impact des rejets de l'accident de Fukushima n'a pas été observé dans les thons à nageoires jaunes (*thunnus albacares*) mais a été observé dans la chair des thons rouges (*thunnus orientalis*) en 2011 avec une valeur moyenne en ^{134}Cs de $4,0 \pm 1,4$ et $6,3 \pm 1,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ en ^{137}Cs alors qu'en 2008 le ^{134}Cs n'était pas décelé et le ^{137}Cs était à $1,4 \pm 0,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$. Le passage de certaines espèces dans les eaux contaminées et leurs migrations rapides sont à l'origine de ces observations.

A partir de septembre 2011, une attention particulière est portée aux poissons de haute mer pouvant véhiculer une contamination du pacifique nord vers le pacifique sud. La fréquence des prélèvements de poissons est 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. En effet, la compétition entre la durée de migration et la période biologique du césium dans les muscles des poissons risque de réduire fortement la possibilité de mesurer le signal d'une contamination pour des espèces pêchées dans le pacifique sud.

Pour les espèces lagunaires, les prélèvements sont restés focalisés sur les mérus qui sont de bons intégrateurs du césium.

4.2.1.1 Poissons de haute mer

En 2013, 44 prélèvements de poissons pélagiques (espadon, bonite, thazard (photo ci-contre), dorade coryphène (mahi mahi) et différentes espèces de thons) provenant de pêches côtières ont été analysés en spectrométrie γ . Les résultats obtenus sont détaillés par îles dans les tableaux All-1 à All-7 [3].



Les prélèvements de poissons de haute mer sont réalisés par des pêcheurs locaux, collaborateurs habituels du LESE, dans les 5 archipels de la Polynésie française. Ce sont des pêches non industrielles, au voisinage des îles concernées, pour une consommation locale.

Le seul radionucléide d'origine artificielle détecté dans les poissons en 2010, avant l'accident de Fukushima, est 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 4.2.2.3).

Les échantillons prélevés après l'accident de Fukushima, de septembre 2011 à décembre 2013, dans les eaux polynésiennes ne présentent aucune trace de ^{134}Cs . Les limites de détection (LD) sont comprises entre $0,13$ et $0,50 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$.

Les activités en ^{137}Cs sont cohérentes avec les résultats obtenus les années antérieures (figure 5). Les niveaux résiduels en 2013 restent assez homogènes entre $0,30$ à $1,35 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais, la valeur maximum étant celle d'un thazard provenant de Tubuai.

Pour les autres radionucléides d'origine artificielle émetteurs γ comme le ^{60}Co , les résultats sont inférieurs aux limites de détection.

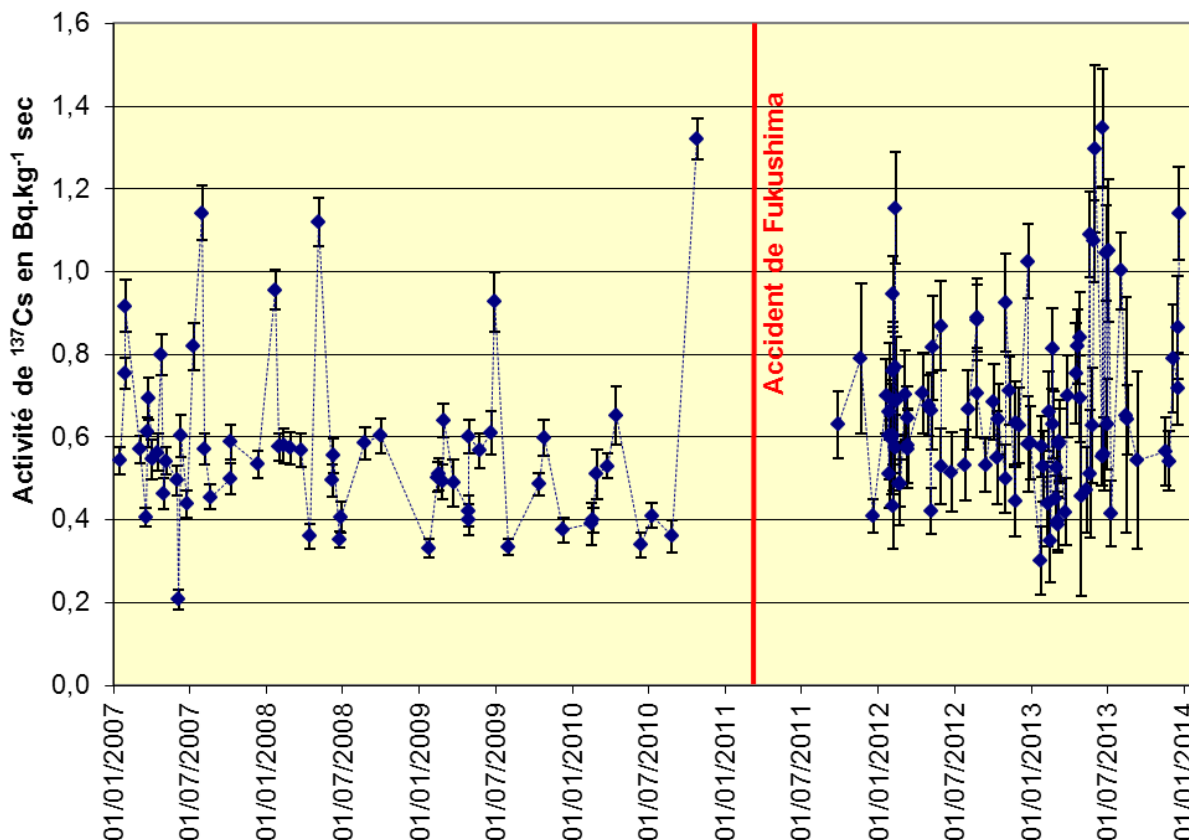


Figure 5 : Concentration en Bq.kg^{-1} de poids sec du ^{137}Cs dans les poissons de haute mer, toutes espèces confondues, prélevés au voisinage des côtes polynésiennes les mois précédant et suivant l'accident de la centrale japonaise de Fukushima Dai-ichi.

4.2.1.2 Poissons et autres produits marins de lagon



31 prélèvements ont été réalisés en 2013, 6 poissons (exclusivement des mérours et loches ; photo ci-contre d'une loche marbrée) et 25 autres produits (bénitier, troca, poulpe, langouste et nacre). Tous ont été mesurés par spectrométrie γ .

Les 6 poissons, les 5 bénitiers et 3 nacres ont fait l'objet d'une analyse en Pu. Les résultats d'activité sont présentés dans les tableaux All-1 à All-9 [3].

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, rarement dans les autres produits de lagon. Les concentrations dans les poissons, supérieures à celles mesurées dans d'autres organismes marins, en particulier dans les mollusques, s'expliquent par leur position plus élevée dans la chaîne trophique et par des phénomènes de rétention active du ^{137}Cs , analogue chimique du potassium, dans les muscles de poissons. Les valeurs les plus fortes ont été observées dans des mérours à Tubuai ($0,46 \text{ Bq.kg}^{-1}$ 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 2013, les résultats restent inférieurs à la limite de détection (environ $0,04 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les bénitiers et $0,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les nacres).
- Les isotopes du Pu (^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$) ont été décelés en 2013 dans la chair des poissons uniquement à Tahiti à de très faibles concentrations ($0,46 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais en $^{239+240}\text{Pu}$). Par contre comme les années précédentes, ces isotopes ont été quantifiés dans 2 des 3 prélèvements de nacres analysées et dans les 5 bénitiers (figure 6). L'activité des isotopes 239+240 est environ 10 fois plus élevée que celle de l'isotope 238. Les activités sont toujours plus faibles dans les îles de la Société (Tahiti et Maupiti) que dans les îles des autres archipels (Tubuai-Australes, Mangareva-Gambier, Hao-Tuamotu et Rangiroa-Tuamotu).

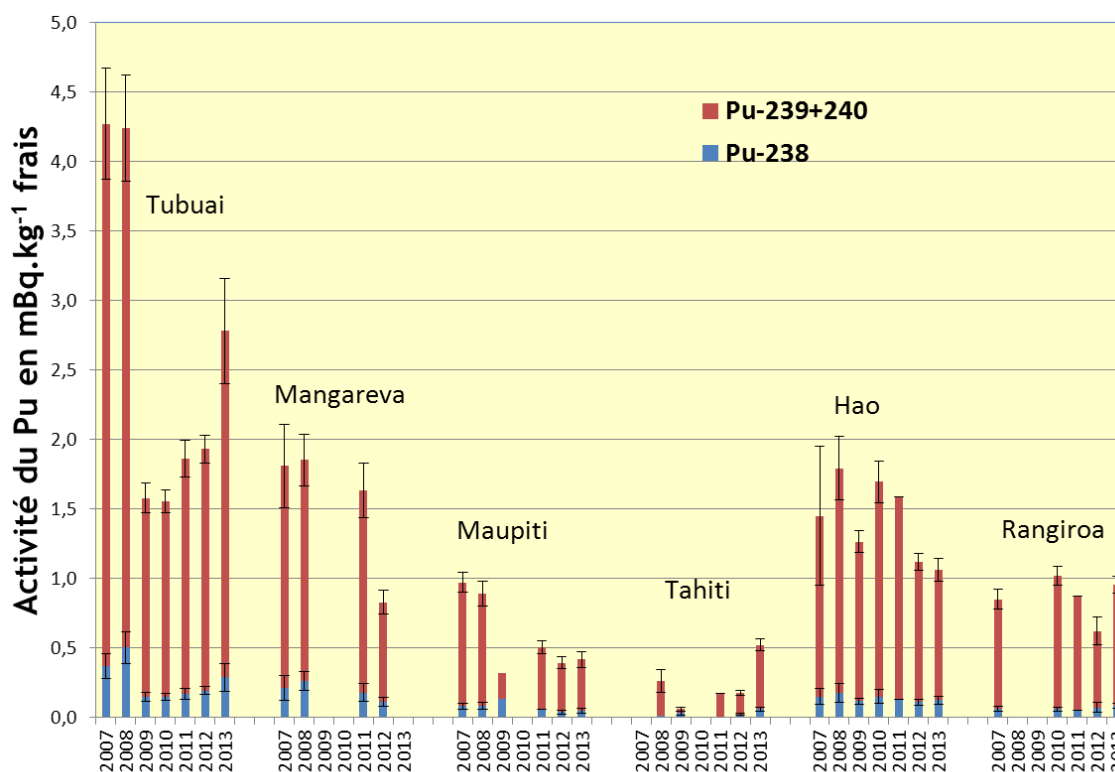


Figure 6 : Concentration en mBq.kg⁻¹ frais des isotopes du Pu dans les bœufiers analysés entre 2007 et 2013 dans 6 îles de Polynésie française (pas de prélèvements à Mangareva en 2009, 2010 et 2011, à Maupiti en 2010, à Tahiti en 2007 et 2010, à Hao en 2010 et à Rangiroa en 2007 et 2008)

4.2.2 MILIEU TERRESTRE

4.2.2.1 Lait de vache

A la suite de l'accident de Fukushima des analyses hebdomadaires du 16 mars au 11 mai puis mensuelles jusqu'à la fin de l'année 2011 ont été réalisées dans des échantillons de lait entier provenant du plateau de Taravao à Tahiti.

En 2013, 2 prélèvements ont été réalisés. Les teneurs en ¹³⁷Cs (tableau All-9 [3]) sont restées cohérentes avec les teneurs mesurées en 2012 et antérieurement à l'accident, aucune trace de ¹³⁴Cs, de ⁶⁰Co et de ¹³¹I n'a été décelée dans ces échantillons. Les activités en ¹³⁷Cs sont comparables aux valeurs observées en Nouvelle-Zélande en 2011 [10].

Comme les années précédentes, la concentration en ¹³⁷Cs dans le lait entier local en 2013, est légèrement supérieure à celle du lait UHT importé (limite de détection à 0,03 Bq.L⁻¹ en 2013 pour un échantillon provenant de France métropolitaine).

Depuis les années 1990, on observe (figure 7) une décroissance de la radioactivité dans le lait très lente (pente bleue), bien plus lente que celle observée pendant les essais nucléaires atmosphériques dans les années 70 (pente rose). La décroissance rapide de l'activité en ¹³⁷Cs mesurée dans le lait après les essais aériens peut être mise en lien avec une diminution rapide de l'activité en ¹³⁷Cs dans les sols par lessivage de ces derniers. En effet, le ¹³⁷Cs accumulé dans les sols est absorbé par les plantes consommées à leur tour par le bétail ; l'eau d'abreuvement constituant une autre voie de contamination du lait. Ainsi, la pente de décroissance plus lente (pente bleue) correspondrait à une mobilisation des dépôts anciens fixés de césium.

En outre, les variations observées peuvent être mises en relation avec des facteurs de transferts sol-plantes environ 100 fois supérieurs à ceux mesurés généralement en Europe ([11]), des variations dans l'enfouragement et les compléments alimentaires donnés au bétail ainsi que des sources d'abreuvement variables.

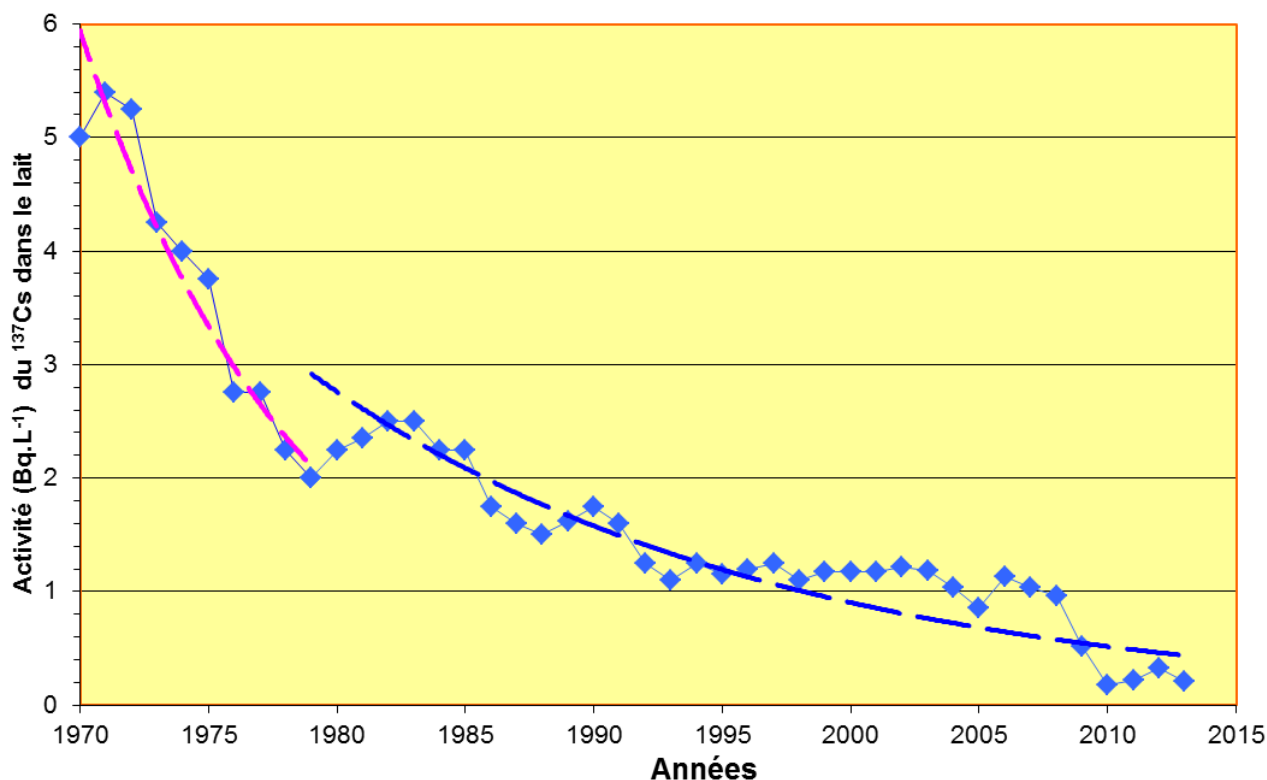


Figure 7 : Evolution depuis 1970 de l'activité en ¹³⁷Cs du lait provenant des vaches du plateau de Taravao

4.2.2.2 Autres prélèvements d'origine terrestre



En 2013, 71 prélèvements (hors lait) de denrées d'origines locale et régionale provenant des 5 archipels, ont été réalisés : 13 boissons, 31 légumes, 24 fruits, 3 viandes et 1 œuf, auxquels s'ajoutent 15 prélèvements de produits importés.

Les résultats des analyses par spectrométries γ et α pour le Pu sont présentés dans les tableaux de l'annexe II [3]. Depuis 2011, seuls les prélèvements de coprah donnent lieu à une analyse en Pu [4].

- Plus de la moitié des analyses permettent encore de quantifier des traces en ¹³⁷Cs et 5 mesures (viandes de bœuf et de porc de Tahiti, papaye à Mangareva, eau de coco et coprah à Tubuai) donnent des valeurs supérieures à 1 Bq.kg⁻¹ frais (c'était le cas de 2 mesures en 2012, 6 en 2011).
Il faut aussi noter que la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande présente en 2013 une valeur en ¹³⁷Cs bien plus élevée (4,3 Bq.kg⁻¹ frais) que ces dernières années ; une valeur proche (2,5 Bq.kg⁻¹ frais) a été mesurée en 2008.
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.
- Le ⁶⁰Co n'est jamais quantifié dans ces échantillons du milieu terrestre.
- Sur les 7 échantillons de coprah mesurés, le ²³⁸Pu est détecté 2 fois (Hao et Mangareva) et le ²³⁹⁺²⁴⁰Pu est détecté 3 fois (Hao, Mangareva et Tahiti) à des valeurs proches des limites de détection et n'excédant pas 0,05 mBq.kg⁻¹ frais.

4.2.2.3 Commentaire général sur les concentrations en radionucléides mesurées dans les produits alimentaires

A titre indicatif, les concentrations mesurées dans l'ensemble des denrées alimentaires sont très faibles par rapport aux niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour bétail. Ces niveaux, fixés par le règlement (Euratom n° 3954/87 et n° 944/89), sont indiqués dans le tableau 2 ci-après et comparés aux valeurs maximales mesurées dans ces mêmes aliments.

Tableau 2 : Niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination radioactive pour les denrées alimentaires (règlement Euratom n° 3954/87 et 944/89) comparés aux concentrations maximales mesurées en 2013 dans les denrées de Tahiti

NMA en Bq.kg ⁻¹ et concentrations maximales mesurées dans les aliments en Polynésie française en Bq.kg ⁻¹						
Radionucléides	Lait et Aliments pour nourrissons		Autres denrées		Liquides	
	NMA	Mesure 2013	NMA	Mesure 2013	NMA	Mesure 2013
¹³⁷ Cs ou ⁶⁰ Co	400	0,22±0,07 ¹	1250	6,6±0,3 ²	1000	3,0 ± 0,5 ³
Plutonium et émetteurs alpha	1	nm ⁴	80	0,001±0,0001 ⁵	20	nm ⁴

¹ Valeur mesurée sur un échantillon de lait de Tahiti

² Valeur mesurée sur un échantillon de bœuf de Tahiti

³ Valeur mesurée sur un échantillon d'eau de coco à Tubuai

⁴ nm : non mesuré

⁵ Valeur mesurée dans un bénitier prélevé à Hao

5 EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNESIE FRANCAISE

5.1 GENERALITES

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, la **radioactivité d'origine naturelle** 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 ;
- A l'exposition par ingestion de radionucléides naturels présents dans les aliments et l'eau de l'ordre de 0,25 mSv/an (0,18 mSv/an environ imputable au seul potassium 40) ;
- A 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 est très variable, lié à la nature des sols. Il est généralement relativement faible en Polynésie française (moins de 0,05 mSv) 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 omni présent dans l'air et peut s'accumuler dans les endroits fermés et mal aérés. Compte-tenu, d'une part de la nature des sols en Polynésie, non granitiques et contenant peu d'uranium, en dehors de l'île de Makatea riche en phosphate et en uranium, on trouve peu de Radon, d'autre part du mode de vie des habitants (maisons largement ouvertes et donc bien aérées), l'accumulation de la faible quantité de radon existant est négligeable. La dose associée à la présence de radon en Polynésie française est relativement faible, elle est évaluée à 1 mSv/an.

On estime ainsi que la radioactivité naturelle induit en Polynésie française une exposition cumulée de l'ordre de 1 à 2 mSv/an. A 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'installations nucléaires industrielles mais réalisation d'essais d'armes nucléaires des années 1966 à 1974, la radioactivité d'origine artificielle est essentiellement due aux facteurs suivants :

- Les rémanences 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 dépôt 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 de lagon, eau de coco, lait et viande de bœuf essentiellement) et constituent ainsi une source de **contamination par ingestion**.
- Les radionucléides présents dans l'alimentation et les boissons locales 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 à la Polynésie ;
- Les examens et traitements médicaux : dans les pays industrialisés, 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 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 RADIOACTIVITE 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 du temps pendant lequel se produit l'exposition.

Dans le cas d'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, calculées dans ce rapport sont constituées de 3 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 résultats de mesures inférieurs à la limite de détection (LD) sont pris égaux à la LD, par convention. Il convient de noter que ce mode de calcul simplificateur est inexact et peut entraîner des biais dans l'estimation de la dose reçue. La méthodologie de calcul de la dose doit être réévaluée à l'avenir.

Les coefficients de dose par unité d'activité inhalée et unité d'activité ingérée pris en compte sont ceux recommandés respectivement par la CIPR 71 [12] et CIPR 67 [13].

L'ensemble des résultats bruts est détaillé dans les tableaux de l'annexe III [3]. Ces doses sont relatives à chaque lieu de prélèvement et pour 2 groupes de populations : les adultes et les enfants de moins de 5 ans.

5.2.1 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A 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.

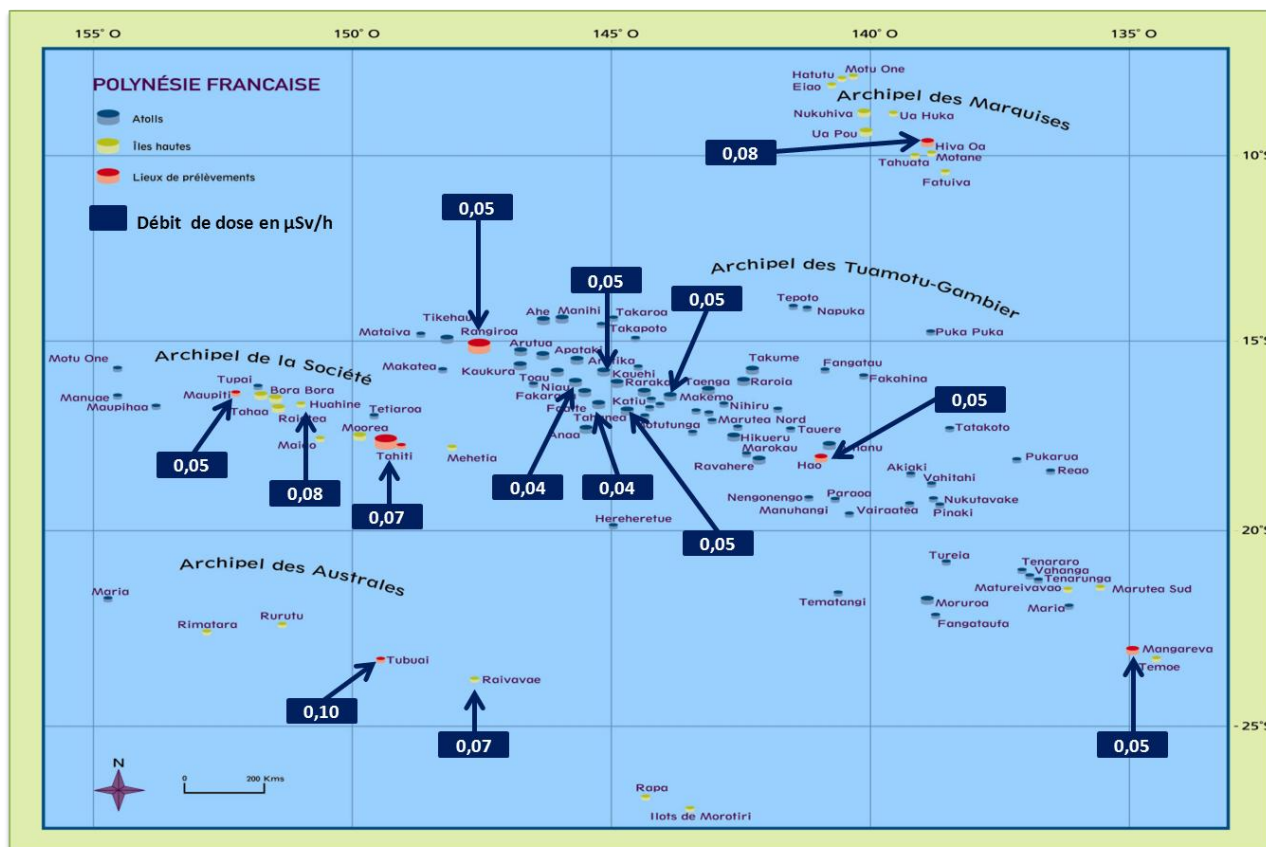
La dose efficace ajoutée d'origine artificielle, due à l'exposition externe, estimée à partir du dépôt de ^{137}Cs (seul radionucléide artificiel émetteur γ encore décelable dans les sols) est au maximum de quelques $\mu\text{Sv}/\text{an}$. Les valeurs de dose externe sont relatives aux activités en ^{137}Cs dans des sols prélevés en 2000 à Faa'a pour l'île de Tahiti, et en 2005-2006 pour les autres îles [14].

FOCUS : Mesure de l'exposition externe entre janvier 2010 et janvier 2014 dans les îles de Polynésie française

Des mesures d'exposition externe ont été effectuées dans 14 îles et atolls de Polynésie française entre janvier 2010 et janvier 2014 avec des débitmètres Saphymo AD6.

Les mesures avec ces appareils 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 valeur moyenne par île, en $\mu\text{Sv/h}$, est indiquée sur la carte ci-dessous sur laquelle sont aussi précisées les îles dans lesquelles les prélèvements annuels d'échantillons sont réalisés.

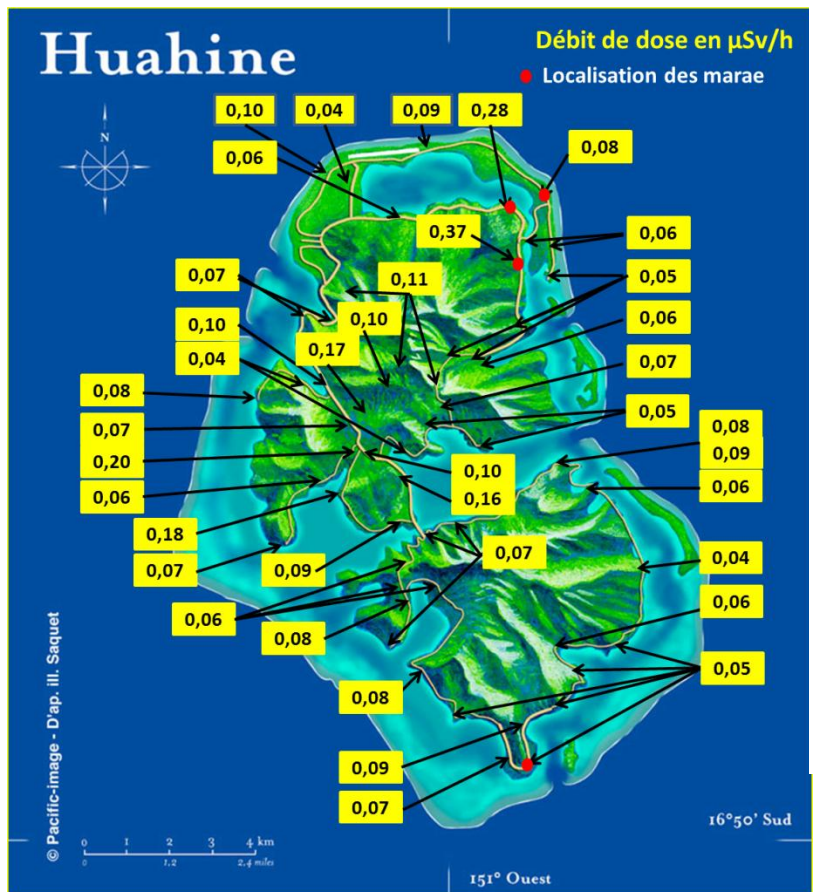


Valeur moyenne de l'exposition externe mesurée entre janvier 2010 et janvier 2014 dans différentes îles de Polynésie française

Certaines valeurs dans les atolls des Tuamotu (Tuakana, Makemo, Kauehi, Tahanea et Fakarava) sont le résultat d'une ou deux mesures ponctuelles alors que pour certaines îles (Mangareva, Maupiti, Tahiti et Hao), plusieurs mesures ont été réalisées et pour 5 îles (Raivavae et Tubuai dans les Australes, Hiva Oa dans les Marquises, Rangiroa dans les Tuamotu et Huahine dans la Société), plusieurs dizaines de mesures ont été faites, limitées aux zones desservies par des routes ou des chemins. Pour ces 5 îles, des cartes détaillées ci-après montrent la position et la valeur des points de mesures. L'ensemble des résultats est présenté en annexe V [3].

On constate des débits de dose très faibles sur toutes les îles. La précision statistique des mesures est de 25 %, dans certains cas moins quand les valeurs sont supérieures à $0,1 \mu\text{Sv/h}$. 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. C'est le cas à Tubuai sur le mont Taiata et généralement sur les marae (lieu sacré dans les cultures polynésiennes, pavé de pierre volcanique ou corallienne) comme à Tubuai ou à Maupiti, mais beaucoup moins sur les marae de Hiva Oa dont la composition des roches doit être différente.

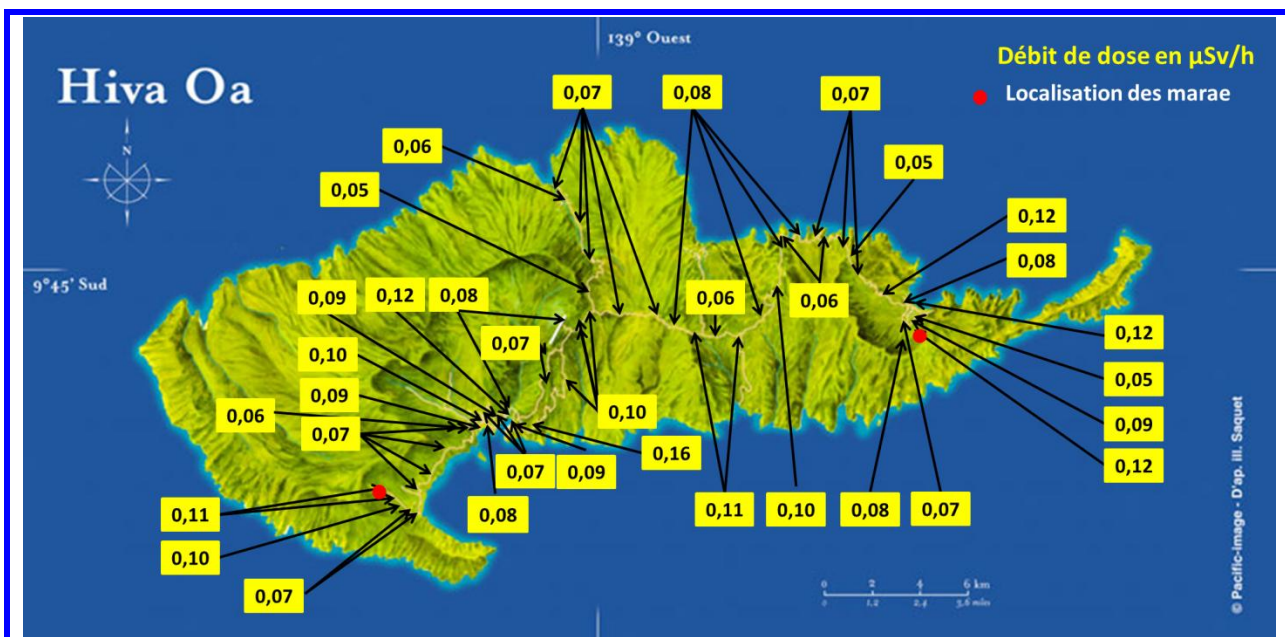
Archipel	Ile	Nombre de points de mesure	Débits de dose [$\mu\text{Sv/h}$]		
			Moyenne	Minimum	Maximum
Société	Tahiti	3	0,07	0,06	0,08
	Maupiti	5	0,05	0,04	0,06
	Huahine	57	0,08	0,04	0,46
Australes	Tubuaiti	13	0,10	0,03	0,68
	Raivavae	18	0,07	0,04	0,12
Marquises	Hiva Oa	62	0,08	0,05	0,19
Gambier	Mangareva	5	0,05	0,04	0,07
Tuamotu	Rangiroa	17	0,05	0,03	0,08
	Fakarava	2	0,04	0,03	0,05
	Makemo	2	0,05	0,04	0,06
	Kauehi	1	0,05	-	-
	Tuanake	1	0,05	-	-
	Tahanea	1	0,04	-	-
	Hao	6	0,05	0,03	0,09



Les mesures de débit de dose ont été réalisées pour 57 sites sur l'île de Huahine (Société) avec des valeurs dispersées entre 0,04 et 0,46 $\mu\text{Sv/h}$, conduisant à une dose moyenne de 0,08 $\mu\text{Sv/h}$. La nature des sols est à l'origine de cette variabilité.

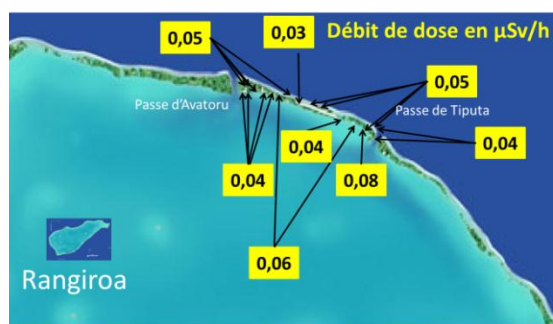
La valeur la plus élevée a été obtenue sur un marae de Maeva. Les 6 mesures réalisées à différents endroits sur ce marae donnent une valeur moyenne de $0,37 \pm 0,17$ (2 écarts-types) $\mu\text{Sv/h}$ avec un minima de 0,21 et un maxima de 0,46 $\mu\text{Sv/h}$ en fonction de la position de la mesure sur le marae.

Les valeurs moyennes des mesures réalisées à Huahiné sont présentées sur la carte ci-contre.

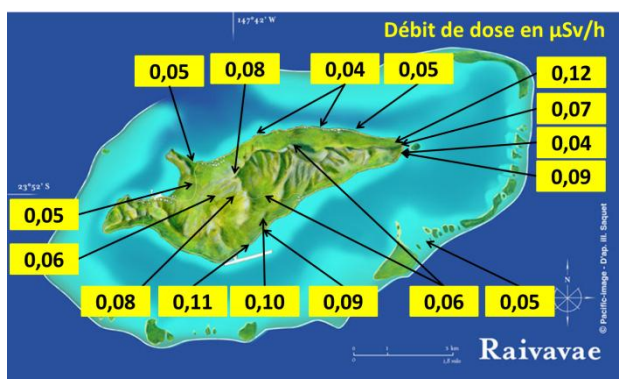
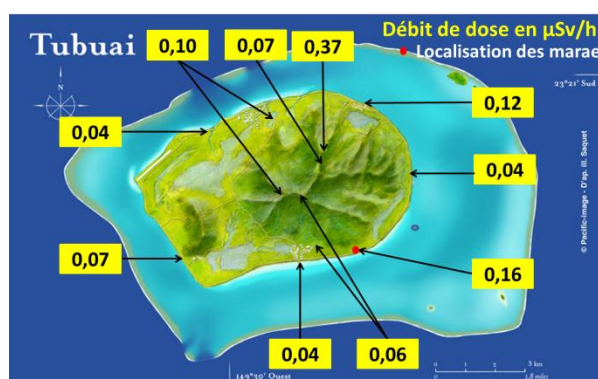


Les mesures de débit de dose ont été réalisées pour 62 sites sur l'île de Hiva Oa (Marquises). Les résultats sont moins dispersés qu'à Huahine, entre 0,05 et 0,19 $\mu\text{Sv/h}$, cette dernière valeur étant le maxima des 6 mesures (moyenne à 0,12 $\mu\text{Sv/h}$) réalisées sur un marae. On obtient une dose moyenne pour l'île de 0,08 $\mu\text{Sv/h}$, égale à celle de Huahine.

Les mesures ont été réalisées pour 19 sites à Rangiroa (Tuamotu) assez régulièrement espacés tout le long du principal motu habité de l'île, Avatoru. Les valeurs, comprises entre 0,03 et 0,08 $\mu\text{Sv/h}$, sont typiques des valeurs obtenues sur l'ensemble des atolls de l'archipel des Tuamotu.



Pour les Australes, 12 sites à Tubuai et 18 à Raivavae ont été mesurés. Plusieurs mesures ont été réalisées dans certains cas à quelques mètres de distance pour confirmer les valeurs plus élevées observées. C'est le cas sur le mont Taiata (420 m d'altitude) à Tubuai où 8 mesures ont été faites, avec des résultats compris entre 0,23 et 0,68 (moyenne à $0,37 \pm 0,31$ à 2 écarts-types) $\mu\text{Sv/h}$.



Aucune valeur n'excède 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ dans les atolls des Tuamotu, à Mangareva (Gambier), Maupiti. Il en est de même à Tahiti où seules 3 mesures en zone côtière sur la presqu'île ont été réalisées. Tahiti étant une île assez étendue, des mesures doivent être réalisées en 2014 afin d'établir une carte détaillée en zone côtière, dans les vallées et sur les hauteurs.

Pour les îles situées aux Australes (Tubuai et Raivavae), aux Marquises (Hiva Oa) et à la Société (Huahine), les débits de doses peuvent être plus élevés en raison de la nature volcanique des sols, la valeur maximum étant de 0,68 $\mu\text{Sv/h}$, soit 6 mSv/an, sur le mont Taiata de Tubuai. Même avec ces valeurs pour toutes les îles les résultats obtenus sont en moyenne inférieurs à 0,1 $\mu\text{Sv/h}$, soit inférieurs à 1 mSv/an.

5.2.2 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A L'INHALATION

La dose efficace d'origine artificielle ajoutée par l'inhalation, calculée à partir de la concentration en ¹³⁷Cs mesurée dans l'air à Tahiti est inférieure à 10⁻⁵ µSv/an, 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.

5.2.3 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A L'INGESTION

La dose efficace annuelle d'origine artificielle ajoutée par l'ingestion est calculée à partir de la ration alimentaire (enquête de 1982 [15] réactualisée en 1991), qui distingue les produits d'origine strictement locale, les produits d'origine régionale polynésienne et les produits importés.

A titre d'exemple la dose efficace unitaire, en µSv/kg (ou en µSv/L), pour les adultes de Hao consommant en 2013 1 kg de chaque aliment de la ration alimentaire, est présentée dans le tableau 3. Ces valeurs sont très faibles, la plus élevée concernant la consommation de viande de porc à 0,042 µSv/kg : il faudrait consommer 24 tonnes de cette viande par an pour atteindre la limite de dose pour le public de 1 mSv/an.

Tableau 3 : Concentrations du ¹³⁷Cs mesuré dans les denrées d'origine locale ou régionale consommées à Hao en 2013 et doses efficaces à l'adulte pour l'ingestion de 1 kg (ou 1 L) de chacun des aliments.

Denrée	Activité ou LD du ¹³⁷ Cs (Bq/kg frais ou Bq/L)	Dose efficace unitaire (µSv/kg ou µSv/L ingéré)
Bière	0,03	4,2E-04
Coca	0,01	1,4E-04
Eau de boisson	0,0003	4,2E-06
Eau de coco	0,02	2,8E-04
Œuf	0,07	9,8E-04
Porc	3,0	4,2E-02
Poulet	0,01	1,4E-04
Poissons de lagon	0,14	2,0E-03
Poisson de haute mer	0,24	3,4E-03
Bénitier	0,03	4,2E-04
Langouste	0,05	7,0E-04
Poulpe	0,05	7,0E-04
Troca	0,009	1,3E-04
Uru	0,12	1,7E-03
Patate douce	0,23	3,2E-03
Taro	0,06	8,4E-04
Tarua	0,04	5,6E-04
Banane	0,03	4,2E-04
Coprah	0,24	3,4E-03
Papaye	0,05	7,0E-04

Tous les produits importés, excepté le yaourt, ont été mesurés en 2013. Dans le cas des yaourts, la production locale est maintenant très développée et 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 [4]. Le calcul de dose inclut alors la même valeur durant 5 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 matrice sur une autre île.

A 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.

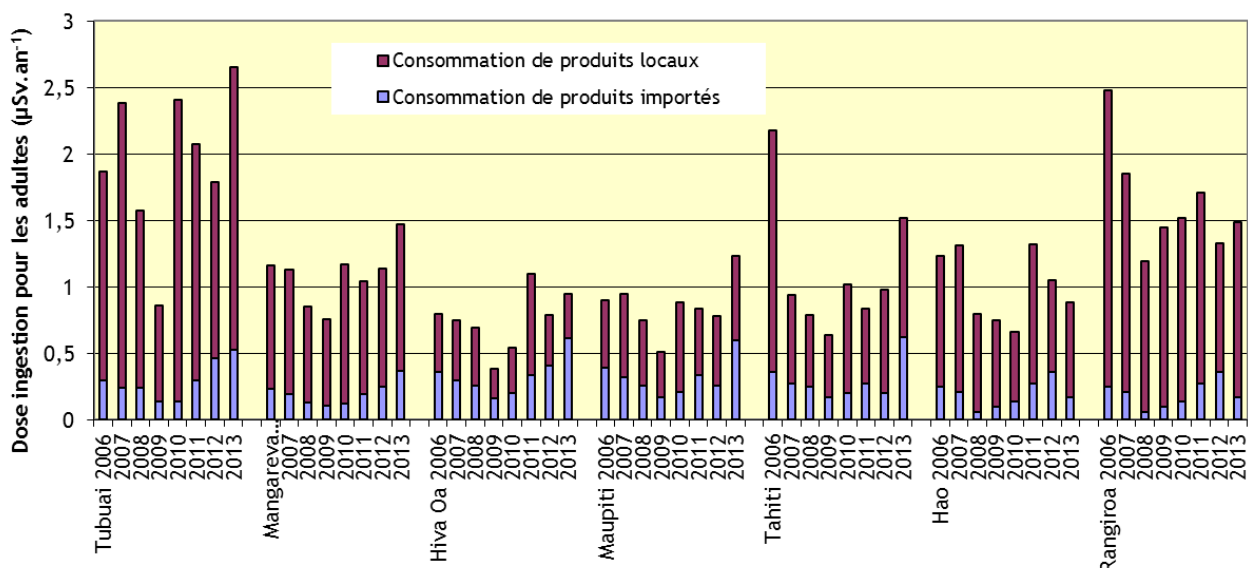


Figure 8 : Doses ingestion ajoutées de 2006 à 2013 pour les adultes suite à la consommation de produits locaux et importés dans les différentes îles

La figure 8 montre que les contributions à la dose pour les adultes (on observe les mêmes tendances pour les doses aux enfants) des produits locaux et importés par île ont diminué de 2007 à 2009. Elle augmente en 2013 pour toutes les îles, excepté pour les atolls de Hao et de Rangiroa, à cause principalement de la consommation de la viande d'agneau de Nouvelle-Zélande et de la viande de bœuf de Tahiti. Ce constat ne traduit donc pas une tendance évolutive de la radioactivité dans l'environnement. Elle reflète principalement la variabilité des concentrations qui peuvent être mesurées dans certaines denrées, locales ou importées.

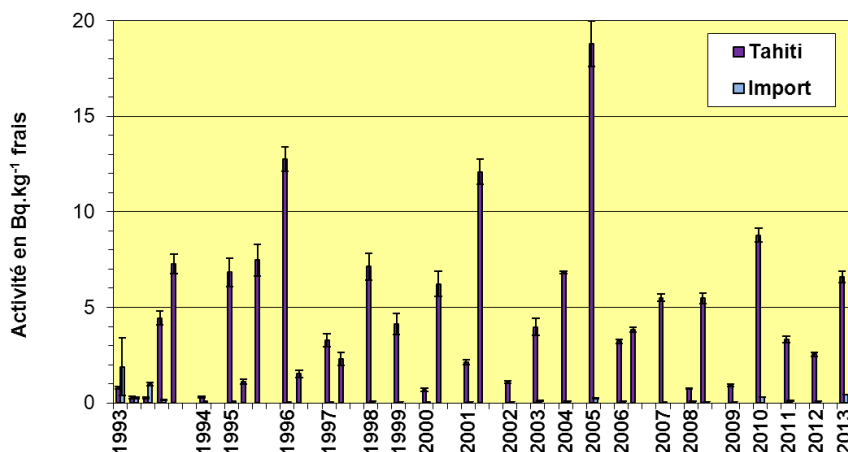


Figure 9 : Activités en Bq/kg frais dans la viande de bœuf provenant de Tahiti et dans celle importée de Nouvelle-Zélande (2 échantillons ou plus ont été analysés certaines années).

Les doses ont augmenté significativement en 2013, comme ce fut le cas certaines années antérieures (2010, 2005...) principalement pour les îles (toutes sauf Hao et Rangiroa) où la viande de bœuf provenant de Tahiti est incluse dans la ration alimentaire [8], les activités du ¹³⁷Cs étant très variables d'un prélèvement à l'autre comme le montre la figure 9. En 2013, la concentration du ¹³⁷Cs dans la viande de bœuf de Tahiti est de 6,6 Bq.kg⁻¹ frais.

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 Bq/kg frais dans la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande (des valeurs équivalentes ont déjà été mesurées : 2,5 en 2008 et 3,7 Bq/kg 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. Ainsi les 9 produits importés inclus dans la ration alimentaire conduisent à une dose par ingestion ($0,60 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) pratiquement équivalente à celle des 42 denrées locales et régionales consommées ($0,63 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

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 8 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 identiques.

En 2013, les doses estimées, engendrées par la consommation de denrées produites en Polynésie sont comprises entre $0,34$ et $2,12 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (Hiva Oa et Tubuai) pour les adultes, entre $0,27$ et $1,11 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour les enfants dans les mêmes îles [3].

En 2013, comme les années précédentes, ce sont les mêmes denrées qui contribuent principalement à la dose des adultes :



Séchage du coprah dans les Tuamotu

- la viande de bœuf de Tahiti ($0,08 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), consommée aussi, mais en plus grandes quantités, à Maupiti ($0,25 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), à Mangareva ($0,47 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Tubuai ($1,13 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- la viande de porc de Tahiti ($0,37 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), consommée également à Tubuai ($0,20 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- le coprah de Rangiroa ($0,54 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), de Tubuai ($0,29 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et de Hao ($0,15 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;

- les poissons de lagon à Hao ($0,33 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Rangiroa ($0,26 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) parce qu'avec 85,5 kg par an, ce produit est consommé 4 à 10 fois plus que dans les autres îles ;
- l'eau de coco à Rangiroa ($0,18 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

Contrairement à 2012, 2 produits importés de Nouvelle-Zélande contribuent fortement (concentration plus élevée en ^{137}Cs) à la dose ingestion en 2013 :

- la viande d'agneau consommée à Tubuai, à Tahiti, à Maupiti et à Hiva Oa ($0,37 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Mangareva ($0,21 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- la viande de bœuf consommée à Tahiti ($0,13 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Hao ($0,11 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

A part la viande de bœuf, provenant de Tahiti, consommée à Tubuai en 2013, aucune autre denrée ne contribue à une dose ajoutée d'origine artificielle supérieure à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$.

Ces valeurs sont à mettre en perspective avec les valeurs de dose 1000 fois plus importantes correspondant à la radioactivité d'origine naturelle présentée au chapitre 5.2. Celle-ci est de l'ordre de 1 000 à 2 000 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ si l'on tient compte de l'ensemble des sources (radon, rayonnements telluriques et cosmiques, radionucléides naturels tels le $^{40}\text{K}\dots$).

6 CONCLUSION

En 2013, l'IRSN a poursuivi la surveillance radiologique de la Polynésie française, hors sites de Moruroa et Fangataufa. Elle concerne 7 îles réparties dans les 5 archipels ; Tahiti concentrant 70 % de la population du territoire.

Les mesures de la radioactivité mises en œuvre (spectrométries γ pour les ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co et ^{241}Am et spectrométries α pour les isotopes du Pu), couvrent la quasi-totalité de la gamme des radionucléides d'origine artificielle susceptibles d'être décelés dans l'environnement étudié.

29 prélèvements ont été effectués pour le domaine physique (air, eaux et sédiments) et 163 pour le domaine biologique, constitué des poissons de haute mer, des poissons et autres produits de lagon et des prélèvements terrestres (légumes, fruits, viandes, lait, boissons diverses). L'ensemble de ces prélèvements a 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, tous 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.

Les niveaux de radioactivité mesurés en 2013 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 observé dans le cas de la viande de bœuf [8] ou dans le cas de la viande d'agneau importé de Nouvelle-Zélande cette année.

- ❖ C'est le ^{137}Cs qui a été principalement décelé.
 - Pour l'ensemble des denrées alimentaires, les valeurs sont toujours extrêmement faibles, en général inférieures à 1 Bq.kg^{-1} frais, et souvent inférieures à 0,1.
 - Les valeurs maximales obtenues en 2013 n'excèdent pas $0,46 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les poissons (haute mer et lagon), 10 fois plus faibles pour les autres produits lagunaires.
 - 7 résultats sur 163 analyses réalisées en 2013 (2 sur 156 en 2012, 6 sur 153 en 2011) sont supérieurs à 1 Bq.kg^{-1} frais en ^{137}Cs : 6,6 et 3,0 Bq.kg^{-1} frais respectivement pour les viandes de bœuf et de porc prélevées à Tahiti, 3,0 et 2,3 Bq.kg^{-1} frais pour l'eau de coco et le coprah de Tubuai, 1,2 Bq.kg^{-1} frais pour la papaye de Mangareva, 1,0 Bq.kg^{-1} frais pour le coprah de Rangiroa et 4,3 Bq.kg^{-1} frais pour la viande d'agneau importée de Nouvelle-Zélande.
 - Tous les résultats obtenus dans les sédiments marins prélevés sur différentes îles des 5 archipels sont inférieurs à $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ sec, et bien souvent inférieurs à la LD ($< 0,1$).
 - Dans les eaux douces (source, rivière et pluie), le ^{137}Cs a été décelé, comme les années précédentes, à une valeur extrêmement faible ($0,18 \text{ mBq.L}^{-1}$) dans une eau de rivière uniquement.
 - Dans l'eau de mer, les valeurs obtenues en 2013 et ces dernières années sont proches de 1 mBq.L^{-1} .
 - 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.
- ❖ Le ^{60}Co n'a été détecté dans aucun échantillon.
- ❖ Quand elles ont été détectées, les activités en Pu (^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$) sont extrêmement faibles. Depuis 2011, le Pu est mesuré dans 3 matrices sélectionnées [4] : le mérrou et le bénitier pour le domaine marin lagunaire, ainsi que depuis 2010 dans des nacres transplantées, et le coprah pour le milieu terrestre.
- ❖ Les isotopes du Pu ont été mesurés à très faibles concentrations dans les 5 prélèvements de bénitiers, dans le mérrou prélevé à Tahiti et dans 2 lots de nacres transplantées à Tahiti. Le coprah provenant de Mangareva, de Hao et de Tahiti présente d'infimes traces de Pu ($^{239+240}\text{Pu}$ et ^{238}Pu).

L'exposition des populations à cette radioactivité artificielle résiduelle est essentiellement due à l'ingestion et à l'exposition externe, la composante inhalation étant négligeable.

Seule la viande de bœuf de Tahiti consommée à Tubuai contribue à la dose par ingestion pour plus de $1,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ et quelques aliments, fortement consommés, peuvent contribuer à la dose pour plus de $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$. En 2013, pour les produits locaux, c'est le cas pour :

- la viande de bœuf de Tahiti consommée à Mangareva et à Maupiti, la viande de porc consommée à Tahiti et à Tubuai ;
- le coprah à Tubuai et à Rangiroa ;
- les poissons de haute mer à Hao et les poissons de lagon à Rangiroa. En particulier pour ces deux atolls la ration alimentaire est principalement axée (3/4 de la ration annuelle hors boisson) sur ces 2 produits.

En 2013, les viandes importées de Nouvelle-Zélande contribuent plus fortement que les années précédentes à la dose ajoutée par le ^{137}Cs . Cette contribution dépasse $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour la consommation d'agneau à Tubuai, Tahiti, Hiva oa et Mangareva et pour la consommation de bœuf à Tahiti et à Hao.

Les doses totales annuelles (Annexe IV [3]), sommes des doses d'exposition externe, d'inhalation et d'ingestion, durant les 20 dernières années pour l'ensemble des 5 archipels sont globalement comparables. On peut retenir une moyenne globale sur cette période voisine de $3,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour les enfants et de $4,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour les adultes.

Cet ordre de grandeur, relatif à l'ensemble des 3 composantes de la dose « ajoutée », peut être comparé à la valeur de la dose totale (d'origine naturelle et artificielle) de $1\ 000 \mu\text{Sv}$ par an en moyenne dans le Pacifique Sud retenue par la SPREP (South Pacific Regional Environment Program) en 1983 [16]. Les mesures d'exposition que nous avons réalisées sur une partie des îles des 5 archipels entre 2010 et 2013 confirment cette valeur moyenne maximum 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.

Face à ces constats, le suivi évolue et se diversifie (constats radiologiques, réseau nacres) pour continuer de fournir une information aussi fine 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. 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. 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.irs.fr. En 2012 et en 2013, cette surveillance dans le pacifique sud est restée renforcée dans le domaine marin pour observer un éventuel impact lié aux rejets radioactifs importants en mer depuis la catastrophe de Fukushima.

- ❖ La fréquence des analyses de l'eau de mer, annuelle auparavant, a été augmentée depuis 2011 (12 prélèvements en 2012, 3 en 2013). Les concentrations en ^{134}Cs obtenues ces 2 dernières années (inférieures à la LD) confirment 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'a pas eu d'impact dans les eaux polynésiennes.
- ❖ 44 prélèvements de poissons pélagiques (thons, espadon, dorade coryphène, thazard...) ont été réalisés au voisinage des 5 archipels en 2013. Aucune augmentation de ^{137}Cs par rapport aux années passées n'a été observée et le ^{134}Cs n'a jamais été décelé.

D'autres prélèvements seront réalisés en 2014 afin de poursuivre notre action de surveillance de l'impact de Fukushima dans les zones de pêches polynésiennes.

REFERENCES

- [1] Bernagout S., Garen P. et Bouisset P., *Mise au point d'un réseau de surveillance des polluants anthropiques dans les eaux lagunaires de Polynésie française par l'utilisation de mollusques sentinelles*. Rapport Ifremer CP/URMPF/12.003 (2012) 63p.
- [2] Bouisset P., Bernagout S., Garen P., *Réseau de surveillance des polluants anthropiques dans les lagons de Polynésie française*. Rapport d'étape septembre 2013 - contrat de projet Etat-Pays 2012-2014. Rapport PRP-ENV/SESURE 2013-36 (2013) 18p.
- [3] Bouisset P., *Surveillance de la radioactivité en Polynésie française - Annexes au bilan 2013*. Rapport PRP-ENV/SESURE 2014-19 (2014) 43p.
- [4] Bouisset P., Bernagout S., *Evolution de la stratégie de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française*. Rapport DEI/SESURE 2010-28 (2010) 36p.
- [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., *Surveillance de la radioactivité en Polynésie française - Annexes au bilan 2012*. Rapport PRP-ENV/SESURE 2013-35 (2013) 36p.
- [7] Pierrard O. et col., *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2012 - Synthèses des résultats des réseaux de surveillance de l'IRSN*. Rapport IRSN.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Hermanspahn N., *Environmental radioactivity in New Zealand and Rarotonga - Annual Report 2010*, NRL-F/90 (2011) 8p.
- [11] 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
- [12] CIPR Publication 71. *International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 4 Inhalation Dose Coefficients*. ICRP publication 71 (1995) Oxford : Pergamon press.
- [13] CIPR Publication 67. *International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 2 Ingestion Dose Coefficients*. ICRP publication 67 (1993) Oxford : Pergamon press.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] South Pacific Regional Environment Program. *Topic review radioactivity in the South Pacific*. SPREP/Topic review 14 (octobre 1983).



IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

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

**Pôle radioprotection,
environnement, déchets et crise**
PRP-ENV
31, rue de l'écluse
B.P. 40035
78116 Le Vésinet Cedex

Téléphone
+33 (0)1 30 15 52 00