



INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

# Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2011

## Synthèse des résultats du réseau de surveillance de l'IRSN



N° action/processus de rattachement	Projet 3.1.1- Processus R3 : assurer les missions de surveillance radiologique des populations et de l'environnement
-------------------------------------	--

### Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2011

Laboratoire d'étude et de suivi de l'environnement

Service d'étude et de surveillance de la radioactivité dans l'environnement  
PRP-ENV/SESURE/2012-17

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur	Chef du SESURE	Directeur de l'environnement	Directeur Général de l'IRSN*
Noms	P. BOUISSET S. BERNAGOUT	V. BRUNO	G. MANIFICAT	J-C. GARIEL	J. REPUSSARD
Dates	15/11/2012	20/11/2012	22/11/12	26/11/2012	29/11/2012
Signatures					

**DIFFUSION :** Libre  Interne  Limitée

\*si nécessaire

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	
P. DELABBAYE	
X. CAGNAT	Service de traitement des échantillons et de mesure pour l'environnement

La réalisation de l'ensemble des prélèvements ne pourrait se faire sans la contribution de I. JONHSON, 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](mailto:patrick.bouisset@mail.pf)

## RESUME

La surveillance radiologique de l'environnement français est une mission permanente de l'IRSN dans le cadre des politiques publiques de sûreté nucléaire et de radioprotection, participant à garantir au mieux la protection des populations.

Exercée depuis 1962 en Polynésie, cette surveillance, 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, aliments...) avec lesquels la population peut être en contact.

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 lagonaire 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'IRSN.

L'année 2011 a été marquée par l'accident nucléaire de Fukushima, survenu le 11 mars. Dans ce contexte, l'IRSN a réalisé une surveillance renforcée de la Polynésie française, confirmant ainsi l'absence d'impact radiologique en Polynésie et en Calédonie. Les résultats des analyses liés à cette surveillance renforcée ayant été publiés dans le bilan annuel précédent (rapport DEI/SESURE 2011-40), le présent rapport ne reprend pas l'ensemble des données et résultats relatifs à cet accident, mais établit une synthèse pour cette année.

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 2011 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 liée à la radioactivité d'origine artificielle est inférieure à  $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$  (5 microsievverts par an), soit moins de 0,5 % de la dose associée à l'irradiation naturelle en Polynésie (environ  $1\ 000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ ).

## ABSTRACT

Radiological monitoring of the French environment is one of IRSN's permanent tasks as part of public policy on nuclear safety and radiological protection. It is helping to guarantee the best possible protection of the population.

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

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.

The year 2011 was marked by the Fukushima nuclear accident, which occurred on March 11. In this context, IRSN conducted a strengthened monitoring of French Polynesia, thus confirming the absence of radiological impact in Caledonia and Polynesia. The results of analyzes have been published in the previous annual report (report DEI/SESURE 2011-40), this report does not include all data and results for the year 2011, but establishes a synthesis for this year.

During the year 2011, results fall under the continuity of a regular reduction of the levels of radioactivity since the stop, in 1974, of the French atmospheric tests. This residual radioactivity relates to primarily the  $^{137}\text{Cs}$ . In term of additional dose, this artificial and residual radioactivity is lower than  $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$  (5 microsievverts per year). This value corresponds to less than 0,5 % of exposure due to natural radioactivity in Polynesia (approximately  $1\ 000 \mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$ ).

## SOMMAIRE

<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
1.1 RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN .....	6
1.2 L'ANTENNE POLYNESIENNE DE L'IRSN.....	8
<b>2 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS</b> .....	<b>10</b>
<b>3 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES</b> .....	<b>12</b>
3.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES .....	12
3.2 PRELEVEMENTS SELECTIONNES .....	12
3.2.1 Prélèvements du domaine physique.....	12
3.2.2 Prélèvements du domaine biologique.....	13
<b>4 NIVEAUX DE RADIOACTIVITE ET EVOLUTION</b> .....	<b>14</b>
4.1 MILIEU PHYSIQUE .....	14
4.1.1 Radioactivité de l'air .....	14
4.1.2 Radioactivité de l'eau .....	17
4.1.3 Radioactivité des sédiments.....	17
4.2 MILIEU BIOLOGIQUE .....	18
4.2.1 Milieu marin .....	18
4.2.2 Milieu terrestre .....	21
<b>5 EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNESIE FRANCAISE</b> .....	<b>24</b>
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 .....	26
5.2.3 Dose efficace annuelle liée à l'ingestion.....	26
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>28</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>30</b>

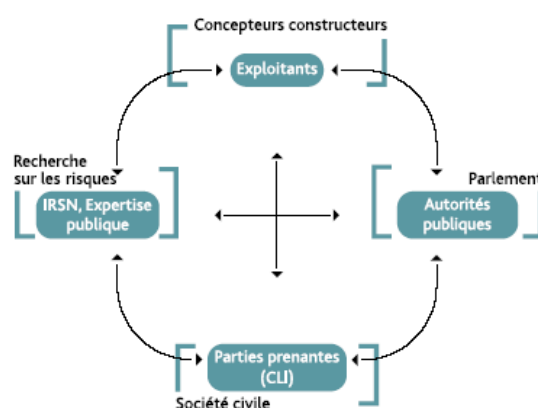
# 1 INTRODUCTION

## 1.1 RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire a été créé par la loi 2001-398 du 9 mai 2001. Expert public des risques, 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. Il interagit avec tous les acteurs concernés par ces politiques.

En France, la prévention des risques nucléaires repose sur quatre piliers complémentaires :

- **Les exploitants** sont responsables de la sûreté de leurs installations nucléaires. Ils doivent démontrer la pertinence des moyens techniques et organisationnels mis en œuvre à cet effet (dossiers de sûreté, études d'impact des rejets).
- **Les autorités publiques** déterminent les politiques de sûreté nucléaire et de radioprotection. Elles organisent et mettent en œuvre le contrôle.
- **L'IRSN, pôle public d'expertise** sur les risques nucléaires, évalue pour les différentes autorités compétentes, les dossiers fournis par les exploitants. Il analyse en permanence le retour d'expérience du fonctionnement des installations et l'exposition des hommes et de l'environnement aux rayonnements. L'expertise de l'IRSN repose sur ses activités de recherche, conçues le plus souvent dans un cadre international, qui lui assurent les moyens d'investigation les plus performants.
- **Les Commissions Locales d'Information (CLI)** rassemblent les parties prenantes concernées par une installation nucléaire donnée et forment un organe d'accès à l'information et de vigilance autour des enjeux de sûreté, de protection de la santé et de l'environnement.



L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe:

- du ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie (consulter le site internet du ministère) ;
- du ministère du Redressement productif (consulter le site internet du ministère) ;
- du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (consulter le site internet du ministère) ;
- du ministère de la Défense (consulter le site internet du ministère) ;
- du ministère des Affaires sociales et de la santé (consulter le site internet du ministère).

**Ses dépenses** (282 M€ en 2011) sont financées à hauteur de 210,8 M€ par une subvention provenant du ministère de l'Ecologie, dans le cadre de la mission LOLF « recherche et enseignement supérieur », programme « recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de l'énergie durables », action « recherche dans le domaine des risques ». Cette subvention est complétée par des financements publics ou privés, nationaux, européens ou internationaux dédiés à des programmes de recherche ou d'expertises spécifiques. L'IRSN rassemble près de 1700 salariés, dont plus d'un millier d'experts et de chercheurs.

Ses ressources sont consacrées :

- pour 40,2 % à la recherche. Les programmes les plus lourds, nécessitant des réacteurs nucléaires de recherche ou des moyens conséquents (comportement des combustibles, simulations d'accidents, etc.), sont mutualisés au niveau international ;
- pour 50,2 % à l'appui technique aux pouvoirs publics et aux autorités;
- pour 9,6 % aux prestations d'expertises et d'études réalisées dans un cadre contractuel.

L'IRSN couvre les domaines d'activités suivants :

- la sûreté nucléaire : réacteurs, cycle du combustible, déchets, applications médicales ;
- la sûreté des transports de matières radioactives et fissiles ;
- la protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants : l'IRSN gère les données d'exposition individuelle d'environ 350 000 travailleurs ;
- la protection de la population et de l'environnement contre les risques liés aux rayonnements ionisants ;
- la protection et le contrôle des matières nucléaires ;
- la protection des installations nucléaires et transports de matières radioactives et fissiles contre les actes de malveillance.

L'IRSN est un acteur de la transparence nucléaire :

- l'information du public fait partie des missions de l'IRSN. Son portail Internet ([www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)) propose une large palette d'informations adaptées à différents types de publics ;
- l'IRSN a signé un accord cadre avec la fédération des CLI, l'ANCCLI, afin de rendre son expertise accessible aux parties prenantes et ainsi faciliter la compréhension de dossiers techniques qui sont souvent complexes ;
- l'IRSN anime sur demande des pouvoirs publics des groupes d'expertise pluralistes sur des thèmes potentiellement générateurs de controverse au sein de la société.

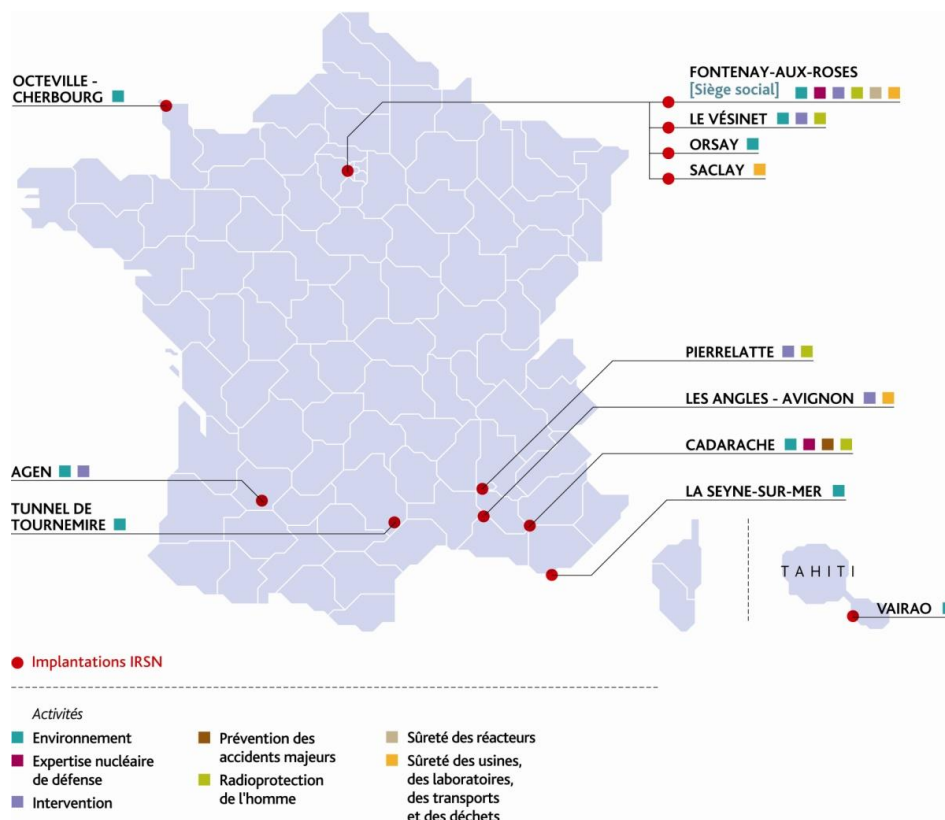


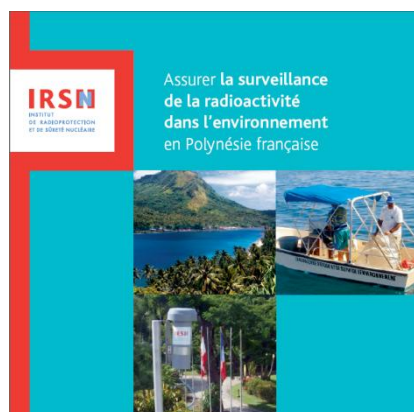
Figure 1 : Implantation des sites de l'IRSN

## 1.2 L'ANTENNE POLYNÉSIEENNE 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.

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

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 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 puis par le Contrat de projet Etat-Pays de 2012 à 2014, a pour objectif de suivre la contamination d'un indicateur biologique (la nacre) en métaux, substances radioactives, hydrocarbures et composés organochlorés.

Ce projet a été retenu comme l'un des axes prioritaires du GOPS (Grand Observatoire de l'environnement et de la biodiversité terrestre et marine dans le Pacifique Sud) auquel adhère l'IRSN depuis la signature d'une convention à Paris le 9 mars 2010. Il a aussi été retenu comme l'un des axes majeurs dans le plan d'actions 2010-2013 du Grenelle de la mer en Polynésie française.



## 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...).

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 nécessiteraient des mesures de contrôle.

En 2011, l'accident nucléaire de Fukushima a nécessité la mise en œuvre d'un plan de surveillance renforcée en Polynésie française ainsi qu'en Nouvelle-Calédonie [3], confirmant l'absence d'impact radiologique dans ces territoires 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.

Dans ce rapport, pour l'année 2011, 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 premiers résultats de 2012 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.

Le chapitre 6 résume les principaux résultats de l'année 2011.

Un document annexe à ce rapport (Rapport PRP-ENV/SESURE 2012-18), consultable sur le site internet de l'IRSN, présente les principales notions de radioactivité et de radioprotection ainsi que les résultats de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française pour l'année 2011 :

- niveaux d'activité du domaine physique ;
- niveaux d'activité du domaine biologique ;
- résultats des calculs dosimétriques.

## 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 (figure 2), pour une superficie totale des terres émergées d'environ 3 500 km<sup>2</sup>. La population totale est faible, moins de 260 000 habitants (recensement d'août 2007). 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 ;
- **Tubuaiti**, île haute des Australes ;
- **Hiva Oa**, île haute des Marquises.

Les îles hautes (Hiva Oa sur la photo ci-contre), 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) et 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.

- **Hao et Rangiroa** (photo ci-contre), 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 essentiellement 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.



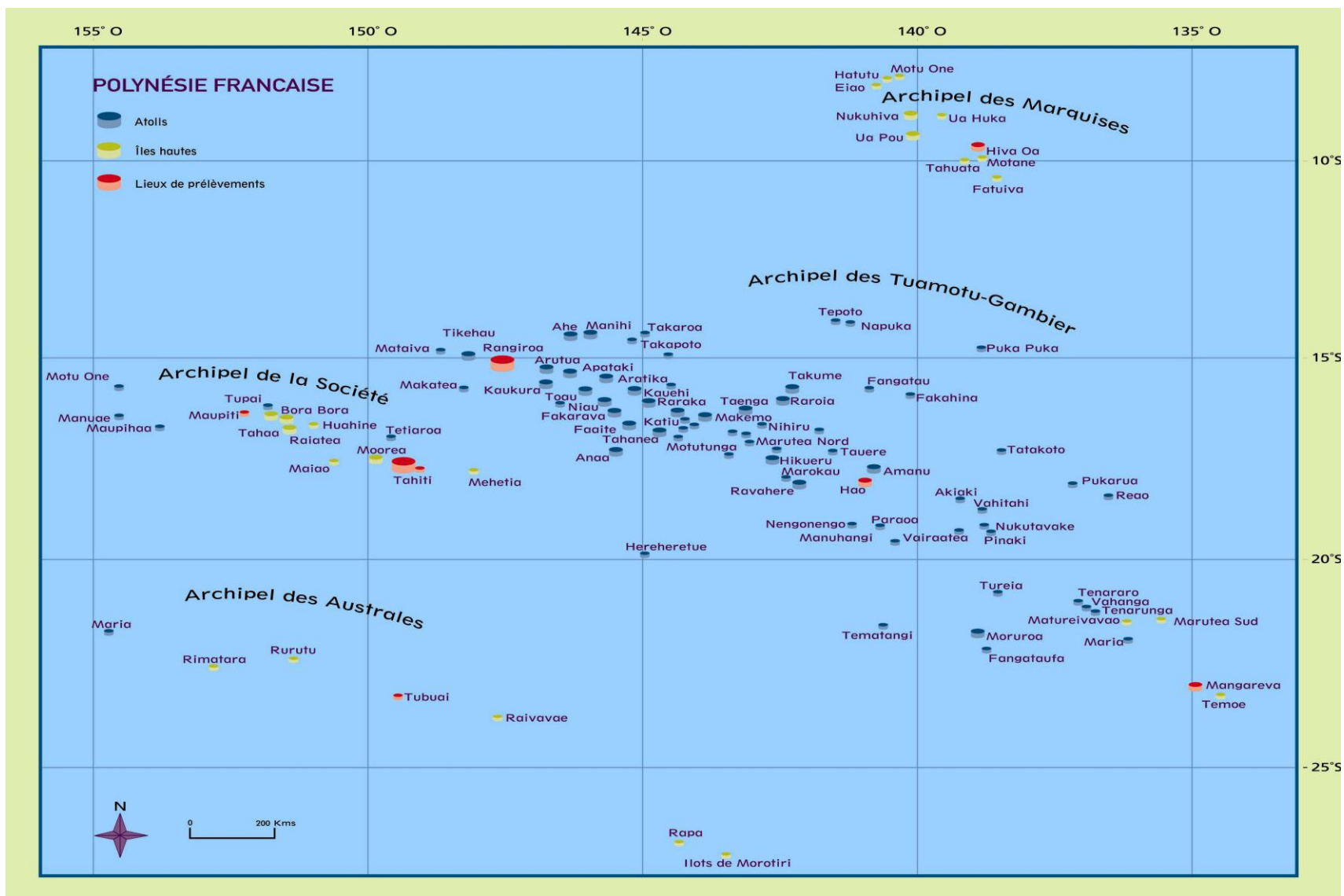


Figure 2 : Carte des archipels de la Polynésie française et des lieux de prélèvements

## 3 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES

### 3.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES

Le choix des 7 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, soit plus de 5 000 000 de km<sup>2</sup> ;
- 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 dans l'archipel de la Société car c'est l'île la plus à l'ouest et Hao est retenue dans l'archipel des Tuamotu en plus de Rangiroa compte-tenu de l'étendue de cet archipel et pour sa plus grande proximité des sites d'essais.

### 3.2 PRELEVEMENTS SELECTIONNES

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

- 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 2011, le nombre total de prélèvements est de 177 : 24 pour le domaine physique et 153 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 *Pinctadamargaritifera*. Ces analyses entrent dans le cadre de la mise en œuvre d'un réseau de suivi des polluants, radioactifs, métaux lourds, composés organochlorés [1]. Ce réseau est en phase de mise en œuvre en collaboration avec les équipes d'Ifremer et du Criobe (CNRS). En 2011, 2 stations implantées sur le site de Vairao et port de Papeete, ont donné lieu à 5 analyses de spectrométrie gamma complétées par des analyses de polluants chimiques.

#### 3.2.1 PRELEVEMENTS DU DOMAINE PHYSIQUE



Il s'agit de prélèvements d'air par filtration, d'eau de mer, de pluie (photo ci-contre), de rivière 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 en 2011 est de : 67 pour Tahiti, 17 pour Maupiti, 14 pour Tubuai, 8 pour Rangiroa, 19 pour Hiva Oa, 13 pour Mangareva et 7 pour Hao. En complément, 8 prélèvements de produits importés consommés dans tous les archipels ont été réalisés.

Sur les 153 prélèvements effectués en 2011, 23 concernent le domaine marin, répartis en 3 catégories, les poissons de haute mer, les poissons de lagon, les autres prélèvements marins (crustacés...), et 130 concernent le domaine terrestre (photos ci-dessous).

- Prélèvements de poissons de haute mer

Il s'agit de 3 prélèvements de poissons pélagiques (thon à nageoires jaunes).

- Prélèvements de poissons de lagon

Ce sont 7 prélèvements de poissons, vivant dans le lagon ou à l'extérieur immédiat près du récif, appartenant au genre loche et mérrou exclusivement. Jusqu'en 2010, plusieurs espèces différentes étaient analysées (lutjan, bec de cane, baliste...). Les loches et les mérours étant les plus aptes à concentrer le césium dans leur chair, ils ont été retenus comme bioindicateurs de la concentration du  $^{137}\text{Cs}$  dans les lagons [2].

- Autres prélèvements marins

Il y a 13 prélèvements de mollusques et autres : 6 bénitiers, 5 nacres et 2 poulpes.

- Prélèvements du domaine terrestre

Les 130 prélèvements se répartissent en 31 boissons (4 eaux de boisson, 8 eaux de coco, 1 bière, 1 jus de fruit, 1 soda et 16 laits), 35 légumes (11 légumes-feuilles, 14 légumes-fruits et 10 légumes-racines), 32 fruits, 4 viandes et œufs, 11 herbes de pâturages et 8 prélèvements complémentaires relatifs à des produits d'importation (1 bière, 1 lait, 3 viandes et 3 autres produits divers : pain, riz et pomme de terre).



Pamploussier



Pinctada margaritifera, nacre

## 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 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 pour la mesure directe par spectrométrie gamma ou après radiochimie sélective pour les analyses de Pu et de  $^{90}\text{Sr}$ .



Spectrométrie gamma



Comptage proportionnel ( $^{90}\text{Sr}$ )

### 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  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{40}\text{K}$  et  $^{210}\text{Pb}$ . 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.

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 consultable sur le site Internet de l'Institut (rapport PRP-ENV/SESURE 2012-18).



Tableau 1 : Activités moyennes annuelles ( $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) de 2009 à 2011 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			Orsay		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
$^{137}\text{Cs}$	$0,08 \pm 0,04$	$0,08 \pm 0,04$	<b><math>0,10 \pm 0,06</math></b>	$0,15 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,06$	<b><math>3,9 \pm 1,6</math></b>
$^7\text{Be}$	$3970 \pm 1180$	$2990 \pm 930$	<b><math>3260 \pm 950</math></b>	$3680 \pm 1060$	$3550 \pm 990$	<b><math>3900 \pm 760</math></b>
$^{22}\text{Na}$	$0,46 \pm 0,20$	$0,26 \pm 0,11$	<b><math>0,29 \pm 0,12</math></b>	$0,46 \pm 0,18$	$0,44 \pm 0,17$	<b><math>0,33 \pm 0,14</math></b>
$^{40}\text{K}$	$8,1 \pm 3,1$	$8,0 \pm 2,6$	<b><math>8,3 \pm 2,7</math></b>	$6,2 \pm 2,2$	$5,4 \pm 2,1$	<b><math>7,0 \pm 3,2</math></b>
$^{210}\text{Pb}$	$121 \pm 36$	$78 \pm 25$	<b><math>86 \pm 26</math></b>	$380 \pm 110$	$350 \pm 100$	<b><math>550 \pm 120</math></b>

Le seul radionucléide artificiel encore décelable en Polynésie française est le  $^{137}\text{Cs}$ . Il témoigne de la rémanence des retombées anciennes des essais atmosphériques d'armes nucléaires. On ne note pas d'évolution de la concentration atmosphérique de ce radionucléide sur la période 2009-2011. Cependant, 2 valeurs un peu plus élevées que la « normale » ont été enregistrées du 1<sup>er</sup> au 10 août ( $0,43 \pm 0,15 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) et du 10 au 20 août ( $0,14 \pm 0,06 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Si l'augmentation de la concentration en  $^{137}\text{Cs}$  avait été liée à l'accident de Fukushima, d'autres radionucléides « accompagnant » le  $^{137}\text{Cs}$  et caractéristiques de l'accident, auraient également été détectés ; or, aucun autre radionucléide artificiel, en particulier le  $^{134}\text{Cs}$ , n'a été décelé. Ce n'est donc pas une augmentation de concentration liée à l'accident de Fukushima. Un phénomène de remise en suspension des poussières véhiculant des dépôts anciens de  $^{137}\text{Cs}$  (provenant par exemple du plateau de Taravao) peut être à l'origine de cette observation.

En métropole, on note en 2011 une nette augmentation de la concentration du  $^{137}\text{Cs}$  atmosphérique consécutif à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima qui a eu un impact sur l'ensemble de l'hémisphère nord. D'autres radionucléides caractéristiques de cet accident ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{121}\text{Te}$ ,  $^{129\text{m}}\text{Te}$  et  $^{132}\text{Te}$ ) ont aussi été détectés [3].

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

Les figures suivantes présentent l'évolution des activités mesurées en  $^{137}\text{Cs}$  dans les aérosols prélevés à Tahiti (fig. 3) et dans l'Essonne (fig. 4), au cours des 40 dernières années. On remarquera les marquages, en métropole, des accidents de Tchernobyl et de Fukushima. Globalement, les concentrations ont décru en 4 décennies d'un facteur 1000, l'activité en métropole restant environ cinq fois plus élevée qu'en Polynésie.

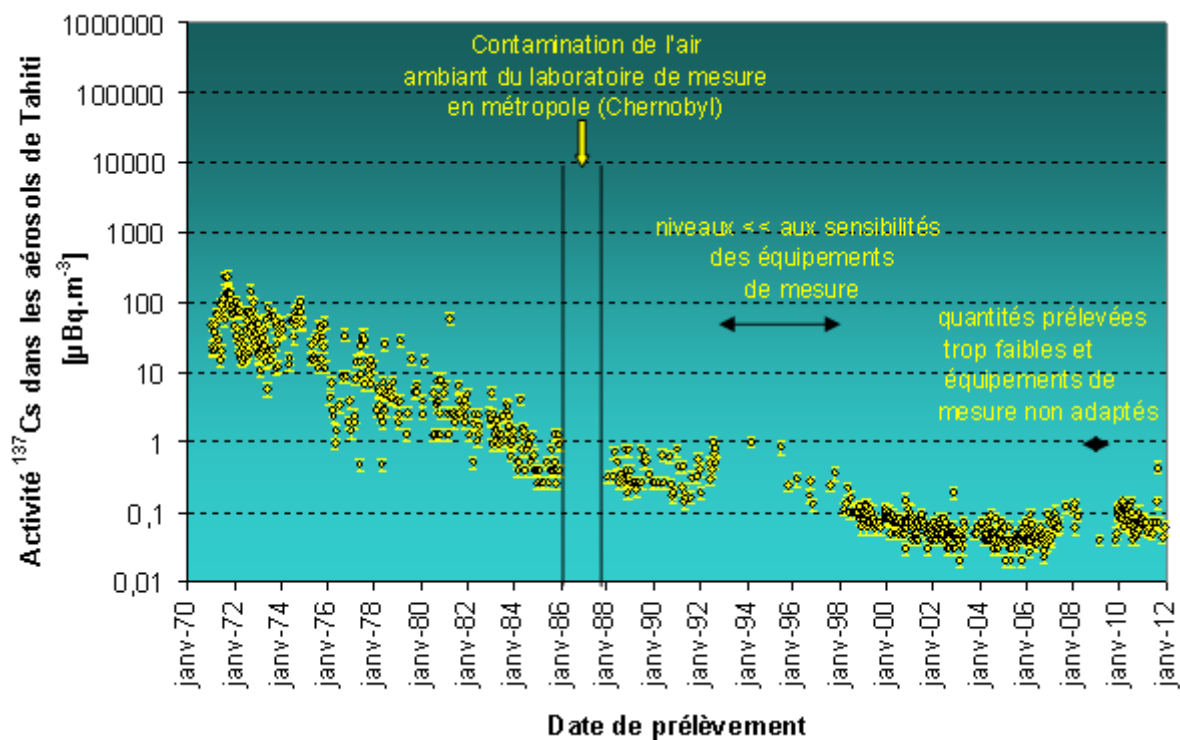


Figure 3 : Activité ( $\mu\text{Bq.m}^{-3}$ ) en  $^{137}\text{Cs}$  dans les aérosols prélevés à Tahiti de janvier 1971 à décembre 2011

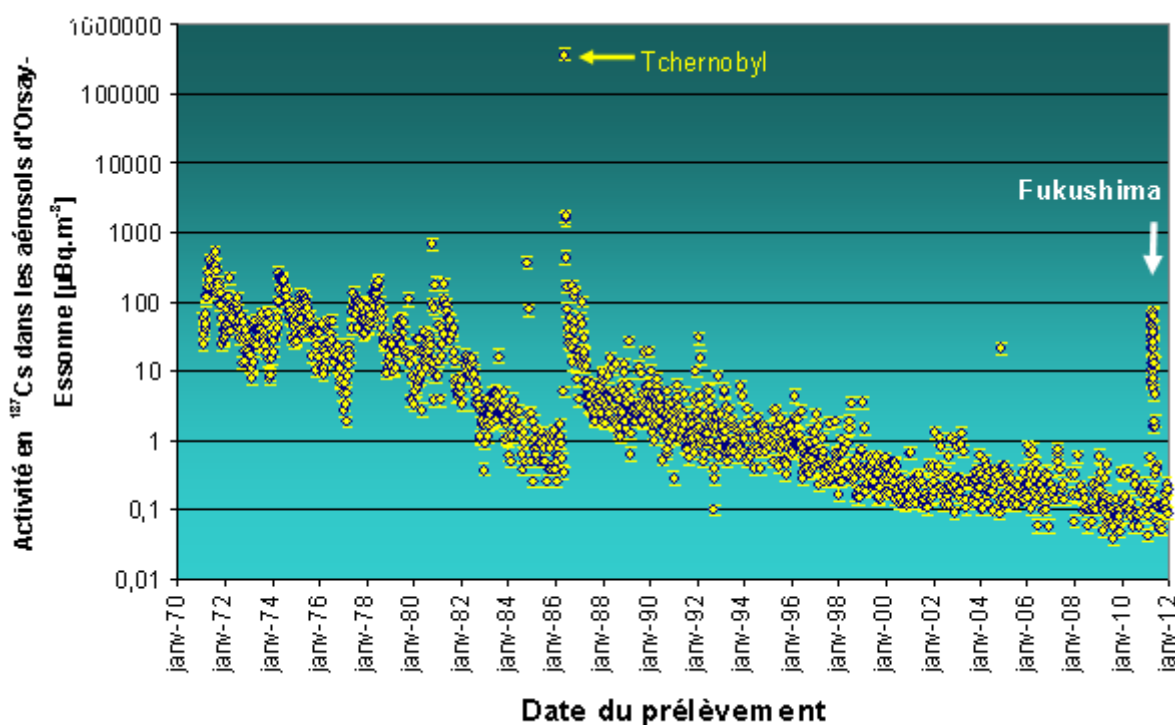


Figure 4 : Activité ( $\mu\text{Bq.m}^{-3}$ ) en  $^{137}\text{Cs}$  dans les aérosols prélevés à Orsay (Essonne) de janvier 1971 à décembre 2011



#### 4.1.2 RADIOACTIVITE DE L'EAU

Un prélèvement de 360 L d'eau de mer a été effectué en 2011 au sud de Tahiti (à Vairao) dans le lagon à 1,5 m de profondeur. La valeur de  $1,05 \pm 0,05 \text{ mBq.L}^{-1}$  mesurée pour le  $^{137}\text{Cs}$  (Tableau AI-3 du rapport Annexes consultable sur le site Internet de l'Institut - PRP-ENV/SESURE 2012-18), est conforme à celles obtenues généralement dans cette zone de l'océan Pacifique et à celles obtenues les années précédentes au nord de Tahiti (pointe Vénus - Mahina).

Cette année, une eau commerciale dont la source est à Tahiti, largement consommée dans l'ensemble des archipels, a été analysée. Le  $^{137}\text{Cs}$ , radionucléide artificiel, n'a pas été détecté dans cet échantillon ni dans les prélèvements d'eau douce (eaux de pluie et de source collectées à Tahiti et eaux de boissons collectées à Tubuai, Hiva Oa et Maupiti). Tous les résultats sont inférieurs aux limites de détection (LD) (Tableau AI-3). L'analyse de l'eau de rivière collectée en 2011 sur la presqu'île a permis de détecter la présence de  $^{137}\text{Cs}$  à une concentration très faible de  $0,10 \pm 0,02 \text{ mBq.L}^{-1}$ , identique aux résultats obtenus en 2009 et 2010 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).

Seul le  $^{40}\text{K}$ , dont l'origine est naturelle, est systématiquement détecté dans ces échantillons.

#### 4.1.3 RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS

Les prélèvements de sédiments ne sont pas réalisés systématiquement chaque année. De 2009 à 2011, une campagne d'échantillonnage de sédiments a été menée en différents points des 7 îles constituant le réseau de suivi de la radioactivité et 1 prélèvement sur une autre île des Tuamotu (Apataki).

Les résultats de spectrométrie gamma concernent 19 prélèvements de sédiments marins lagunaires de Tahiti, Maupiti, Tubuai, Hao, Mangareva (Gambiers), Rangiroa et Apataki, et de sédiments océaniques d'Hiva Oa et Rangiroa. Pour les radionucléides d'origine artificielle (Tableau AI-4 pour les résultats de 2011 et référence [5] pour les autres résultats), seul le  $^{137}\text{Cs}$  a été détecté en 4 lieux, à Tahiti (port de Papeete et sable noir de Vairao), à Tubuai et aux Gambiers à des niveaux d'activité bas ( $< 0,25 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ). Les 15 autres résultats sont exprimés en limite de détection (points roses de la figure 5).

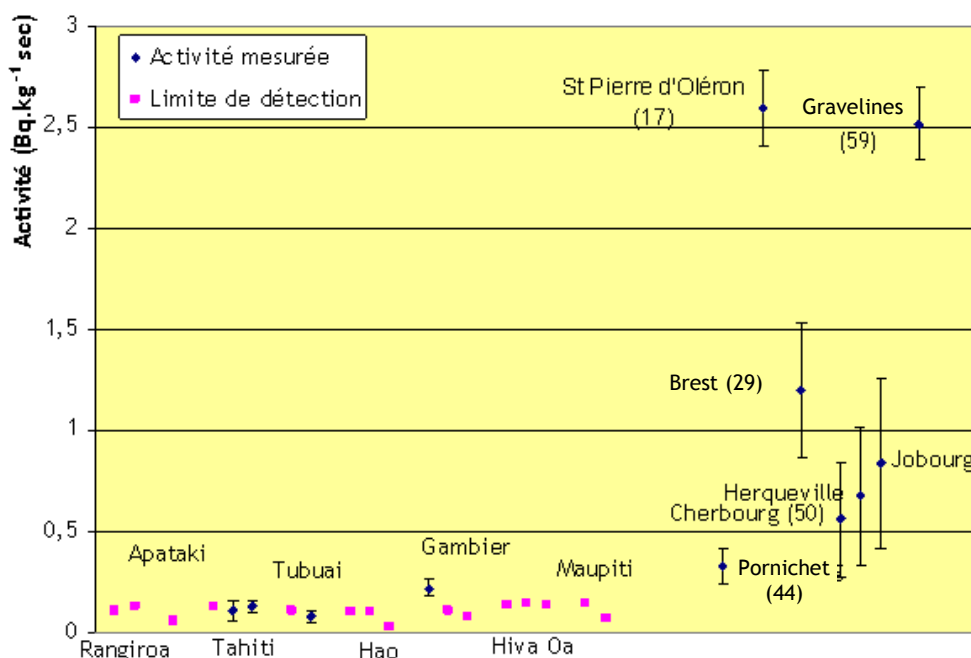


Figure 5 : Activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans les sédiments marins en Polynésie française (Rangiroa, Tahiti, Hao, Gambiers, HivaOa, Maupiti, Tubuai et Apataki) et en métropole (Pornichet, St Pierre d'Oléron, Brest, Jobourg, Herqueville, Cherbourg et Gravelines).

La comparaison de ces résultats obtenus en Polynésie avec les résultats des sédiments marins prélevés sur les plages de l'Atlantique et de la Manche en métropole durant l'année 2009 [4] est représentée sur la figure 5. Les concentrations en Polynésie sont 10 à 20 fois plus faibles que celles de métropole, cette dernière 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 153 prélèvements ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$  et 19 d'entre eux sont l'objet d'une radiochimie, suivie d'une spectrométrie  $\alpha$  pour doser les isotopes du plutonium. Les mesures de  $^{90}\text{Sr}$  pour ces 19 échantillons n'ont pu être achevées suite à des difficultés d'approvisionnement en gaz ( $\text{Ar-CH}_4$ ) indispensable pour le fonctionnement des compteurs. Ces résultats seront inclus dans le rapport 2012.

Seules quelques traces de  $^{137}\text{Cs}$  et de plutonium ont été mesurées dans ces échantillons. Le  $^{60}\text{Co}$ , qui n'était détecté que sur quelques échantillons de bénéitiers ces dernières années, n'a jamais été décelé dans les échantillons analysés en 2011.

### 4.2.1 MILIEU MARIN

#### 4.2.1.1 Poissons de haute mer



En 2011, 3 prélèvements de thon à nageoires jaunes (*Thunnus albacares*, photo ci-contre) provenant de pêches côtières à Mangareva, Hao et Rangiroa, ont été analysés en spectrométrie  $\gamma$ . Les résultats obtenus sont détaillés par îles dans les tableaux All-1 à All-7 du rapport Annexes consultable sur le site Internet de l'Institut (rapport PRP-ENV/SESURE 2012-18).

Les valeurs de  $^{137}\text{Cs}$  sont équivalentes aux valeurs observées ces dernières années et les niveaux résiduels restent assez homogènes, 0,1 à 0,2  $\text{Bq.kg}^{-1}$  frais. Le maximum, 0,20  $\text{Bq.kg}^{-1}$  frais, est obtenu pour un échantillon en provenance de Hao.

Pour les autres radionucléides d'origine artificielle émetteurs gamma comme le  $^{60}\text{Co}$ , les émetteurs alpha,  $^{238}\text{Pu}$  et  $^{239+240}\text{Pu}$  (3 échantillons analysés), les résultats sont inférieurs aux limites de détection.

## FOCUS

### Surveillance de l'Impact de Fukushima dans le milieu marin en Polynésie française

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 [3, 5].

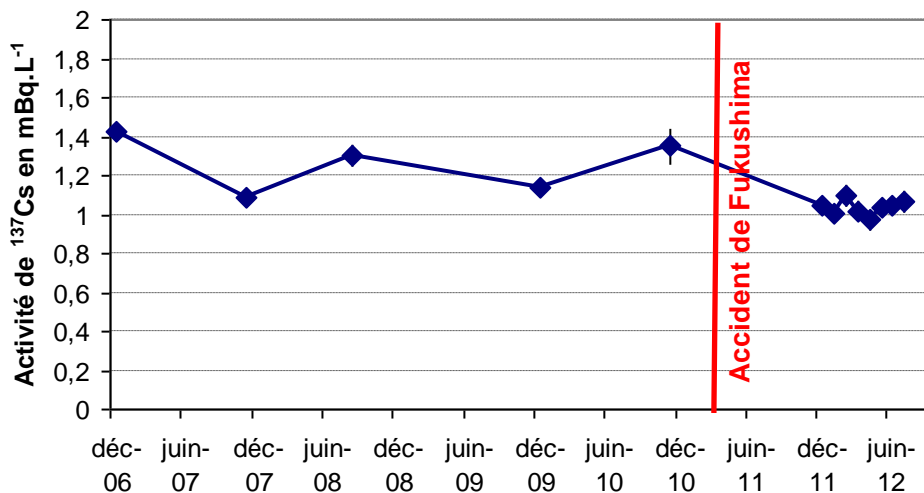
A partir de septembre 2011, une attention particulière est portée sur les poissons de haute mer pouvant véhiculer une contamination du pacifique nord vers le pacifique sud. La fréquence des prélèvements de poissons est augmentée et le prélèvement d'eau de mer est réalisé mensuellement.

Les principaux radionucléides recherchés qui ont été rejetés dans l'environnement lors de l'accident de mars 2011 au Japon sont les césiums 134 et 137.

L'isotope 137, de période radioactive 30 ans, persiste dans l'environnement depuis les 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). La détection de l'isotope 134, (période radioactive de 2,1 ans), ainsi que l'augmentation de la concentration en  $^{137}\text{Cs}$  caractérisent l'impact de Fukushima.

#### L'eau de mer

En Polynésie française, la concentration du  $^{137}\text{Cs}$  est mesurée annuellement par le LESE à partir d'un prélèvement unique situé à la pointe Vénus au nord de l'île de Tahiti jusqu'en 2008 puis à Vairao au sud de Tahiti depuis 2009. Depuis janvier 2012, la fréquence du prélèvement est mensuelle. Compte-tenu des faibles concentrations du  $^{137}\text{Cs}$  dans l'eau de mer, plusieurs centaines de litres d'eau de mer sont prélevés.



Concentration du  $^{137}\text{Cs}$  dans l'eau de mer à Tahiti

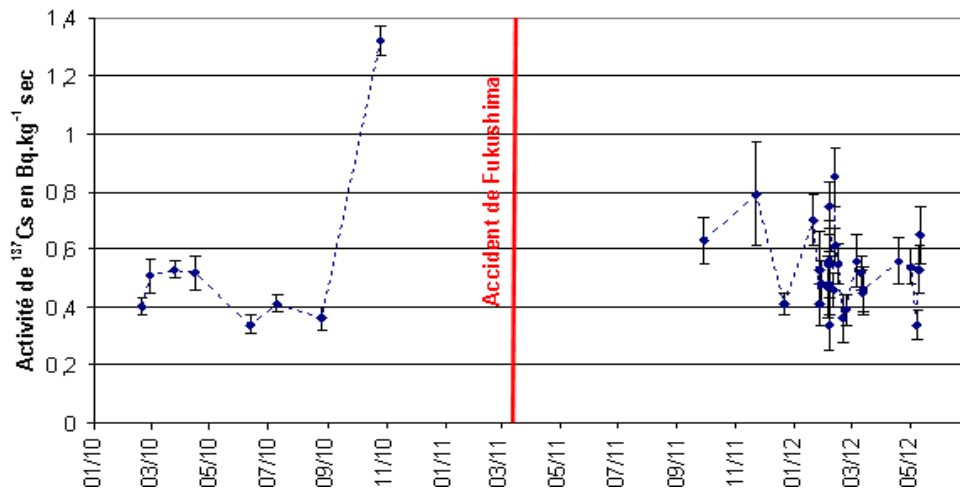
## Les poissons de haute mer

Les prélèvements de poissons de haute mer sont réalisés par des pêcheurs locaux, collaborateurs habituels du LESE, dans les cinq archipels de la Polynésie française. Ce sont des pêches non industrielles, au voisinage des îles concernées, pour une consommation locale. L'espèce pêchée est variable (thon, bonite, espadon, dorade coryphène...). Par ailleurs, dans le cadre de la campagne océanographique « Pakaihi i te moana », 6 échantillons ont été prélevés dans les eaux marquisiennes en février 2012.

Le seul radionucléide d'origine artificielle détecté dans les poissons en 2010, avant l'accident de Fukushima, est le  $^{137}\text{Cs}$  à très bas niveau, entre  $0,34$  et  $1,32 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de matière sèche, soit pour cette dernière valeur  $0,44 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de matière fraîche. Les niveaux maximaux admissibles pour les denrées alimentaires étant de  $500 \text{ Bq.kg}^{-1}$  pour les césiums (Règlement d'exécution (UE) n°351/2011 de la commission du 11 avril 2011). Ce niveau a été abaissé à  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  (Règlement d'exécution (UE) n°284/2012 de la commission du 29 mars 2012) suite à la réglementation récente mise en place par les autorités japonaises.

Les échantillons prélevés après l'accident de Fukushima, de septembre 2011 à mai 2012, dans les eaux polynésiennes ne présentent aucune trace de  $^{134}\text{Cs}$ . Les limites de détection (LD) sont comprises entre  $0,16$  et  $0,68 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ . Les activités en  $^{137}\text{Cs}$  sont cohérentes avec les résultats obtenus les années antérieures, entre  $0,34$  et  $0,85 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ .

Des données récentes sur des pêches réalisées au voisinage des côtes californiennes [6] indiquent que l'impact des rejets de l'accident de Fukushima est observé dans la chair des thons rouges (*Thunnus orientalis*) en 2011 avec une valeur moyenne en  $^{134}\text{Cs}$  de  $4,0 \pm 1,4$  (SD) et  $6,3 \pm 1,5$  (SD)  $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  en  $^{137}\text{Cs}$  alors que les mesures en 2008 indiquaient '0' et  $1,4 \pm 0,2$  respectivement pour le  $^{134}\text{Cs}$  et le  $^{137}\text{Cs}$ . Par contre, les analyses sur les thons à nageoires jaunes (*Thunnus albacares*) ne montrent aucune contamination en 2011. Le passage de certaines espèces dans les eaux contaminées et leurs migrations rapides sont à l'origine de ces observations.



Concentration du  $^{137}\text{Cs}$  dans les poissons de haute mer, toutes espèces confondues, prélevés au voisinage des côtes polynésiennes

D'autres prélèvements sont prévus durant l'année 2012 afin de conforter ces observations. 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. 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.

#### 4.2.1.2 Poissons et autres produits marins de lagon



20 prélèvements ont été réalisés en 2011, 7 poissons (exclusivement des mérours et loches) et 13 autres produits (bénitier, poulpe et nacre). Tous ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$ . Les 7 poissons et les 6 bénitiers ont fait l'objet d'une analyse en plutonium. Les résultats d'activité sont présentés dans les tableaux All-1 à All-7 du rapport Annexes consultable sur le site Internet de l'Institut (rapport PRP-ENV/SESURE 2012-18).

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

- Le  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$ , analogue chimique du potassium, dans les muscles de poissons.

Les valeurs sont toujours plus élevées dans la chair de mérour ou de loche que dans les autres espèces, d'où le choix de retenir le prélèvement exclusif de ces poissons. Les valeurs les plus fortes ont été observées dans des mérours à Hao ( $0,33 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais) et à Tubuai ( $0,22 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais).

- Le  $^{60}\text{Co}$  n'a été que très rarement quantifié ces dernières années dans les échantillons analysés. Les seules quantifications ont concerné les bénitiers qui, en filtrant l'eau de mer, concentrent ce radionucléide. En 2011, tous les résultats sont inférieurs à la limite de détection de  $0,04 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais.
- Le  $^{238}\text{Pu}$  a été quantifié dans 5 des 6 bénitiers analysés et le  $^{239+240}\text{Pu}$  a été quantifié dans les 6 bénitiers. Ces radionucléides n'ont jamais été décelés dans la chair des poissons de lagon analysés en 2011.

### 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 2011 puis mensuelles jusqu'à la fin de l'année ont été réalisées dans des échantillons de lait provenant du plateau de Taravao à Tahiti. Les teneurs en  $^{137}\text{Cs}$  sont restées cohérentes avec les teneurs mesurées antérieurement à l'accident, aucune trace de  $^{134}\text{Cs}$ , de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{131}\text{I}$  n'a été décelée dans ces échantillons. Ces activités en  $^{137}\text{Cs}$  sont comparables aux valeurs observées en Nouvelle-Zélande en 2010 [7].

Un échantillon de lait UHT provenant de métropole a été mesuré à l'état frais donnant une limite de détection à  $0,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ . Les résultats sont détaillés dans le tableau All-7 du rapport Annexes consultable sur le site Internet de l'Institut (rapport PRP-ENV/SESURE 2012-18).

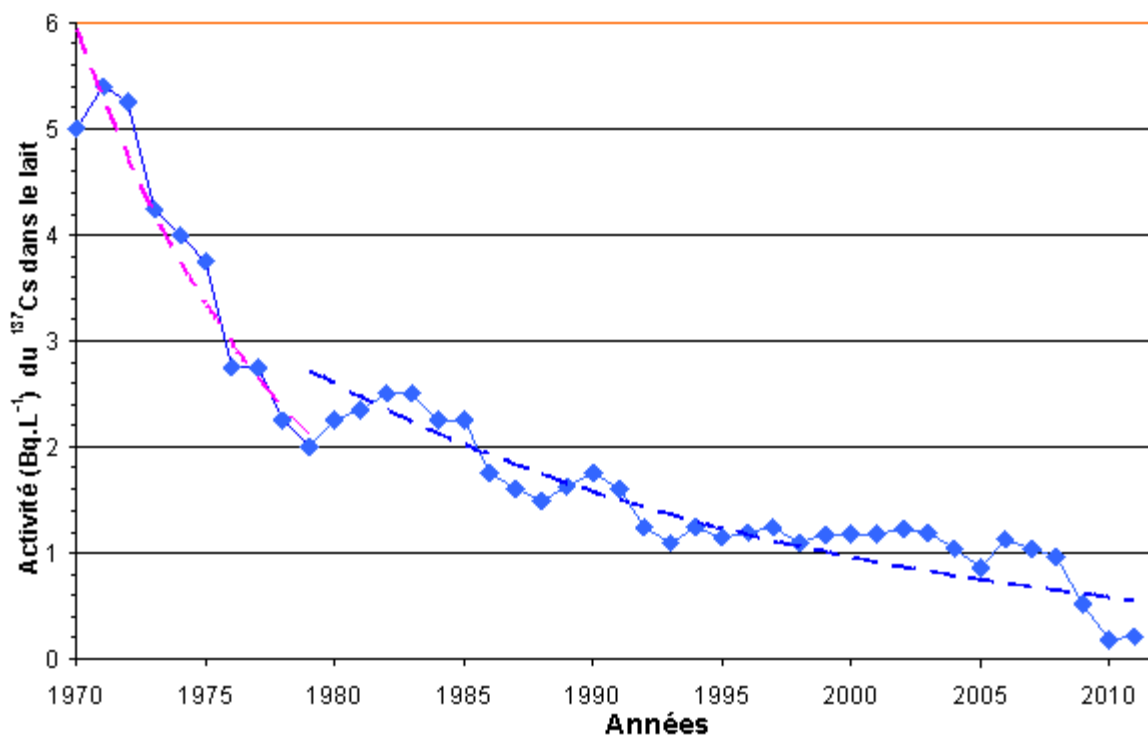


Figure 6 : Evolution depuis 1970 de l'activité en <sup>137</sup>Cs du lait provenant des vaches du plateau de Taravao

Depuis les années 1990, on observe une décroissance de la radioactivité dans le lait très lente (pente bleue), bien plus lente que celle observée après les essais nucléaires atmosphériques dans les années 70 (pente rose). Comme les années précédentes, en 2011, la concentration en <sup>137</sup>Cs dans le lait local est légèrement supérieure à celle du lait UHT importé (0,05 Bq.L<sup>-1</sup> mesuré en 2010 pour un échantillon provenant de France métropolitaine). Cette observation est à mettre en relation avec des facteurs de transferts sol-plantes environ 100 fois supérieurs à ceux mesurés généralement en Europe [8]).

#### 4.2.2.2 Autres prélèvements d'origine terrestre



En 2011, 95 prélèvements de denrées d'origines locale et régionale provenant des cinq archipels, ont été réalisés :

- 15 boissons (hors lait),
- 35 légumes,
- 32 fruits
- 4 viandes,
- 11 prélèvements d'herbe
- 7 prélèvements de produits importés (hors lait).

- Les résultats des analyses par spectrométrie  $\gamma$ , alpha pour le Pu sont présentés dans les tableaux de l'annexe III. A partir de 2011, seuls les prélèvements de coprah donnent lieu à une analyse de plutonium. Plus de la moitié des analyses permettent encore de quantifier des traces en <sup>137</sup>Cs et 6 mesures donnent des valeurs supérieures à 1 Bq.kg<sup>-1</sup> frais (2 en 2009 et en 2010, 6 en 2008 et 10 en 2007). 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, est de plusieurs centaines d'années.
- Le <sup>60</sup>Co n'est jamais quantifié dans ces échantillons du milieu terrestre.
- Sur les 6 échantillons de coprah mesurés, le <sup>238</sup>Pu n'est jamais détecté et un seul résultat en <sup>239+240</sup>Pu, proche de la limite de détection, donne une valeur de 0,06 ± 0,03 mBq.kg<sup>-1</sup> frais.

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

A titre indicatif, sont rappelés les 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, ont été modifiés à la suite de l'accident de Fukushima (règlement d'exécution (UE) n° 284/2012 de la commission du 29 mars 2012). Les valeurs sont comparées aux valeurs maximales rencontrées dans les aliments consommés en Polynésie française, dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination radioactive pour les denrées alimentaires (colonne de gauche) comparées aux concentrations maximales mesurées en 2011 dans les denrées de Tahiti (colonne de droite)

Radionucléides	NMA en Bq.kg <sup>-1</sup> (colonne gauche) / concentrations maximales mesurées dans les aliments (colonne droite) en Polynésie française en Bq.kg <sup>-1</sup>					
	Lait et Aliments pour nourrissons		Autres denrées		Liquides	
<sup>137</sup> Cs ou <sup>60</sup> Co	50	0,4±0,04 <sup>1</sup>	100	5 <sup>2</sup>	10	0,032±0,014 <sup>3</sup>
Plutonium et émetteurs alpha	1	nm <sup>4</sup>	80	1,7±0,2 <sup>5</sup>	20	nm

On remarque que les valeurs maximales mesurées dans les denrées prélevées sont très largement inférieures aux niveaux maximaux admissibles.

<sup>1</sup> Valeur mesurée sur un échantillon de lait de Tahiti

<sup>2</sup> Valeur mesurée sur un échantillon de coprah de Tubuai

<sup>3</sup> Valeur mesurée sur un échantillon de jus d'ananas à Tahiti

<sup>4</sup> nm : le Pu n'a été décelé dans aucun échantillon de lait ou autres boissons

<sup>5</sup> Valeur mesurée dans un bénitier prélevé à Tubuai

## 5 EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

### 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 et 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 ( $^{239}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ...) : ce rayonnement est très variable, lié à la nature des sols, il est 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 au 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, 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 estimée 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  $^{137}\text{Cs}$ , de  $^{90}\text{Sr}$ , de  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  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, et, 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<sup>-1</sup>.

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  $\mu$ 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.

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. Une réflexion devrait être menée prochainement afin de réévaluer la méthodologie de calcul de la dose.

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 [9] et la CIPR 67 [10].

L'ensemble des résultats bruts est détaillé dans les tableaux de l'annexe III. 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 <sup>137</sup>Cs (seul radionucléide artificiel encore décelable dans les sols) est au maximum de quelques  $\mu$ Sv/an. Les valeurs de dose externe sont relatives aux activités en <sup>137</sup>Cs dans des sols prélevés en 2000 à Faa'a pour l'île de Tahiti, et en 2005-2006 pour les autres îles [11].

### 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  $^{137}\text{Cs}$  mesurée dans l'air à Tahiti est inférieure à  $10^{-5} \mu\text{Sv}/\text{an}$ , 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 [12] et 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, excepté le yaourt et les pâtes, ont été mesurés en 2011. 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. Dans le cas des pâtes, l'analyse est réalisée tous les 5 ans comme c'est le cas pour les produits locaux lorsque la quantité dans la ration alimentaire est inférieure à 5 kg [2].

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.

La figure 7 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 2008 à 2009 par rapport à celles des deux années précédentes. Néanmoins, ce constat ne traduit pas une tendance évolutive de la radioactivité dans l'environnement. Elle reflète principalement la variabilité des concentrations qui peuvent être mesurées dans certaines denrées. Elle est aussi due à l'amélioration des protocoles d'analyses qui permet d'atteindre depuis 2009 des limites de détection plus basses. En particulier, pour les produits les plus consommés, la durée de comptage des mesures de spectrométries gamma ( $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ ) a été rallongée (elle varie de 24 h à 72 h en fonction des échantillons) afin de réduire au mieux les limites de détection.

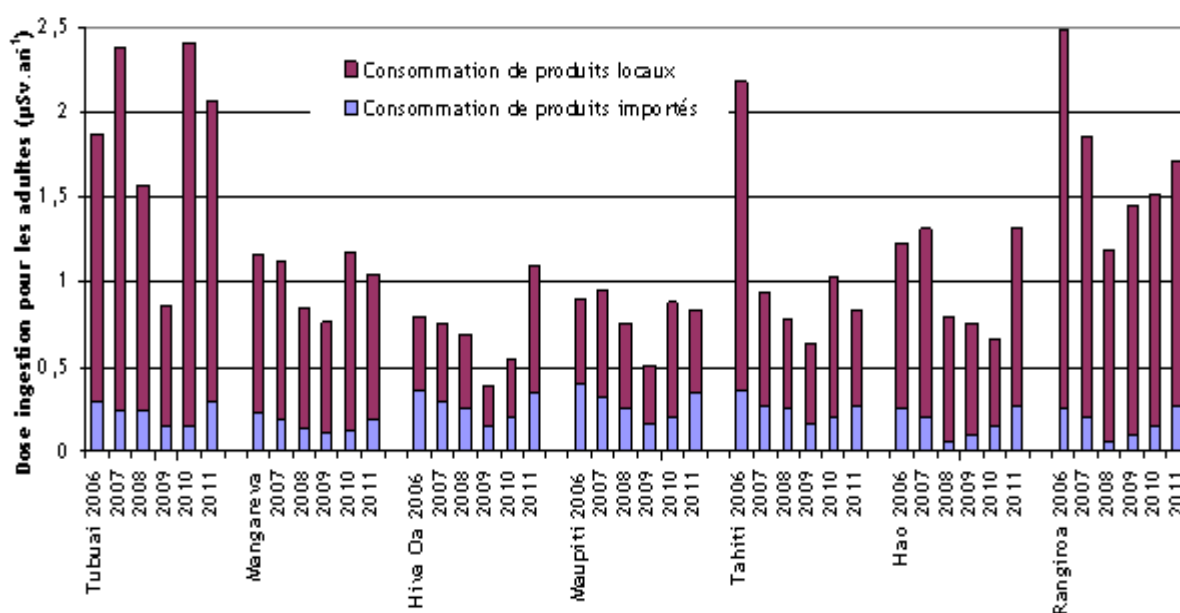


Figure 7 : Doses ingestion ajoutées de 2006 à 2011 pour les adultes suite à la consommation de produits locaux et importés dans les différentes îles

Les valeurs ont augmenté significativement en 2010 [5], principalement pour les îles (toutes sauf Hao et Rangiroa) où la viande de bœuf provenant de Tahiti est incluse dans la ration alimentaire.

En 2011, la concentration du  $^{137}\text{Cs}$  dans la viande de bœuf est de  $3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais (8,8 en 2010 et 0,9 en 2009) ce qui réduit les doses en 2011 par rapport à 2010. Cette baisse est compensée par l'augmentation de la dose liée au riz et au lait UHT importés ainsi que par celle de la bière locale suite à des limites de détection de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{60}\text{Co}$  moins bonnes cette année.

De plus, les valeurs un peu plus élevées de  $^{137}\text{Cs}$  dans un seul produit, la salade à Hiva Oa ou les poissons de lagon de Hao, augmentent aussi la dose annuelle des consommateurs de ces îles.

Enfin, les différences de contribution à la dose des denrées d'origine locale ou importées 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 identiques.

En 2011, les doses estimées, engendrées par la consommation de produits polynésiens sont comprises entre  $0,5$  et  $1,8 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  (Maupiti et Tubuai) pour les adultes, entre  $0,29$  et  $0,9 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  pour les enfants dans les mêmes îles.

En 2011, 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 ( $0,04 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ), consommée aussi, mais en plus grandes quantités, à Maupiti ( $0,13 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ), à Mangareva ( $0,24 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ) et à Tubuai ( $0,29 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ );
- la viande de porc de Tahiti ( $0,11 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  en 2011,  $0,38 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  en 2010);
- le coprah à Rangiroa ( $0,75 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ) et à Tubuai ( $0,24 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ );
- les poissons de lagon à Hao ( $0,72 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ) et à Rangiroa ( $0,41 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ) parce qu'avec  $85,5 \text{ kg}$  par an, ce produit est consommé 4 à 10 fois plus que dans les autres îles ;

- la salade à Hiva Oa ( $0,37 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ). En 2010, c'était le chou qui avait la valeur la plus élevée ( $0,11 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ) ;
- Enfin, en 2011, on obtient aussi une valeur plus élevée dans la papaye de Mangareva ( $0,2 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ ).

Depuis 6 ans, aucune denrée ne contribue à une dose ajoutée d'origine artificielle supérieure à  $1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ , alors que des valeurs supérieures à  $1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  avaient encore été observées pour 2 prélèvements en 2006 ( $1,3 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  lié à la consommation d'ananas par les adultes à Tahiti et  $1,2 \mu\text{Sv.an}^{-1}$  pour la consommation de coprah à Rangiroa).

Ces valeurs sont à mettre en perspective avec les valeurs de dose correspondant à la radioactivité d'origine naturelle présentée au chapitre 5.1. Celle-ci est de l'ordre de  $1$  à  $2 \text{ mSv.an}^{-1}$  si l'on tient compte de l'ensemble des sources (radon, rayonnements telluriques et cosmiques, radionucléides naturels tels le  $^{40}\text{K}$ ....).

## CONCLUSION

En 2011, l'IRSN a poursuivi la surveillance radiologique de la Polynésie française, hors sites de Moruroa et Fangataufa. Elle concerne sept îles réparties dans les cinq archipels ; Tahiti concentrant 70 % de la population du territoire. A la suite de l'accident de Fukushima et pendant une période de 4 mois, cette surveillance a été renforcée pour identifier un éventuel impact sur la population des rejets de la centrale accidentée.

Les mesures de la radioactivité mises en œuvre (spectrométries  $\gamma$  pour les  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$  et mesure des émetteurs  $\alpha$  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.

24 prélèvements ont été effectués pour le domaine physique (air, eaux et sédiments) et 153 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 2011 ne sont pas significativement différents de ceux obtenus en 2010. Les différences observées sont à mettre en relation avec une variabilité naturelle importante comme nous l'avons observé dans le cas de la viande de bœuf [5].

C'est le  $^{137}\text{Cs}$  qui a été le plus souvent décelé. Les valeurs maximales obtenues en 2011 sont inférieures à  $0,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais pour les poissons (haute mer et lagon), 10 fois plus faibles pour les autres produits lagunaires. Ces valeurs reflètent l'absence d'impact radiologique de l'accident de Fukushima en Polynésie française.

Les valeurs sont toujours extrêmement faibles, en général inférieures à  $1 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais, et souvent inférieures à  $0,01 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais, pour les denrées solides. 6 résultats sur 153 résultats d'analyses en 2011 sont supérieurs à  $1 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais en  $^{137}\text{Cs}$  : 5 pour le coprah et 2,5 pour le taro à Tubuai, 3,3 pour le bœuf de Tahiti, 2,1 pour la salade et 1,3 pour la papaye de Hiva Oa et 1,4 pour le coprah de Rangiroa (valeurs en  $\text{Bq.kg}^{-1}$  frais).

Le  $^{60}\text{Co}$  n'a été détecté dans aucun échantillon.

Quand elles ont été détectées, les activités en Pu sont extrêmement faibles. A partir de 2011, le Pu est mesuré dans 3 matrices sélectionnées [2] : le mérou et le bœuf pour le domaine marin lagunaire, le coprah pour le milieu terrestre.

Les isotopes du Pu,  $^{238}\text{Pu}$  et  $^{239+240}\text{Pu}$ , ont été mesurés à de très faibles concentrations dans les prélèvements provenant des 6 îles (sauf le  $^{238}\text{Pu}$  en limite de détection pour l'échantillon de Tahiti). Tous les autres résultats pour les poissons de lagon (mérou) et pour le coprah, à l'exception d'une trace de  $^{239+240}\text{Pu}$  décelée dans le coprah de Mangareva, sont inférieurs à la limite de détection.

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 (les retombées directes et la remise en suspension de poussières radioactives sont désormais extrêmement faibles, pratiquement indétectables).

Aucun aliment ne contribue à la dose par ingestion pour plus de  $1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ . Quelques aliments, fortement consommés, peuvent contribuer à la dose pour plus de  $0,1 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ . C'est le cas en 2011 de la viande de bœuf de Tahiti consommée aussi à Tubuai, à Mangareva et à Maupiti, de la viande de porc à Tahiti, du coprah à Tubuai et à Rangiroa, des poissons de lagon à Hao et à Rangiroa, de la salade à Hiva Oa et de la papaye à Mangareva.

La dose totale annuelle attribuable à la radioactivité artificielle (Annexe IV), somme des doses d'exposition externe, d'inhalation et d'ingestion, durant les 20 dernières années pour l'ensemble des cinq archipels est globalement comparable. 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 [13]. 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. Par ailleurs, une réflexion est en cours pour ce bilan, comme pour celui de la métropole, afin d'adapter les méthodologies d'estimation de dose à ce contexte.

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

En 2012, cette surveillance dans le pacifique sud reste renforcée dans le domaine marin pour observer un éventuel impact lié aux rejets radioactifs importants en mer durant les semaines qui ont suivi la catastrophe de Fukushima.

## 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., *Evolution de la stratégie de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française*. Rapport DEI/SESURE 2010-28 (2010) 36p.
- [3] 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.
- [4] Pierrard O. et col., *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009 - Synthèses des résultats des réseaux de surveillance de l'IRSN*. Rapport IRSN 175p.
- [5] Bouisset P., 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.
- [6] 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.
- [7] Hermanspahn N., *Environmental radioactivity in New Zealand and Rarotonga - Annual Report 2010*, NRL-F/90 (2011) 8p.
- [8] Descamps B., *Soil-to-plant, plant-to-milk and plant-to-meat transfers for the oxisols in Tahiti, French Polynesia*. Actes du congrès IRPA 15-19 mai 2006 Paris.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Bouisset P., Leclerc G., 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.
- [12] Grouzelle C., Dominique M., Ducouso R. *Résultats d'une enquête alimentaire effectuée à Tahiti de 1980 à 1982*. Rapport CEA R.5304 (1985) 180p.
- [13] South Pacific Regional Environment Program. *Topic review radioactivity in the South Pacific*. SPREP/Topic review 14 (octobre 1983).

**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](http://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