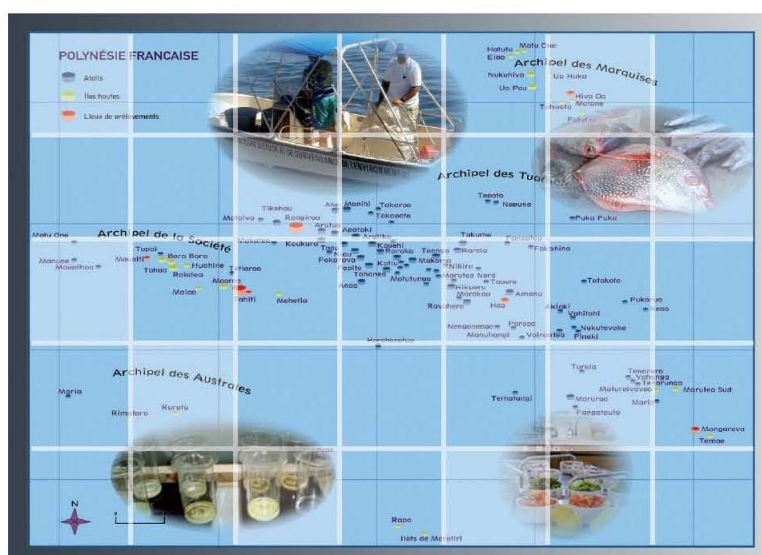


IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

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



Ont contribué à l'élaboration de ce rapport :

Nom	Organisme
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/DEI/SESURE/LESE

BP 182

98725 Vairao - Tahiti - Polynésie française

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.

Ce rapport concerne les résultats obtenus en 2010 dans le cadre de ce suivi mais également les mesures particulières mises en œuvre pour évaluer l'impact radiologique potentiel dans l'environnement en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie de l'accident de Fukushima (Japon) le 11 mars 2011.

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 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.

Après une diminution régulière des niveaux de radioactivité depuis l'arrêt, en 1974, des essais atmosphériques français, l'état radiologique constaté en 2010 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 $1\ 000 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

Suite à l'accident nucléaire de Fukushima en mars 2011, l'IRSN a renforcé ses contrôles pour confirmer l'absence d'impact radiologique en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie. Les actions réalisées au cours de cette période sont décrites au chapitre 5 de ce rapport.

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, Hiva Oa, Mangareva and Tubuai) representing the five archipelagos, 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, marine and terrestrial lagoon.

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.

During the year 2010 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}Cs . In term of additional dose, this artificial and residual radioactivity is lower than $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$ (5 microSieverts per year). This value corresponds to less than 0,5 % of exposure due to natural radioactivity in Polynesia (approximately $1\ 000 \mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$).

This 2010 report also includes the special monitoring engaged during spring 2011 to evaluate a possible radiological impact in French Polynesia and New-Caledonia territories due to the nuclear accident of Fukushima that occurred on March 11th, 2011 (see chapter 5).

SOMMAIRE

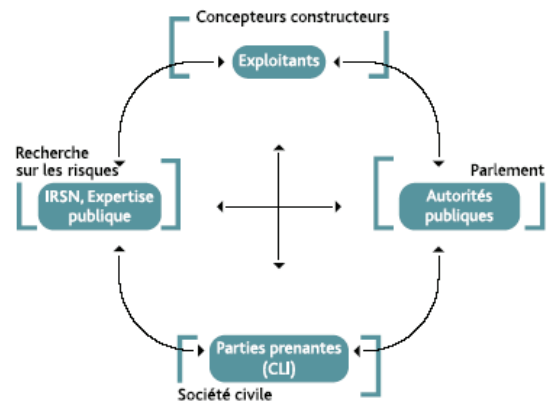
RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN	5
L'ANTENNE POLYNESIENNE DE L'IRSN	7
1 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DU MODE DE VIE DE SES HABITANTS	10
2 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES	12
2.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES	12
2.2 PRELEVEMENTS SELECTIONNES	12
2.2.1 Prélèvements du domaine physique.....	13
2.2.2 Prélèvements du domaine biologique	13
3 NIVEAUX DE RADIOACTIVITE ET EVOLUTION	14
3.1 MILIEU PHYSIQUE	14
3.1.1 Radioactivité de l'air	14
3.1.2 Radioactivité de l'eau	17
3.1.3 Radioactivité des sédiments.....	17
3.2 MILIEU BIOLOGIQUE	18
3.2.1 Milieu marin	18
3.2.2 Milieu terrestre	20
4 SITUATION RADIOLOGIQUE DE LA POLYNESIE FRANCAISE EN 2010	23
4.1 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A L'EXPOSITION EXTERNE	23
4.2 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A L'INHALATION.....	23
4.3 DOSE EFFICACE ANNUELLE LIEE A L'INGESTION	23
4.4 DOSE EFFICACE 2010.....	27
5 PLAN DE SURVEILLANCE RENFORCEE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DE LA NOUVELLE-CALEDONIE POUR LE SUIVI DE L'IMPACT POTENTIEL DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA	28
5.1 INTRODUCTION	28
5.2 SURVEILLANCE DE L'AIR ET DES DENREES	28
5.3 GENERALITES SUR LES RESULTATS OBSERVES.....	29
5.4 COMMUNICATION AVEC LA POPULATION ET LES AUTORITES.....	31
5.5 DETAILS DU PLAN DE SURVEILLANCE MIS EN ŒUVRE A PARTIR DU MOIS DE MARS 2011	32
5.6 RESULTATS GRAPHIQUES DETAILLES.....	33
6 CONCLUSION	38
ANNEXE I : ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS	40
ANNEXE II. : NOTIONS DE RADIOPROTECTION	44
REFERENCES	45

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 Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) sous la tutelle conjointe du ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, du ministre de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, du ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du ministre de la Défense et du ministre de la Santé et des Sports

Ses dépenses (313 M€ exécutées en 2010) sont financées à hauteur de 243,76 M€ par une subvention inscrite provenant du ministère de l'Écologie, dans le cadre de la mission LOLF « recherche et enseignement supérieur », programme « recherche sur les risques environnementaux », action « risques nucléaires et radiologiques ». Cette subvention est complétée par des financements publics ou privés, nationaux, européens ou internationaux dédiés à des programmes de recherche ou d'expertise spécifiques. L'IRSN rassemble plus de 1700 salariés, dont plus d'un millier d'experts et de chercheurs.

Ses ressources sont consacrées :

- pour 43,3 % 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 47,9 % à l'appui technique aux pouvoirs publics et aux autorités;
- pour 8,8 % 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 250 000 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.org) propose une large palette d'informations adaptées à différents types de publics, plus de 1 631 014 de pages vues en 2010 ;
- l'IRSN anime une exposition itinérante sur le thème de la maîtrise des risques nucléaires. Il contribue à l'enseignement sur ces sujets ;
- 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 pluraliste sur des thèmes potentiellement générateurs de controverse au sein de la société.

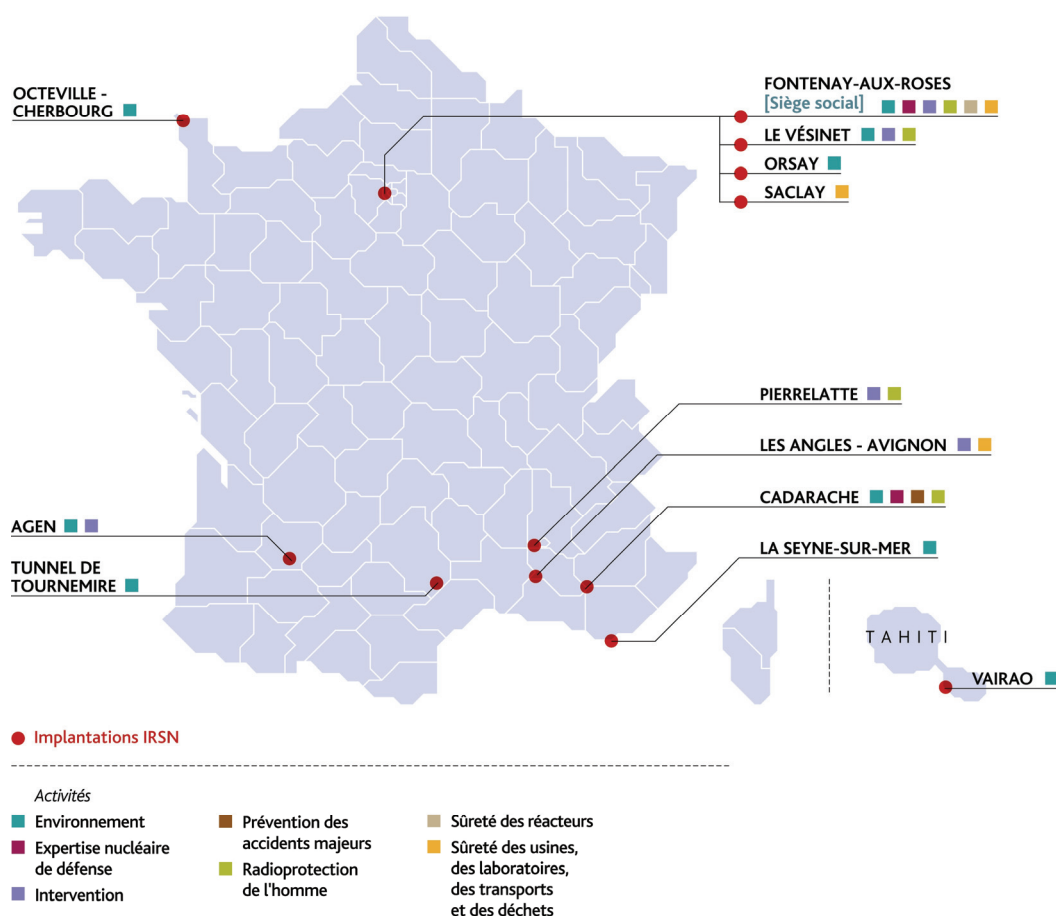


Figure 1 : Implantation des sites de l'IRSN

L'ANTENNE POLYNÉSIENNE 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.



Assurer la surveillance
de la radioactivité
dans l'environnement
en Polynésie française

Cette mission 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
- estimer les doses reçues par les populations polynésiennes exposées à cette radioactivité artificielle.

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 retombés 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 polluants 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), a pour objectif de suivre la contamination d'un indicateur biologique (nacre) en métaux, substances radioactives, hydrocarbures et composés organochlorés.

Ce projet a été retenu comme 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 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...). 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 (voir chapitre 5 de ce rapport). Une balise Téléray de mesure en temps réel du débit de dose des émetteurs gamma dans l'air a été implantée à Papeete (PF) et à Nouméa (NC) pour compléter le réseau de télésurveillance de l'IRSN. Des prélèvements d'aérosols, d'eau de pluie, de lait et d'herbe ont été collectés fréquemment pour détecter des traces éventuelles de contamination. Des réunions régulières avec les responsables de l'état et des gouvernements locaux ont permis de prendre les mesures nécessaires pour répondre à la situation. L'information du public a été la plus large possible avec les médias traditionnels et lors de réunions publiques d'information.

FOCUS

Rencontres avec les Autorités : Madame la ministre de l'outre-mer Marie-Luce Penchard, Monsieur le secrétaire général du Grenelle de la Mer Christian Buchet et Monsieur le Haut-Commissaire de la Polynésie française Bernard Didier

Le programme de surveillance de la radioactivité mené par le LESE en Polynésie française et le projet de mise en œuvre d'un réseau de surveillance des polluants dans les lagons ont capté l'intérêt de tous les visiteurs reçus au laboratoire au cours des derniers mois. Ce dernier programme, en partenariat avec l'IFREMER et le CRIOBE (CNRS), subventionné dès 2010 par le Ministère à l'Outre-mer, vise à la mise en place d'un réseau de suivi des polluants, radioactifs et chimiques, dans les lagons de la Polynésie française. Ce sujet a été retenu comme une des actions prioritaires du Grenelle de la Mer en Polynésie française.



Les laboratoires et les activités du LESE ont été présentés à la ministre de l'Outre-Mer, Marie-Luce Penchard, accompagnée par le Haut-Commissaire Adolph Colrat et le président de Polynésie Gaston Tong Song le 3 février 2010.



Le Haut-Commissaire de la Polynésie française, Bernard Didier, qui a pris ses fonctions en janvier 2011 est venu s'informer des activités de l'IRSN en Polynésie le 4 mars 2011.



La visite du secrétaire général national du Grenelle de la Mer, Christian Buchet, le 1^{er} juillet 2011 a permis de situer les actions de LESE dans le cadre d'une des actions prioritaires du Grenelle en Polynésie.

FOCUS

Rencontre avec le navigateur Philippe Poupon



Lors de son passage au Gambier dans le cadre du tour du monde avec leur bateau Fleur Australe, Philippe Poupon et Géraldine Danon ont tenu à faire un point le 14 février sur l'état radiologique en Polynésie française.

(Cf. <http://fleuraustrale.fr/rendez-vous-avec-patrick-bouisset-de-l-irsn.html>).

Une visite des installations du LESE s'est déroulée le 11 mars lors du passage de Fleur Australe à Vairao.

INTRODUCTION

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).

Depuis 1966, le rapport annuel correspondant à cette surveillance, hors les sites d'expérimentations de Moruroa et Fangataufa, est transmis à l'UNSCEAR via le ministère des Affaires Étrangères.

En 2011, l'accident de Fukushima a renforcé le rôle de l'IRSN dans le Pacifique sud. 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. À partir de mars 2011, l'IRSN a renforcé ses contrôles pour confirmer l'absence d'impact radiologique en Polynésie française et en Nouvelle Calédonie. Pendant plusieurs semaines, cette surveillance s'est poursuivie et continue encore aujourd'hui avec les poissons pélagiques qui pourraient véhiculer des traces de radioactivité lors de leurs migrations du Pacifique Nord vers le Sud.

Dans ce rapport de l'année 2010, le chapitre 1 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 2 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 3.

Le chapitre 4 traite de la traduction dosimétrique de ces niveaux de radioactivité.

Le chapitre 5 résume les actions entreprises au LESE pour le suivi de l'impact potentiel de l'accident de Fukushima dans les territoires français du Pacifique sud (Polynésie française et Nouvelle-Calédonie).

Le chapitre 6 est la conclusion de ce rapport.

Un document annexe à ce rapport (rapport DEI/SESURE 2011-41), consultable sur le site internet de l'IRSN présente les résultats détaillés de l'année 2010 [11] :

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

1 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE 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 km². 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;
- **Tubuai**, 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, recouverts le plus souvent de 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.



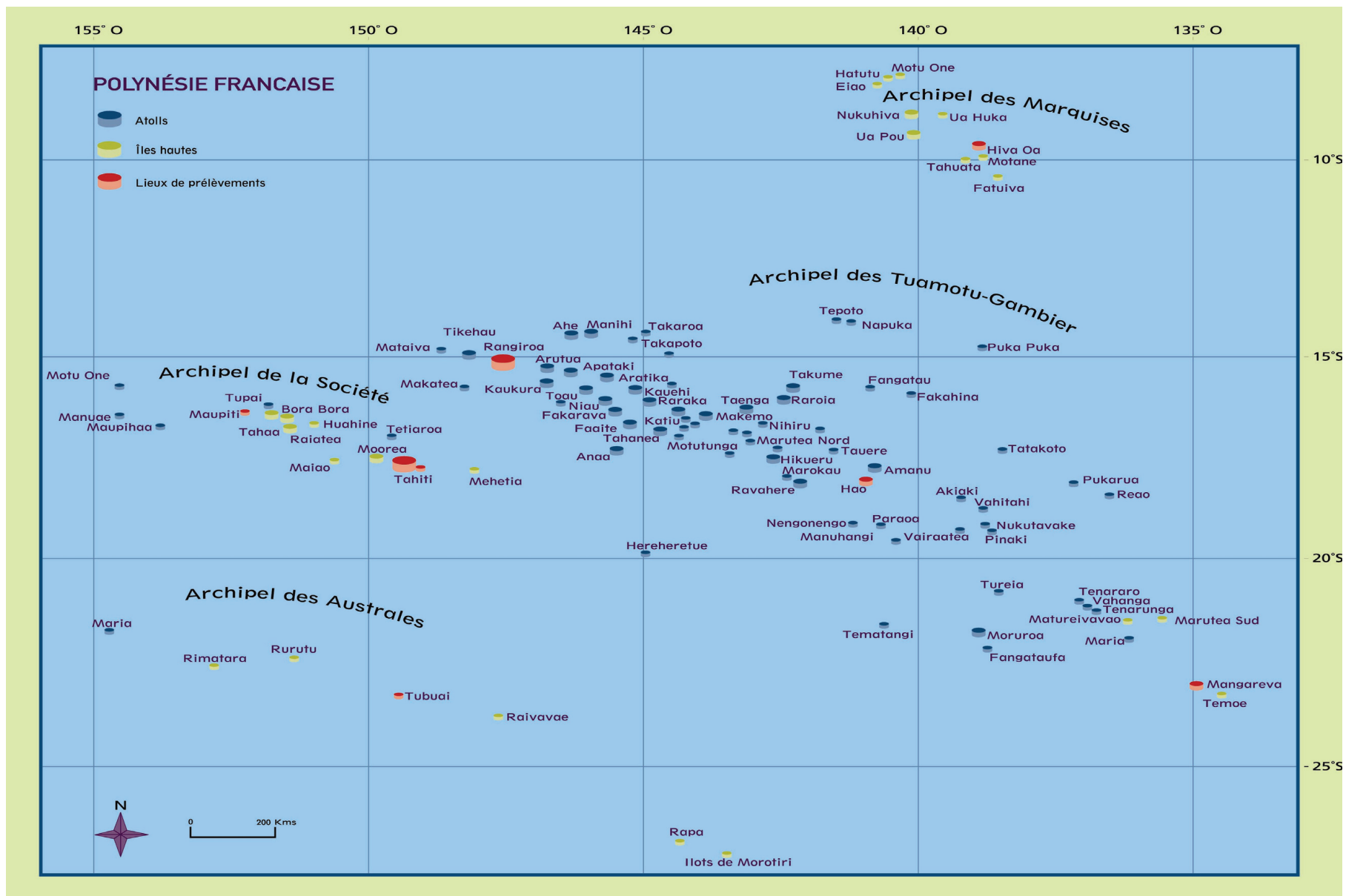


Figure 2 : Carte des archipels de la Polynésie française et des lieux de prélèvements

2 LOCALISATIONS ET PRELEVEMENTS SELECTIONNES

2.1 LOCALISATIONS SELECTIONNEES

Le choix des 7 îles a été motivé par 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 km² ;
- 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 atmosphériques de ces essais ;
- retenir les îles les plus peuplées de chaque archipel ; Maupiti est aussi retenue en plus de Tahiti dans la Société car c'est l'île la plus à l'ouest et Hao est retenue dans les Tuamotu en plus de Rangiroa compte-tenu de l'étendue de cet archipel et pour sa plus grande proximité des sites d'essais.

2.2 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 2010, le nombre total de prélèvements est de 254 : 54 pour le domaine physique et 200 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 margaretifera* (bio-indicateurs). Ces analyses entrent dans le cadre de la mise en œuvre d'un réseau de suivi des polluants, radioactifs, métaux lourds, organochlorés. Ce réseau est en phase de mise en œuvre en collaboration avec les équipes d'Ifremer et du Criobe (CNRS). En 2009 et 2010, 2 stations implantées sur le site de Vairao et au port de Papeete, ont donné lieu à 14 analyses de spectrométrie gamma et 5 analyses alpha pour le plutonium complétées par des analyses de polluants chimiques.

2.2.1 PRELEVEMENTS DU DOMAINE PHYSIQUE

Il s'agit de prélèvements d'air par filtration, d'eaux 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.



2.2.2 PRELEVEMENTS DU DOMAINE BIOLOGIQUE

Chiffres clés :

Le nombre de prélèvements biologiques par île en 2010 est de : 62 pour Tahiti, 27 pour Maupiti, 18 pour Tubuai, 18 pour Rangiroa, 22 pour Hiva Oa, 26 pour Mangareva et 17 pour Hao. En complément, 10 prélèvements de produits importés consommés dans tous les archipels ont été réalisés.

Sur ces 200 prélèvements, 62 concernent le domaine marin, répartis en 3 catégories, les poissons de haute mer, les poissons de lagon, les autres prélèvements marins (crustacés...), et 138 concernent le domaine terrestre.

- Prélèvements de poissons de haute mer

Il s'agit de 11 prélèvements de poissons pélagiques appartenant aux genres bonite, thazard, süssand ou chinchard¹ et thon.

- Prélèvements de poissons de lagon

Ce sont 19 prélèvements de poissons, vivant dans le lagon ou à l'extérieur immédiat près du récif, appartenant au genre baliste, bec de cane, chirurgien, loche, lutjan, méro, mullet, nason et perroquet.

- Autres prélèvements marins

Il y a 32 prélèvements, des mollusques (bénitier, nacre, poulpe/pieuvre et turbo/troca) et la crevette d'élevage.

- Prélèvements du domaine terrestre

Les 138 prélèvements se répartissent en 23 boissons (8 eaux de boisson, 8 eaux de coco, 1 bière, 1 jus de fruit, 1 soda et 4 laits), 1 yaourt, 56 légumes (14 légumes-feuilles, 25 légumes-fruit et 17 légumes-racines), 39 fruits (dont le miel assimilé à un fruit), 8 viandes et œufs, 10 prélèvements complémentaires relatifs à des produits d'importation (1 bière, 1 lait, 3 viandes et 5 autres produits divers : pain, pâtes, riz et pomme de terre) et un échantillon de maïs (complément alimentaire pour la nourriture de vaches laitières).

¹ Ce poisson migrateur est placé en poisson pélagique bien qu'il soit pêché en Polynésie près des passes.

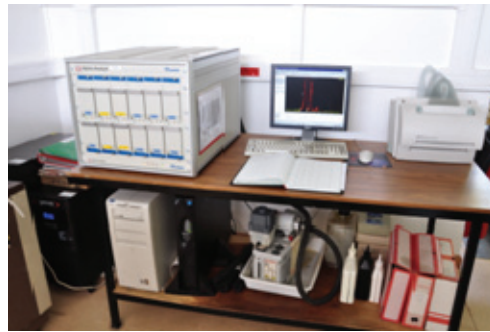
3 NIVEAUX DE RADIOACTIVITE ET EVOLUTION

Toutes les mesures de radioactivité ont été réalisées en Polynésie par le LESE, excepté les 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}Sr .



spectrométrie γ
(^{137}Cs , ^{60}Co ,...)



spectrométrie α
(^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$)



comptage proportionnel
(^{90}Sr)

3.1 MILIEU PHYSIQUE

3.1.1 RADIOACTIVITE DE L'AIR

Les prélèvements d'aérosols sont réalisés en continu sur un filtre (photo du haut) placé à l'intérieur d'une station à grand débit de pompage par aspiration (environ $300 \text{ m}^3/\text{h}$), photo du bas.

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.

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 document Annexe.



Tableau 1 : Activités moyennes annuelles ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) de 2008 à 2010 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 (91)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
^{137}Cs	< 0,15	0,08 ± 0,04	0,08 ± 0,04	0,20 ± 0,05	0,15 ± 0,07	0,15 ± 0,06
^7Be	4480 ± 1370	3970 ± 1180	2990 ± 930	3700 ± 1000	3680 ± 1060	3550 ± 990
^{22}Na	0,37 ± 0,19	0,46 ± 0,20	0,26 ± 0,11	0,42 ± 0,18	0,46 ± 0,18	0,44 ± 0,17
^{40}K	11,3 ± 4,5	8,1 ± 3,1	8,0 ± 2,6	4,9 ± 2,0	6,2 ± 2,2	5,4 ± 2,1
^{210}Pb	117 ± 38	121 ± 36	78 ± 25	380 ± 110	380 ± 110	350 ± 100

Le seul radionucléide artificiel encore détectable est le ^{137}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 2008-2010. Il faut aussi souligner que les niveaux mesurés sont plus faibles en Polynésie qu'en métropole du fait des retombées atmosphériques dues aux essais nucléaires, moins importantes dans l'hémisphère sud.

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

Les figures suivantes montrent l'évolution de l'activité du césium 137 dans l'air à Tahiti et Orsay au cours des quarante dernières années. Globalement les concentrations ont décliné d'un facteur environ 1000.

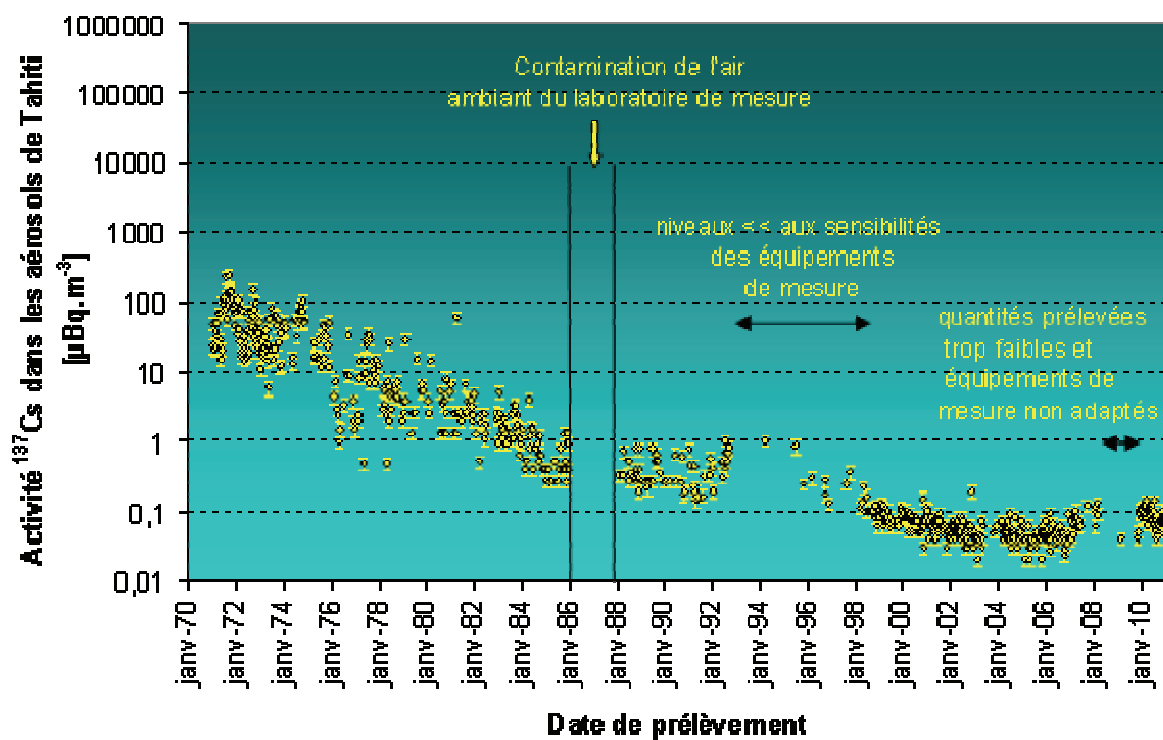


Figure 3 : Activité ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) en ^{137}Cs dans les aérosols prélevés à Tahiti de janvier 1971 à décembre 2010

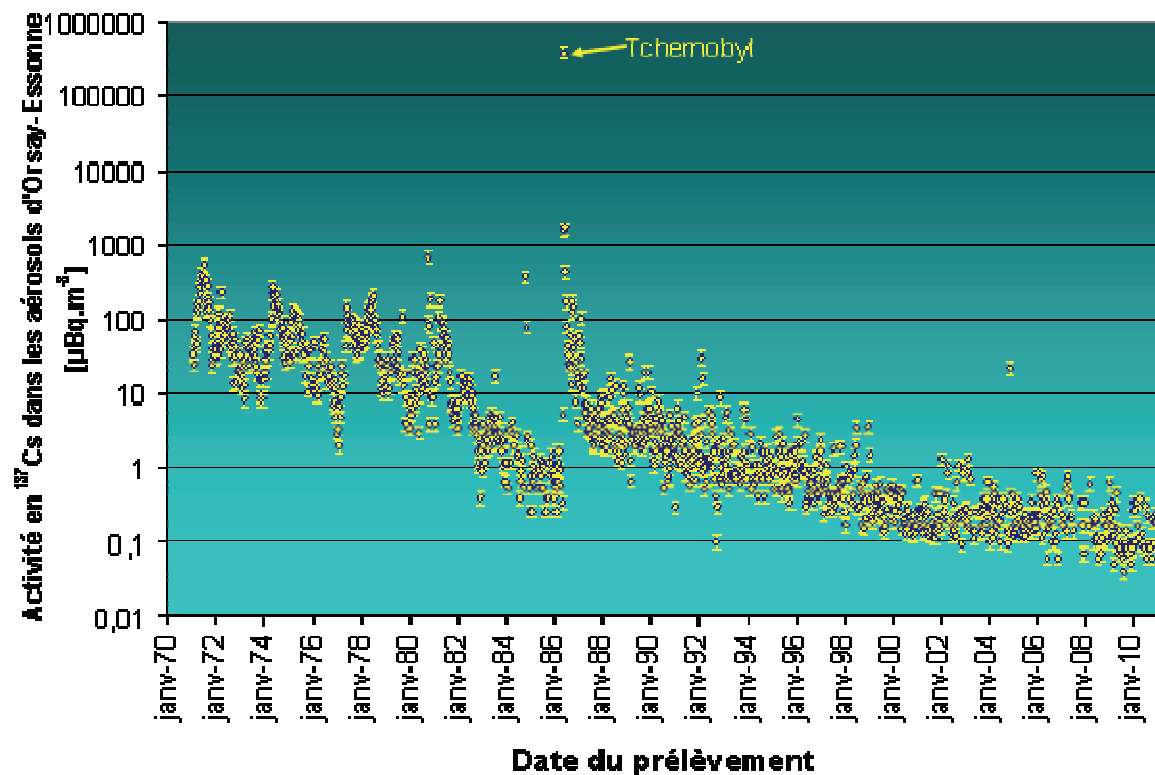


Figure 4 : Activité ($\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) en ^{137}Cs dans les aérosols prélevés à Orsay (Essonne) de janvier 1971 à décembre 2010

3.1.2 RADIOACTIVITE DE L'EAU

Un prélèvement de 119 L d'eau de mer a été effectué en 2010 au sud de Tahiti (à Vairao), dans le lagon à 1,5 m de profondeur. La valeur de $1,35 \pm 0,10$ mBq.L⁻¹ mesurée pour le ¹³⁷Cs (tableau AI-3), 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).

Le ¹³⁷Cs, radionucléide artificiel, n'a pas été détecté dans les prélèvements d'eau douce (eaux de pluie et de source collectées à Tahiti (Tableau AI-3) et eaux de boissons (Tableaux Annexe II) collectées à Tubuai, Mangareva, Hiva Oa, Maupiti et Hao). Tous les résultats sont inférieurs aux limites de détection (LD). Seul le ⁴⁰K, dont l'origine est naturelle, est détecté dans ces échantillons.

L'analyse de l'eau de rivière collectée en 2010 sur la presqu'île a permis de détecter la présence de ¹³⁷Cs à une concentration très faible de $0,07 \pm 0,02$ mBq.L⁻¹, identique au résultat obtenu en 2009 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 (Papeenoo).

Seul le ⁴⁰K, dont l'origine est naturelle, est systématiquement détecté dans ces échantillons.

3.1.3 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.

Les résultats de spectrométrie gamma concernent 17 prélèvements de sédiments marins lagunaires de Tahiti, Maupiti, Tubuai, Hao, Mangareva (Gambier) et Rangiroa, et de sédiments océaniques d'Hiva Oa et Rangiroa. Pour les radionucléides d'origine artificielle (Tableau AI-4), seul le ¹³⁷Cs a été détecté en quatre lieux, à Tahiti (port de Papeete et sable noir de Vairao), à Tubuai et au Gambier à des niveaux d'activité bas ($< 0,25$ Bq.kg⁻¹ sec). Les 13 autres résultats sont exprimés en limite de détection (points roses de la figure 5).

La comparaison des résultats de Polynésie avec les résultats des sédiments marins prélevés sur les plages de l'Atlantique et de la Manche en métropole durant l'année 2009 [1] 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.

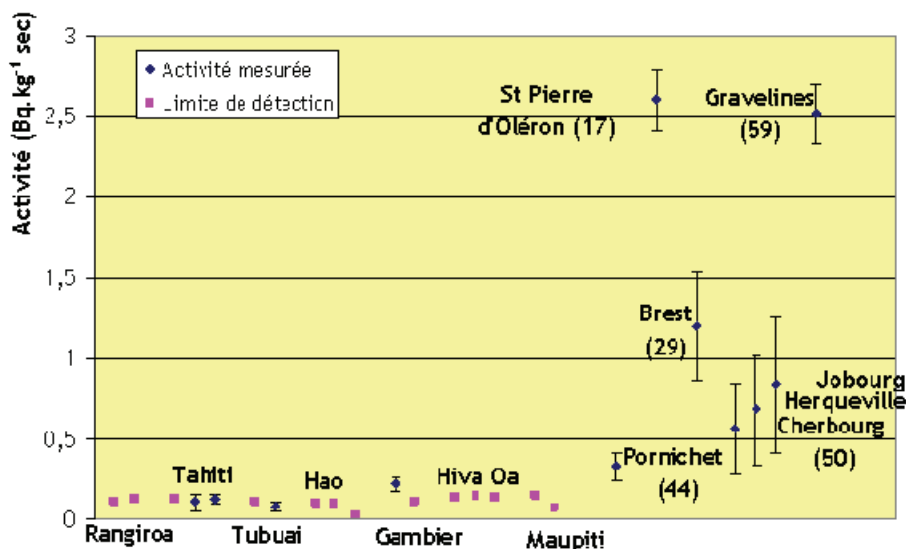


Figure 5 : Activité de ¹³⁷Cs dans les sédiments marins en Polynésie française (Rangiroa, Tahiti, Hao, Gambier, Hiva Oa, Maupiti) et en métropole (Pornichet, St Pierre d'Oléron, Brest, Jobourg, Herqueville, Cherbourg et Gravelines).

3.2 MILIEU BIOLOGIQUE

Les analyses réalisées sur les échantillons biologiques, essentiellement représentés par des denrées alimentaires, portent sur la partie comestible. Les 200 prélèvements de 2010 ont été mesurés par spectrométrie γ . 26 échantillons (8 collectés en 2010 et 18 collectés en 2009*) ont fait l'objet d'une radiochimie, suivie d'une spectrométrie α pour doser les isotopes du plutonium. 58 échantillons (20 collectés en 2010 et 38 collectés en 2009*) ont fait l'objet d'une radiochimie, suivie d'une mesure β pour doser le ^{90}Sr .

3.2.1 MILIEU MARIN

Poissons de haute mer



En 2010, 11 prélèvements (photo ci-contre : mahi mahi pêchés au large de Tahiti), provenant des cinq archipels, ont été analysés en spectrométrie γ . Les résultats obtenus sont détaillés par île dans le rapport 2011-41 disponible sur le site irsn.org

Les valeurs de ^{137}Cs sont équivalentes aux valeurs observées ces dernières années et les niveaux résiduels restent assez homogènes, 0,01 à 0,2 Bq.kg⁻¹ frais, sur l'ensemble des zones de pêches. Le maximum, 0,44 Bq.kg⁻¹ frais, est obtenu pour un échantillon de thon blanc en provenance de Hao.

Pour les autres radionucléides d'origine artificielle émetteurs gamma comme le ^{60}Co , les émetteurs alpha, ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$ (3 échantillons analysés) et ^{90}Sr (1 échantillon analysé), les résultats sont inférieurs aux limites de détection.

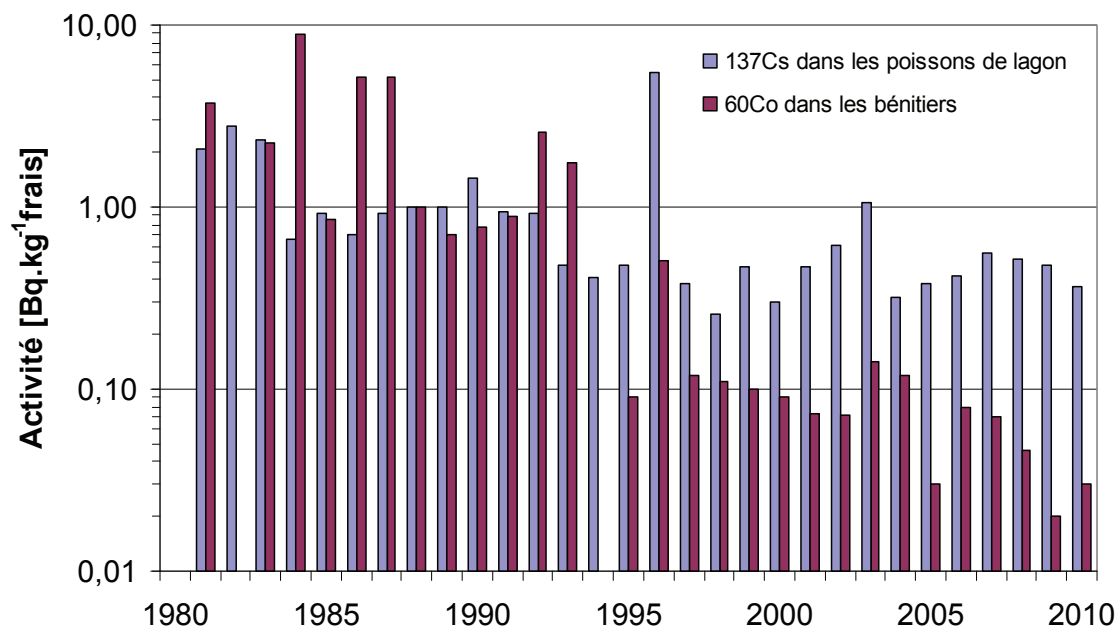
* Ces échantillons n'avaient pu être mesurés auparavant en raison d'un souci d'appareillage.

FOCUS

Depuis 30 ans, la diminution de la concentration de ^{137}Cs et de ^{60}Co dans les produits de lagon est imputable à leurs périodes radioactives

La diminution rapide de la concentration du ^{60}Co dans l'environnement est illustrée avec les valeurs maximales annuelles (toutes îles confondues) observées dans les bénitiers (photo ci-contre) depuis 1980. C'est la période radioactive (diminution de la moitié de la concentration tous les 5,3 ans) qui est à l'origine de cette observation.

La diminution lente de la concentration du ^{137}Cs dans les poissons de lagon, valeurs maximales toutes espèces confondues (le plus souvent les mérours), est à relier à sa période radioactive ($T=30$ ans) beaucoup plus grande que celle du ^{60}Co .



Poissons et autres produits marins de lagon



37 prélèvements ont été réalisés en 2010, 19 poissons et 18 autres produits (en particulier des mollusques). Tous ont été mesurés par spectrométrie γ , 3 d'entre eux et 9 prélèvements de 2009 ont fait l'objet d'une analyse en vue de la recherche du plutonium. Les résultats d'activité sont présentés dans le rapport 2011-41 disponible sur le site irsn.org

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

- 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 des phénomènes de rétention active du ^{137}Cs , analogue chimique du potassium, dans les muscles de poissons.

Les valeurs sont toujours plus élevées dans la chair de mérou que dans les autres espèces (Cf. Focus). Les valeurs les plus fortes ont été observées dans des mérous à Tubuai ($0,37 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais) et au Gambier ($0,26 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais).

- Le ^{60}Co est très rarement quantifié ces dernières années dans les échantillons analysés. Les seules quantifications concernent les bénitiers qui en filtrant l'eau de mer concentrent ce radionucléide. Trois échantillons provenant de Tubuai, Hao et Rangiroa, sur 10 prélèvements effectués en 2010, ont des valeurs significatives inférieures à $0,03 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais.
- Les ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$ ont été mesurés dans 6 des 7 bénitiers analysés. Une trace de $^{239+240}\text{Pu}$ a été quantifiée dans 1 des 5 poissons prélevé à Rangiroa, la valeur en ^{238}Pu est en limite de détection. Ces radionucléides ont été systématiquement détectés dans les 5 échantillons de nacres placés dans la rade de Papeete et dans le lagon de Vairao (Tableau AII-9) dans le cadre de l'étude sur les polluants dans les lagons [2].
- Le ^{90}Sr a été quantifié, à une valeur proche de la limite de détection, dans un seul des 12 bénitiers analysés. Les valeurs des 8 poissons mesurés sont toujours des limites de détection.

3.2.2 MILIEU TERRESTRE

Lait de vache

Les activités en ^{137}Cs et ^{60}Co ont été mesurées dans 4 échantillons de lait provenant du plateau de Taravao à Tahiti et dans 1 échantillon de lait UHT $\frac{1}{2}$ écrémé importé. Les résultats sont détaillés dans le rapport 2011-41 disponible sur le site irsn.org. Les 2 mesures de ^{90}Sr réalisées dans le lait donnent des résultats en limite de détection.

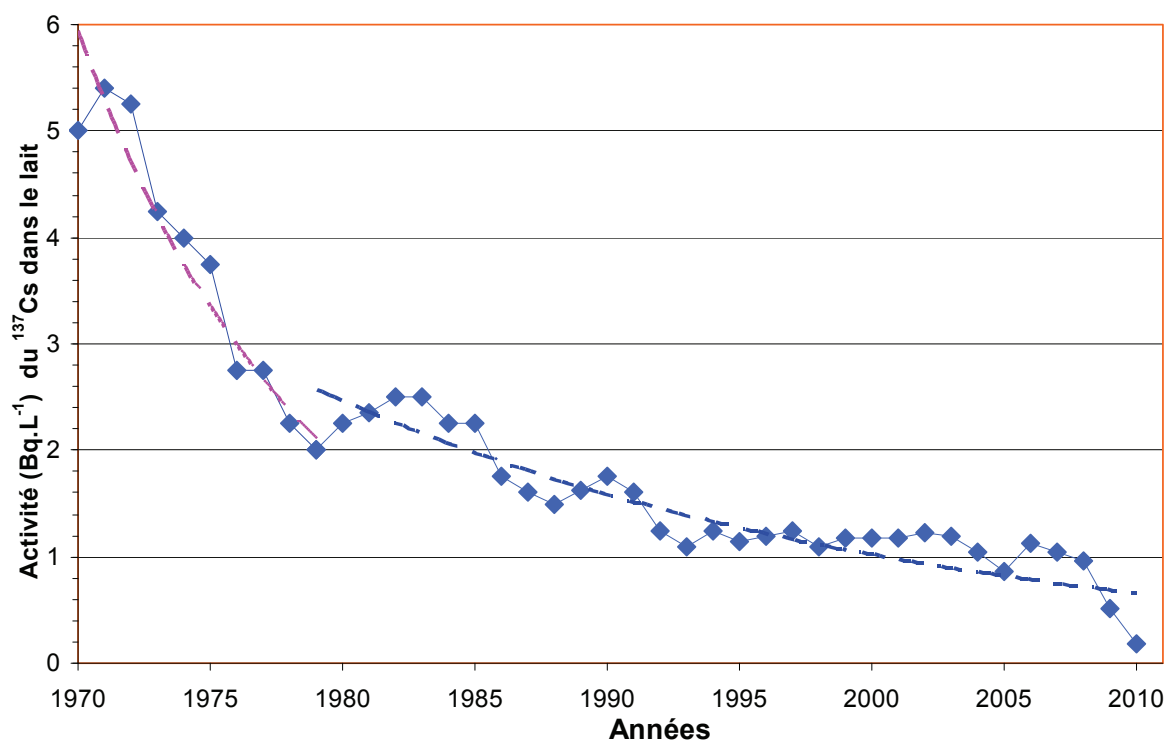


Figure 6 : Evolution depuis 1970 de l'activité en ¹³⁷Cs du lait provenant des vaches du plateau de Taravao

Comme dans les années passées, les résultats en ¹³⁷Cs sont toujours supérieurs à la limite de détection (LD) alors qu'ils sont tous inférieurs à la LD en ⁶⁰Co. Ces activités en ¹³⁷Cs sont comparables aux valeurs observées en Nouvelle-Zélande en 2007 [3].

Depuis la fin des années 1970 à nos jours, on observe une décroissance de la radioactivité dans le lait (pente pointillée bleue) bien plus lente que celle observée au début des années 1970 (pente pointillée rose) pendant la période des tirs atmosphériques et les quelques années qui ont suivi. Pendant les années 70, les niveaux de concentration du ¹³⁷Cs dans le lait sont liés à l'importance des retombées atmosphériques et aux phénomènes de diffusion/dispersion dans les sols. Depuis la fin des années 1970, l'évolution de la concentration dans le lait est principalement le fait de la décroissance radioactive de ¹³⁷Cs (30 ans).

Autres prélèvements d'origine terrestre



En 2010, 127 prélèvements de denrées d'origines locale et régionale provenant des cinq archipels, ont été réalisés : 19 boissons (hors lait), 1 yaourt, 56 légumes, 39 fruits et 8 viandes, auxquels il convient d'ajouter 10 prélèvements de produits importés (hors lait) et 1 complément alimentaire pour le bétail (maïs).

Les résultats des analyses par spectrométrie γ , alpha pour le Pu et bêta pour le ⁹⁰Sr sont présentés dans le rapport 2011-41 disponible sur le site irsn.org

- Plus de la moitié des analyses permettent encore de quantifier des traces en ¹³⁷Cs mais les concentrations sont de plus en plus faibles : 2 mesures, réalisées sur la papaye, donnent des valeurs supérieures à 1 Bq.kg⁻¹ frais (2 en 2009, 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 ⁶⁰Co n'est jamais quantifié dans ces échantillons du domaine terrestre ;

- Les 11 (5 échantillons prélevés en 2010 et 6 en 2009) résultats de ^{238}Pu et de $^{239+240}\text{Pu}$ sont inférieurs à la LD.
- Le ^{90}Sr a été quantifié pour 9 échantillons parmi les 36 mesures réalisées, avec une valeur maximum de 0,04 Bq/kg frais obtenue dans la papaye collectée à Tahiti.

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, modifié par le règlement n° 2218/89 du conseil du 18 juillet 1989, sont indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 6 : Niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination radioactive pour les denrées alimentaires

Radionucléides	Niveaux maximaux admissibles en Bq.kg ⁻¹			
	Aliments pour nourrissons	Produits laitiers	Autres denrées	Liquides
^{137}Cs ou ^{60}Co	400	1 000	1 250	1 000
Plutonium et émetteurs alpha	1	20	80	20

Ces valeurs de NMA ont été revues en avril 2011 suite à l'accident de Fukushima (Cf. tableau 7 du chapitre V) mais cela ne change en rien les conclusions.

4 SITUATION RADIOLOGIQUE DE LA POLYNESIE FRANCAISE EN 2010

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, ce qui conduit à surévaluer la dose associée.

Les coefficients de dose par unité d'activité inhalée pris en compte sont ceux recommandés par la CIPR 71 [5]. Les coefficients de dose par unité d'activité ingérée pris en compte sont ceux de la CIPR 67 [6].

L'ensemble des résultats bruts est détaillé dans les tableaux de l'annexe IV. 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.

4.1 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 ¹³⁷Cs (seul radionucléide artificiel 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 ¹³⁷Cs dans des sols prélevés en 2000 à Faa'a pour l'île de Tahiti, et en 2005-2006 pour les autres îles [7].

4.2 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 $10^{-5} \mu\text{Sv}/\text{an}$, 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.

4.3 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 [8] 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, ont été mesurés en 2010. Pour les produits locaux, 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. Cette approche conduit à des résultats représentatifs des habitudes alimentaires de la Polynésie.

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. Afin de limiter cet effet, les quantités prélevées sont toujours plus importantes (plusieurs kilogrammes). De plus, les analyses de la radioactivité de ces échantillons sont améliorées (durée de mesure plus longue) afin de diminuer les limites de détection.

Les figures 7 (pour les adultes) et 8 (pour les enfants) montrent que les contributions à la dose des produits locaux et importés par île de 2008 à 2009 ont diminué par rapport aux valeurs obtenues les deux années précédentes. Néanmoins, ce constat ne traduit pas une tendance évolutive de la radioactivité dans l'environnement, mais reflète principalement la variabilité des concentrations qui peuvent être mesurées dans certaines denrées et principalement 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}Cs et ^{60}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.

En 2010, les valeurs augmentent légèrement pour toutes les îles (sauf Hao et Rangiroa) où la viande de bœuf provenant de Tahiti est incluse dans la ration alimentaire. En effet la valeur mesurée en ^{137}Cs est 10 fois plus élevée en 2010 qu'en 2009 (8,8 et 0,9 Bq/kg frais). Cette variabilité dans le bœuf (Cf. Focus) a été souvent observée d'une année sur l'autre mais son effet sur la dose est aujourd'hui très prononcé car les contributions à la dose ingestion des autres produits sont de plus en plus faibles (voir focus plus loin).

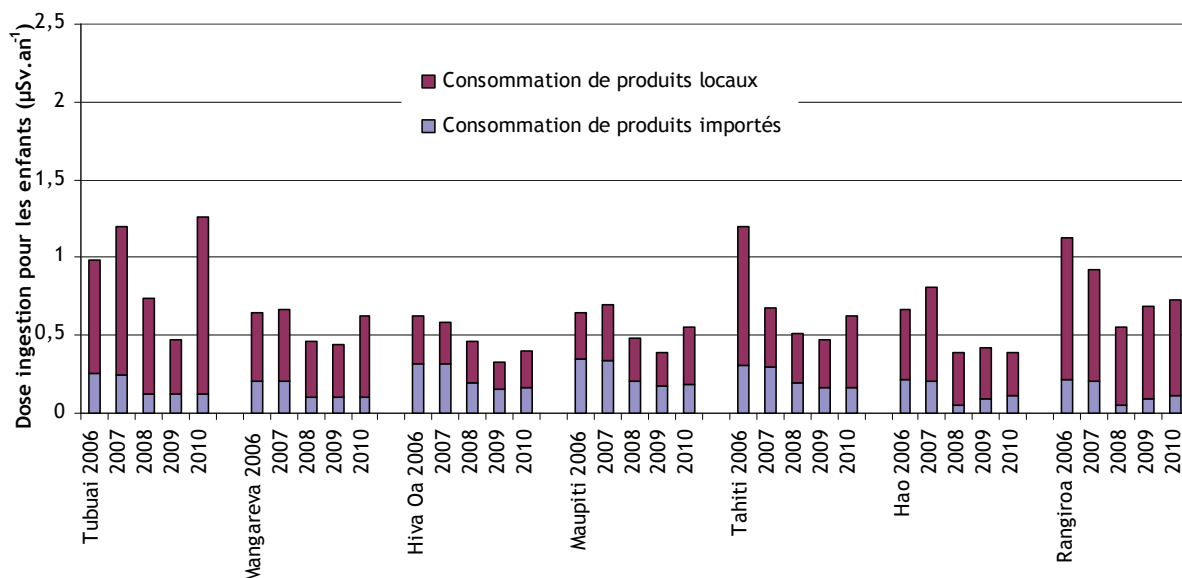


Figure 7 : Doses ingestion ajoutées de 2006 à 2010 pour les adultes suite à la consommation de produits locaux et importés dans les différentes îles

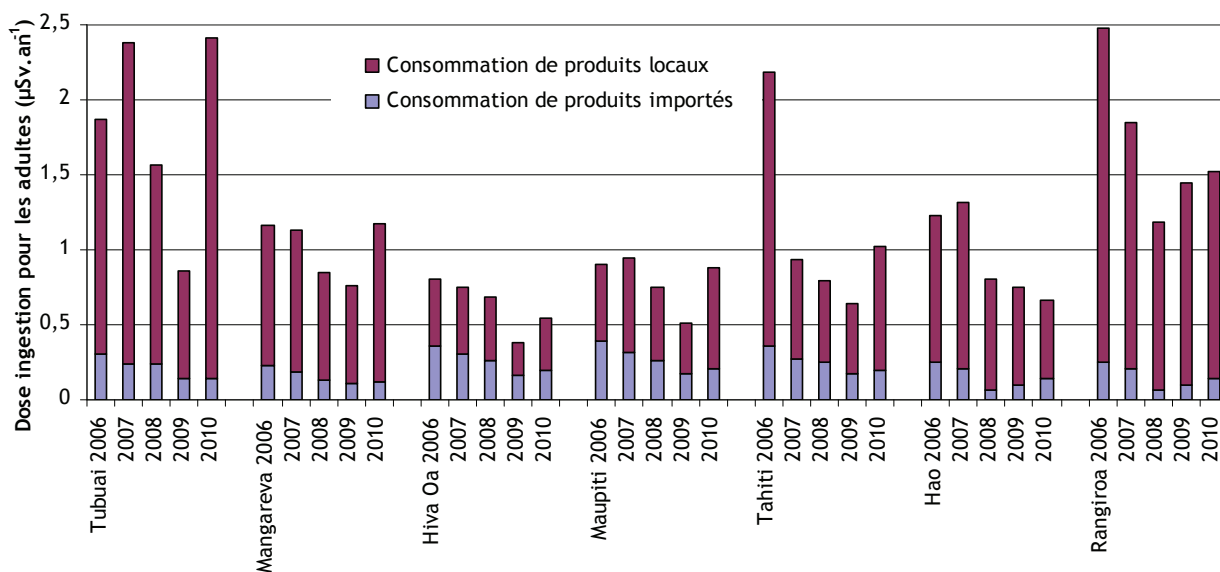


Figure 8 : Doses ingestion ajoutées de 2006 à 2010 pour les enfants suite à la consommation de produits locaux et importés dans les différentes îles

Par ailleurs, les différences de contribution à la dose des denrées d'origine locale ou importées ne sont généralement pas 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. C'est le cas à Rangiroa et Hao en 2010.

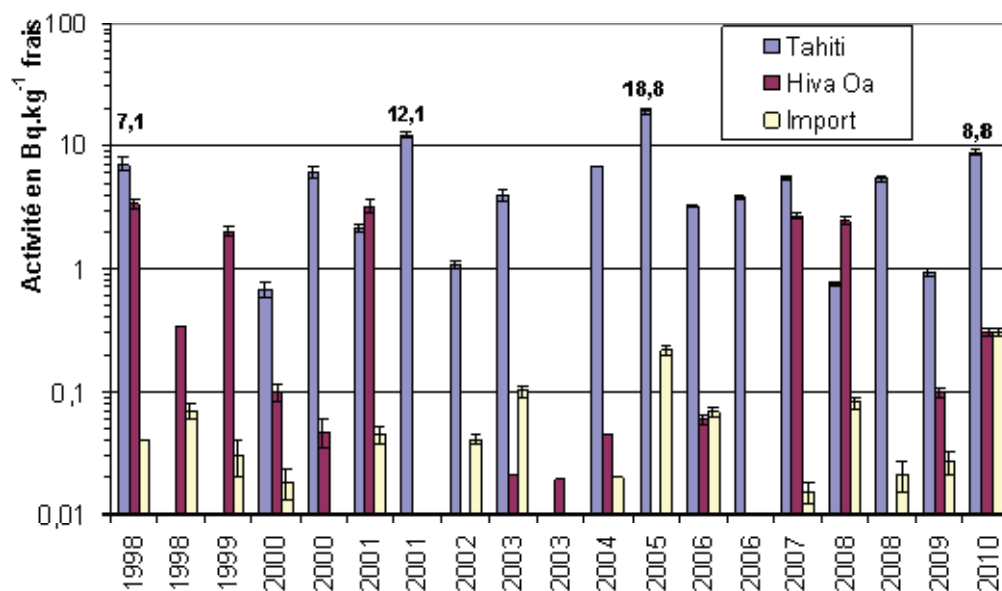
FOCUS

Variabilité de la teneur en ^{137}Cs d'une année à l'autre dans la viande de bœuf consommée en Polynésie et influence sur la dose annuelle liée à l'alimentation

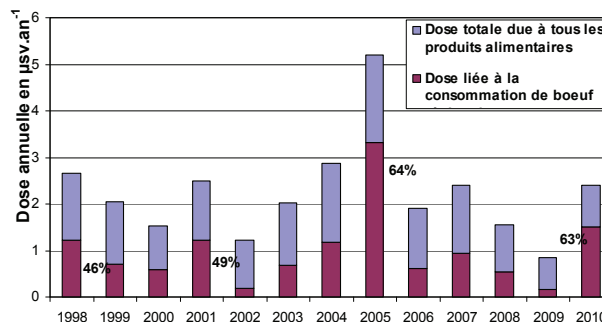
La viande de bœuf mesurée provient soit de l'importation (Nouvelle-Zélande principalement), soit de l'élevage local (Tahiti, principalement au plateau de Taravao) en élevage industriel ou pour certaines îles, comme Hiva Oa, d'un élevage privé. Dans ce dernier cas, la consommation est localisée à l'île. Les viandes importées et celles produites à Tahiti sont exportées sur l'ensemble des autres îles

Les résultats en ^{137}Cs des mesures réalisées depuis 1998 pour ces viandes sont regroupés sur le graphique ci-dessous. On peut constater la variabilité des résultats d'une année sur l'autre, quelle que soit la provenance et même dans le cours de l'année lorsque nous avons réalisé 2 prélèvements (répétition de l'année en abscisse) comme en 2008 par exemple. Cette année-là les 2 valeurs pour la viande de Tahiti sont 0,75 puis 5,5 Bq.kg^{-1} frais en ^{137}Cs .

Avec des valeurs plus faibles, on observe le même type de variation pour la viande importée ; la même année 2008 on mesure 0,082 puis 0,021 Bq.kg^{-1} frais (barres jaunes). Le même constat est fait pour la viande de Hiva Oa.



Cette variation de l'activité en ^{137}Cs , particulièrement pour la viande de Tahiti très consommée à Tubuai, induit une forte variation dans la dose annuelle due à l'alimentation. Sur le graphique ci-contre est indiquée pour chaque année la dose apportée par les 12,2 kg de viande consommée (en bleu) et celle consécutive à la consommation annuelle de 1256 kg correspondant à tous les autres produits y compris les boissons (en rouge foncé).



Les activités plus élevées en ^{137}Cs en 1998, 2001, 2005 et 2010 se soldent par un pourcentage élevé (46, 49, 64 et 63 %) de la dose provenant de la consommation du bœuf par rapport à la dose provenant de l'ensemble de tous les autres produits.

Ainsi la variation de la dose annuelle à Tubuai provient en grande partie de la seule variation de l'activité en ^{137}Cs dans la viande de bœuf fournie par Tahiti.

4.4 DOSE EFFICACE 2010

En 2010, les doses estimées, engendrées par la consommation de produits polynésiens sont comprises entre 0,34 et 2,3 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ (Hiva Oa et Tubuai) pour les adultes, entre 0,24 et 1,13 $\mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour les enfants dans les mêmes îles.



Séchage du coprah dans les Tuamotu

En 2010, comme les années précédentes, ce sont les mêmes denrées qui contribuent principalement à la dose des adultes :

- la viande de bœuf de Tahiti ($0,10 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), consommée aussi, mais en plus grandes quantités, à Maupiti ($0,16 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) à Mangareva ($0,62 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Tubuai ($0,72 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- la viande de porc de Tahiti ($0,38 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- le coprah à Rangiroa ($0,26 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) ;
- les poissons de lagon à Rangiroa ($0,15 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$) et à Hao ($0,13 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$), parce qu'avec 85,5 kg par an ce produit est consommé 4 à 10 fois plus que dans les autres îles ;
- le chou de Hiva oa ($0,11 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$).

Depuis 5 ans, aucune denrée ne contribue à une dose ajoutée d'origine artificielle supérieure à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$, alors que des valeurs supérieures à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ avaient encore été observées pour 2 prélèvements en 2006 ($1,3 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ lié à la consommation d'ananas par les adultes à Tahiti et $1,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{an}^{-1}$ pour la consommation de coprah à Rangiroa).

5 PLAN DE SURVEILLANCE RENFORCEE DE LA POLYNESIE FRANCAISE ET DE LA NOUVELLE-CALEDONIE POUR LE SUIVI DE L'IMPACT POTENTIEL DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA

5.1 INTRODUCTION

L'IRSN a été fortement sollicité par les médias pour informer le public sur l'impact environnemental en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie de la radioactivité libérée lors de l'accident de Fukushima localisé dans la zone pacifique. Dès le 12 mars, une surveillance spécifique pour mesurer une éventuelle contamination atmosphérique a été mise en œuvre.

5.2 SURVEILLANCE DE L'AIR ET DES DENREES

En complément d'une balise Téléray de mesure des émetteurs gamma en temps réel dans l'air déjà implantée sur le site de Vairao, une seconde balise a été installée au centre ville de Papeete (photo ci-dessous à gauche).

Une balise identique a été installée à Nouméa en Nouvelle-Calédonie. 206 balises de ce type sont opérationnelles dans les territoires métropolitain et outre-mer à fin 2011. Elles constituent le réseau d'alerte radiologique de l'IRSN. Les mesures de débit de dose en continu sont centralisées et supervisées au Vésinet en région parisienne. Les moyennes journalières sont consultables sur le site internet sws.irsn.fr.



Les prélèvements d'aérosols collectés tous les 5 jours ont été mesurés dès la fin de collecte à Vairao pour évaluer la moindre trace de radioactivité dans l'atmosphère. Ces mesures ont été complétées par des mesures sur les eaux de pluie.

Afin de détecter un possible impact de l'iode 131 dans les denrées, des prélèvements d'herbe et de lait de vache ont été réalisés avec une fréquence hebdomadaire en Polynésie et tous les quinze jours en Nouvelle-Calédonie.

Photo ci-dessus à droite : prélèvement d'herbe de prairie près de La Foa en Nouvelle-Calédonie avec le concours de nos collègues de l'IAC - Institut agronomique de Calédonie.

5.3 GENERALITES SUR LES RESULTATS OBSERVES

Aucune trace des radionucléides rejetés dans l'atmosphère par les réacteurs accidentés de Fukushima n'a pu être décelée par nos analyses en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie. Tous les résultats de mesure de l'iode 131 se sont révélés en-dessous de la limite de détection des instruments de mesure utilisés. Les faibles échanges entre les masses d'air des deux hémisphères sont à l'origine de l'absence d'impact mesurable en Polynésie comme en Nouvelle-Calédonie. Il en sera probablement de même dans le domaine marin qui ne devrait pas être directement impacté par les importants rejets liquides dans l'océan. A terme, la radioactivité pourrait être décelée en faible concentration dans certaines espèces de poissons pélagiques migrateurs. Les mesures sur les pêches hauturières vont être multipliées dans les mois à venir.

Dans le cadre des échanges commerciaux avec le Japon, une compagnie aérienne locale a demandé au LESE de contrôler la radioactivité des plateaux repas (photo ci-dessous), préparés au Japon, servis lors des vols retour vers la Polynésie. Ces contrôles ont été réalisés sur les vols hebdomadaires entre le 28 mars et le 30 mai. La concentration de 4 radionucléides, caractéristiques des rejets décelés dans l'atmosphère de l'hémisphère nord (^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs et ^{132}Te), ont été déterminées lors de la première analyse le 28 mars. Bien en deçà des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA), fixés à 2000 Bq/kg pour ^{131}I et à 500 Bq/kg pour les autres radionucléides observés (tableau 7), ces concentrations ont ensuite rapidement décru (courbes ci-après pour les ^{137}Cs et ^{131}I).



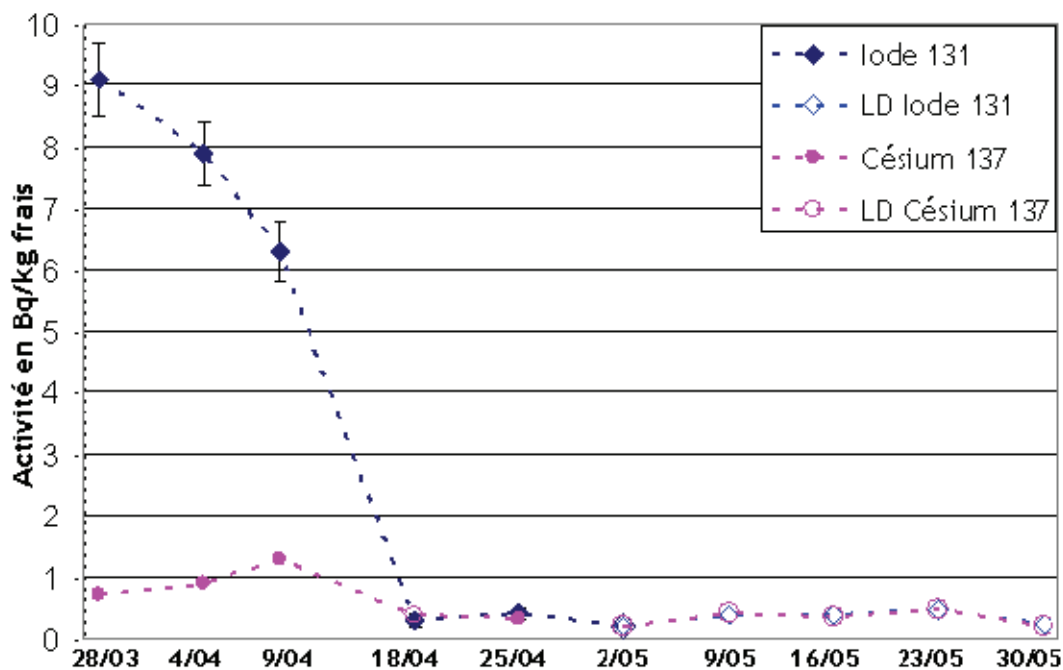


Figure 9 : Evolution des activités de ^{137}Cs et de ^{131}I dans les aliments des plateaux repas servis lors des vols arrivant à Tahiti en provenance du Japon entre le 28 mars et le 30 mai 2011

Les niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination radioactive pour l'importation de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux originaires ou en provenance du Japon à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima, fixés par le règlement d'exécution (UE) n° 351/2011 du 11 avril 2011 sont indiquées dans le tableau ci-après.

Tableau 7 : Niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive

	Niveaux maximaux admissibles en $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$			
	Aliments pour nourrissons	Produits laitiers	Autres denrées	Liquides
^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{132}Te	200	200	500	200
^{131}I	100	300	2000	300

5.4 COMMUNICATION AVEC LA POPULATION ET LES AUTORITES

Les besoins d'information du public ont donné lieu à des interviews et débats dans les différents organes de presse en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie.

Quatre conférences ont été réalisées auprès :

- Du personnel ATN, en relation avec les liaisons aériennes Papeete-Tokyo à l'aéroport de Faa'a le 17 mars ;
- Du personnel du COP (Centre IFREMER de Vairao) le 18 mars ;
- De la population de Tubuai (Australes) le 5 avril (photo ci-contre) ;
- De la population de Maupiti (Iles de la Société) le 18 avril.



A la demande du Haut-Commissariat de la Polynésie française, des réunions avec les différents acteurs de la sécurité alimentaire, de la santé, des douanes, de Météo-France... ont été organisées en mars et avril 2011, afin de suivre l'évolution de la situation et définir les meilleures mesures à prendre pour la protection des populations.

En Nouvelle-Calédonie, une réunion au Haut-Commissariat a été organisée le 23 mars avec l'ensemble des acteurs impliqués et le 24 mars avec le gouvernement, présidée par le Vice Président. Des arrêtés concernant l'importation des produits japonais ont été prononcés par le Gouvernement.



5.5 DETAILS DU PLAN DE SURVEILLANCE MIS EN ŒUVRE A PARTIR DU MOIS DE MARS 2011

Tableau 8 : Plan de surveillance en Polynésie française

POLYNESIE FRANCAISE			
Dispositif	Implantations	Fréquence	Collaboration
Sonde Téléray (mesure du débit de dose gamma ambiant)	- 1 sonde à Vairao - 1 sonde à Papeete depuis le 31 mars	Mesure en continu	Gendarmerie
Dosimètres passifs (thermoluminescents)	2 DTL déjà en place à Vairao et Papeete	Mesure en continu	
Dosimètres passifs (radio-photoluminescents)	6 RPL : - 2 DTL déjà en place à Vairao et Papeete - 2 placés à Papenoo (22 mars) et Afaahiti (18 mars) - 1 Rikitea Gambier (29 mars) - 1 Hiva Oa Marquises (4 avril)	Mesure en continu	Correspondants îliens (Gambier et Marquises)
Stations aérosols (filtration d'air à très grand débit d'aspiration)	1 station de prélèvement à Vairao (débit : 300 m ³ /h)	Aspiration continue sur filtre (changement du filtre tous les 5 jours) Mesure 24h à J+1	
Eaux de pluie	1 collecteur à Vairao	- Mensuelle en mars - Hebdomadaire en avril - Mensuelle à partir de mai	
Lait de vache	1 prélèvement de lait à Taravao sur troupeaux en pâturage (analysé en frais)	Hebdomadaire le mercredi	Ferme de Taravao
Végétaux (herbe)	1 prélèvement d'herbe de pâturage à Taravao (analysé en frais)	Hebdomadaire le mercredi	Ferme de Taravao

Tableau 9 : Plan de surveillance en Nouvelle-Calédonie

NOUVELLE-CALEDONIE			
Dispositif	Implantations	Fréquence	Collaboration
Sonde Téléray (mesure du débit de dose gamma ambiant)	1 sonde à Nouméa en action depuis le 24 mars	Mesure en continu	DIMENC
Dosimètres passifs (thermoluminescents)	1 RPL à Nouméa (IFREMER) depuis le 24 mars et 1 RPL à Kohné (DDEE) depuis le 4 avril	Mesure en continu	IFREMER
Eaux de pluie	1 prélèvement	Hebdomadaire si des traces de radioactivité sont détectées dans les aérosols à Vairao ou si la météo est défavorable	Correspondant local (IAC)
Lait de vache	1 prélèvement à La Foa sur troupeaux en pâturage (analysé en frais)	- Tous les 15 jours le mercredi depuis le 24 mars - Fréquence hebdomadaire (mercredi) déclenchée si des traces de radioactivité sont détectées dans les aérosols à Vairao ou si la météo est défavorable	Correspondant local (IAC)
Végétaux (herbe)	1 prélèvement d'herbe de pâturage à La Foa (analysé en frais)	- Tous les 15 jours le mercredi depuis le 24 mars - Fréquence hebdomadaire (mercredi) déclenchée si des traces de radioactivité sont détectées dans les aérosols à Vairao ou si la météo est défavorable	Correspondant local (IAC)

5.6 RESULTATS GRAPHIQUES DETAILLES

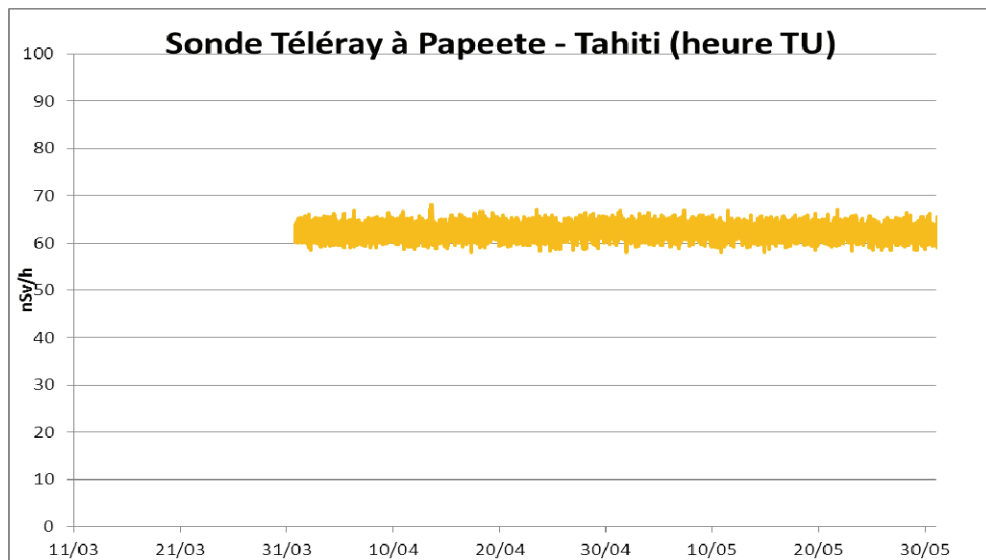


Figure 10 : Débit d'équivalent de dose mesuré dans l'air à Tahiti (Papeete)

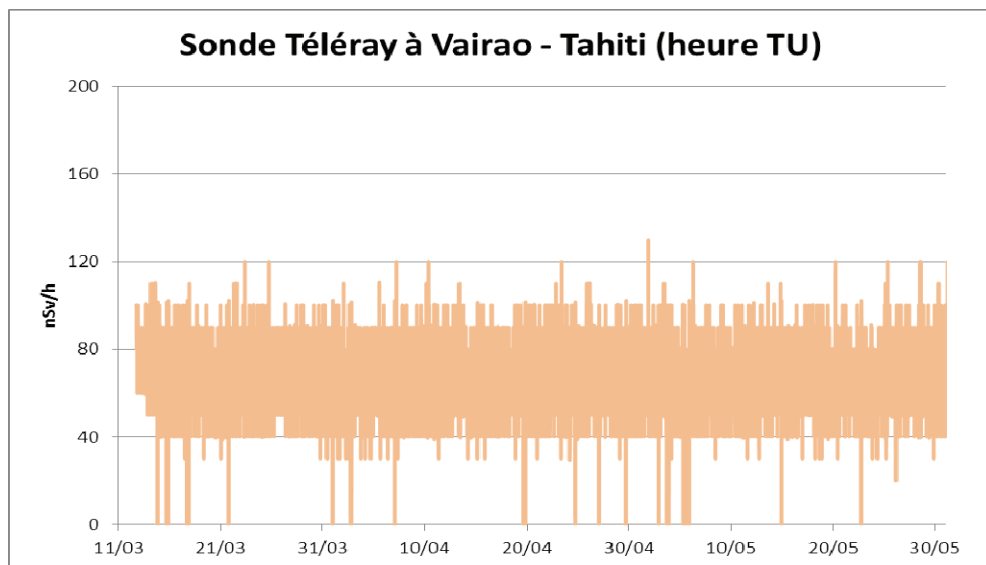


Figure 11 : Débit d'équivalent de dose mesuré dans l'air à Tahiti (Vairao)

Les deux graphiques présentés ci-dessus présentent une importante différence relative à la qualité du signal acquis par les sondes Téléray de Vairao et Papeete. Ceci reflète simplement le gain métrologique conséquent apporté par les nouvelles sondes mises en œuvre désormais dans le réseau Téléray, le graphique de Vairao représentant les données de la sonde d'ancienne génération (Geiger-Müller) et le graphique de la sonde de Papeete représentant les données d'une nouvelle sonde (compteur proportionnel). On estime un gain métrologique d'un facteur 10 environ du point de vue de la sensibilité de détection des nouvelles sondes.

Aucune élévation de la radioactivité gamma dans l'air n'est imputable à l'accident de Fukushima pendant la période d'observation.

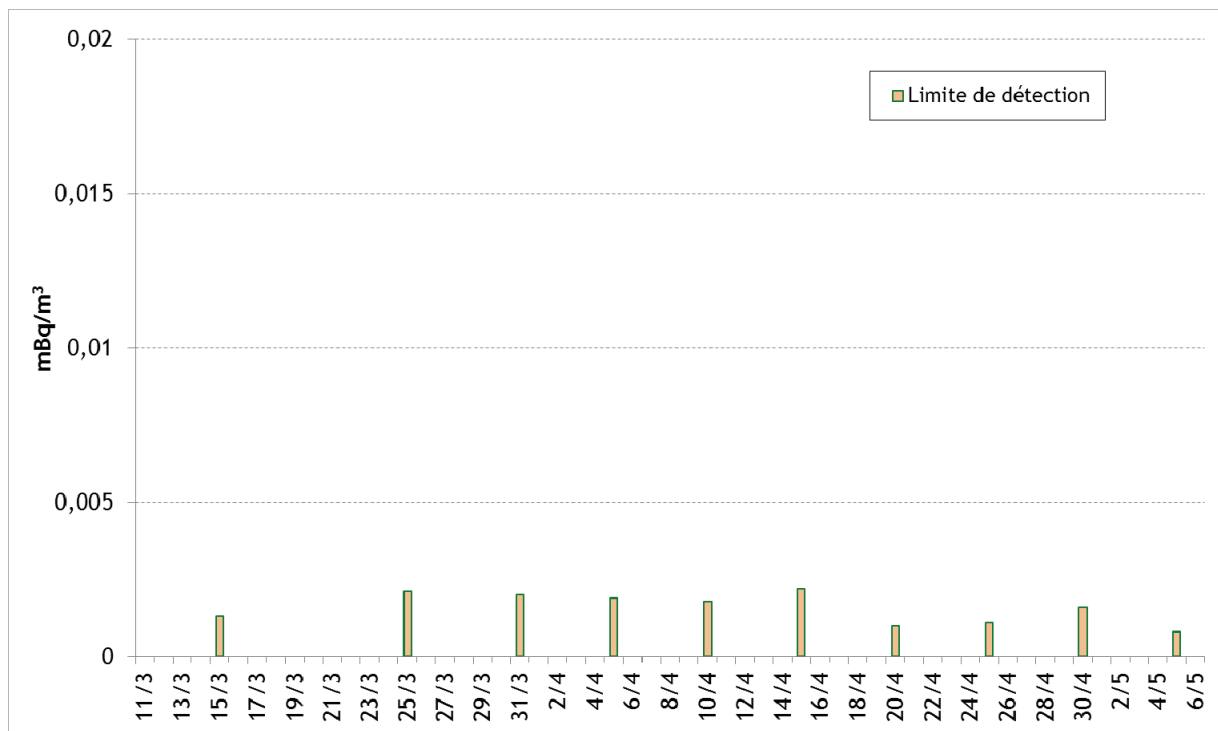


Figure 12 : Activités en iode 131 particulaire (mBq/m³) mesurées dans l'air à Tahiti

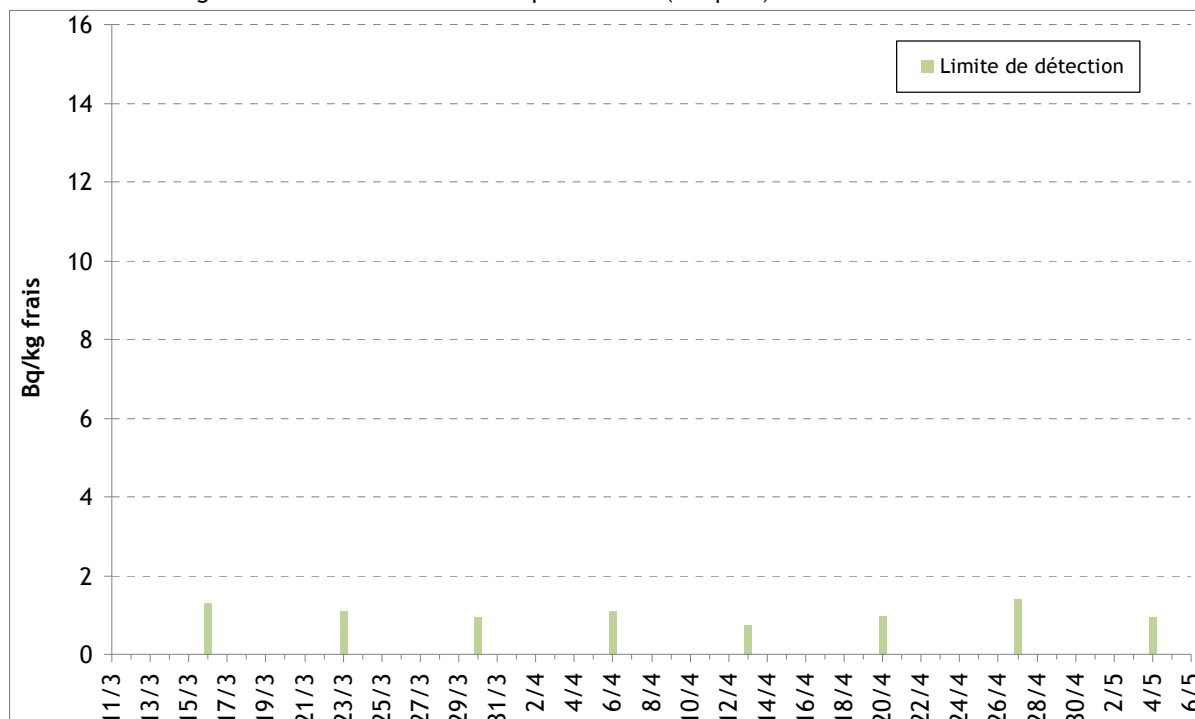


Figure 13 : Activités en iode 131 (Bq/kg frais) mesurées dans l'herbe à Tahiti

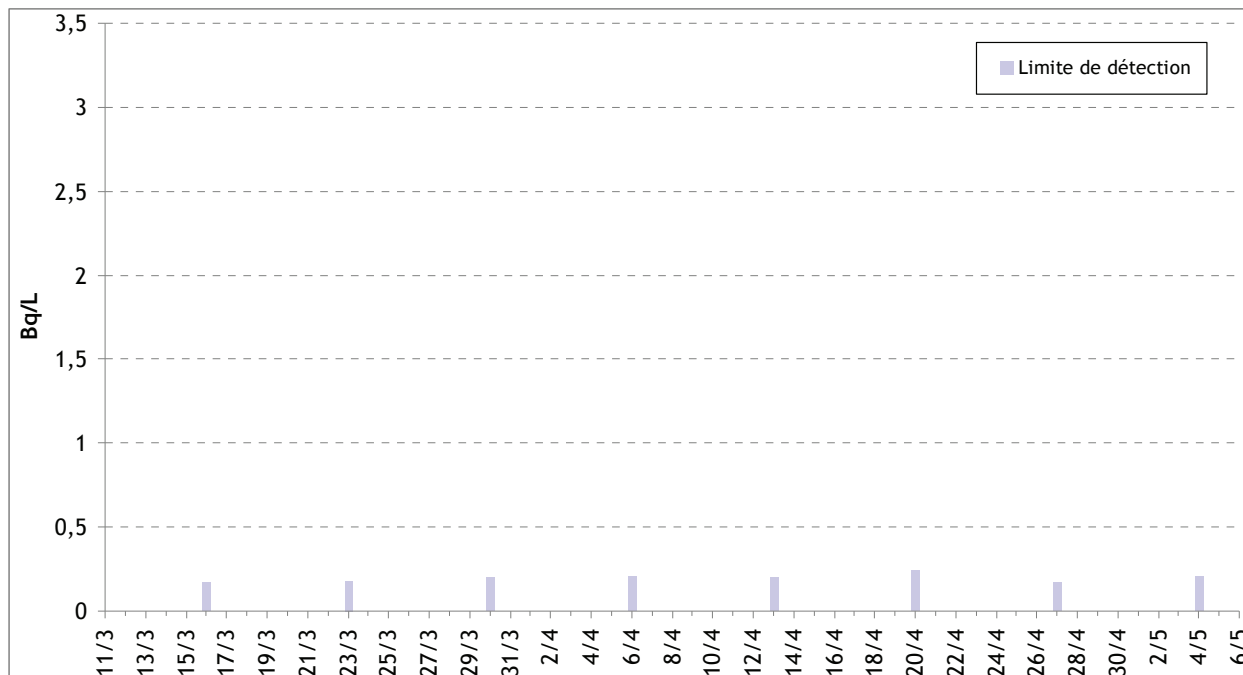


Figure 14 : Activités en iode 131 (Bq/kg frais) mesurées dans le lait à Tahiti

Malgré des limites de détection très basses, aucun des prélèvements d'aérosols sur filtres, d'herbe ou de lait n'a permis de mesurer d'iode 131 au cours des mois de mars et avril 2011 à Tahiti.

De la même façon les figures 15 à 17, relatives aux mesures sur des prélèvements effectués en Nouvelle-Calédonie, montrent une situation sans impact détectable de l'accident de Fukushima sur ce territoire.

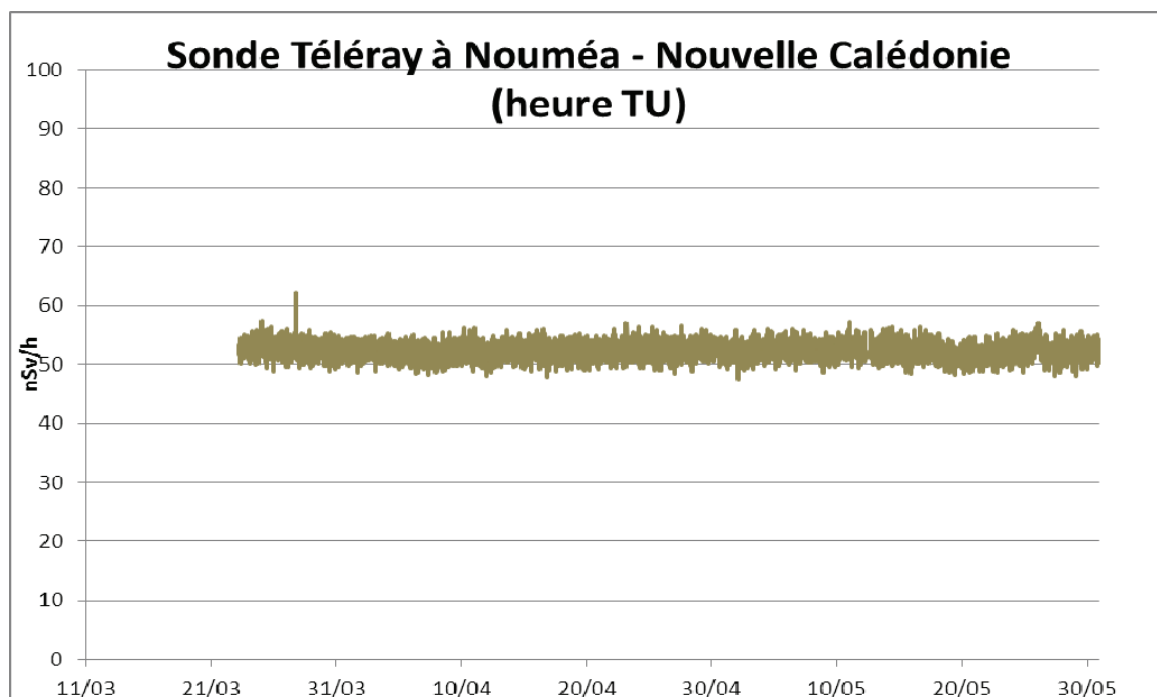


Figure 15 : Débit d'équivalent de dose mesuré dans l'air en Nouvelle-Calédonie

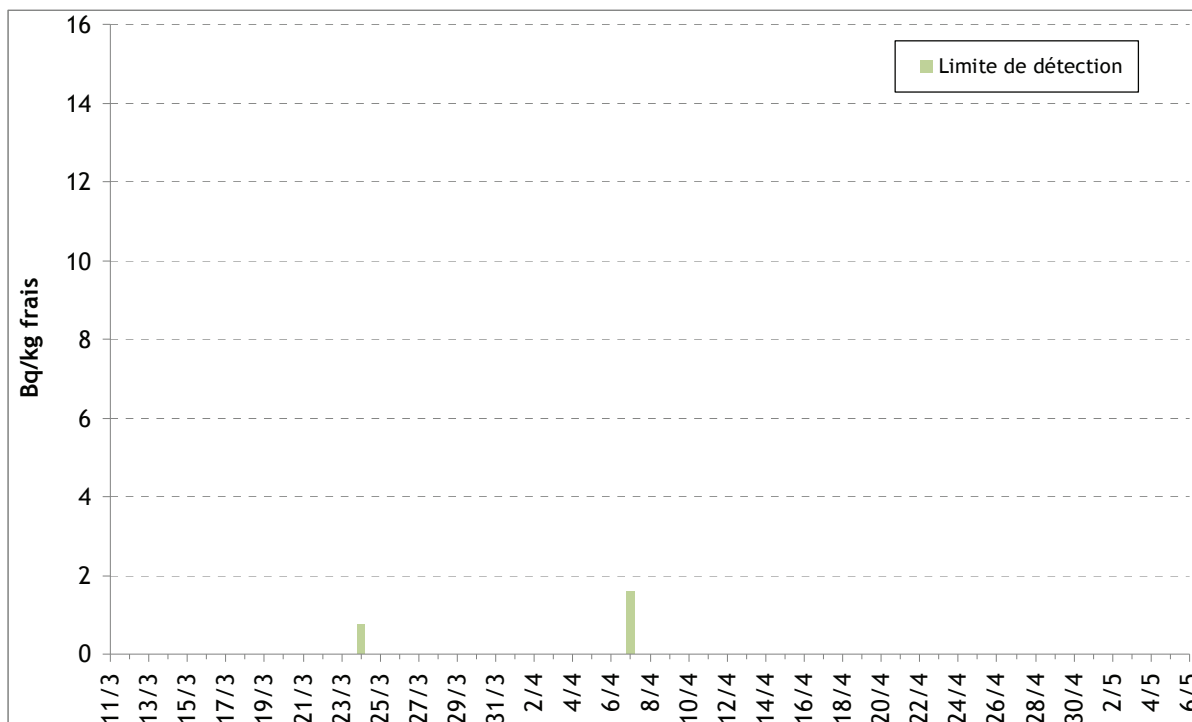


Figure 16 : Activités en iode 131 (Bq/kg frais) mesurées dans l'herbe en Nouvelle-Calédonie

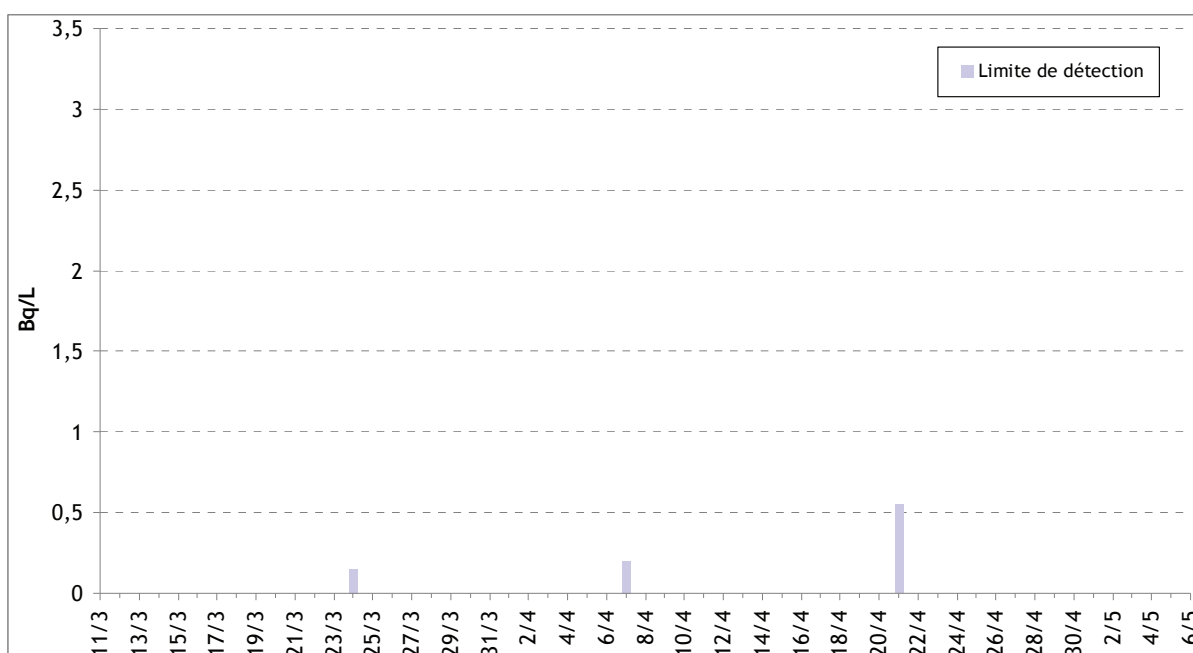


Figure 17 : Activités en Iode 131 (Bq/kg frais) mesurées dans le lait en Nouvelle-Calédonie

Les résultats des mesures des dosimètres environnementaux exposés entre le 15 mars et le 5 mai (période minimale indicative) sont fournis dans le tableau 10. Ils sont dans la gamme de variabilité naturelle de la dose ambiante sur le territoire français et ne mettent pas en évidence d'élévation anormale du niveau de dose gamma ambiant pendant la période.

Les doses mesurées par les dosimètres ont été reportées en débit de dose horaire, compte-tenu des périodes d'exposition sensiblement différentes d'un dosimètre à un autre. Cette dose moyenne, exprimée en nSv/h, permet de s'affranchir de la durée d'exposition exacte, néanmoins prise en compte dans le calcul.

Certaines valeurs peuvent être ponctuellement plus élevées que le débit de dose local moyen attendu, ceci s'expliquant par la nature du support sur lequel certains dosimètres ont pu être placés (matériaux de construction notamment).

Tableau 10 : Synthèse des résultats des mesures par dosimétrie RPL sur une période minimale allant du mois de mars au mois de mai 2011

Lieu	Département	Dose totale Période en mSv	Incertitude en mSv	Calcul de la dose horaire moyenne en nSv/h	Incertitude en nSv/h
NOUMEA	Nouvelle-Calédonie	0,375	Non calculé	203	Non calculé
AFAAHITI	Polynésie française	0,053	Non calculé	59	Non calculé
PAPENOO	Polynésie française	Non mesuré	Non calculé	Non mesuré	Non calculé
HIVA OA (Marquises)	Polynésie française	0,334	Non calculé	91	Non calculé

Certains dosimètres n'ont pas pu être rapatriés et probablement perdus lors du transit postal, d'autres n'ont pas été retournés à l'IRSN. Dans ce cas, la mention non mesuré est reportée dans le tableau.

6 CONCLUSION

En 2010, 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 ^{137}Cs et ^{60}Co , mesure des émetteurs α pour les isotopes du Pu et des émetteurs β pour le strontium-90), couvrent la quasi-totalité de la gamme des radionucléides d'origine artificielle susceptibles d'être décelés dans l'environnement étudié.

54 prélèvements ont été effectués pour le domaine physique (air, eaux et sédiments) et 200 pour le domaine biologique, constitués 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 2010 ne sont pas significativement différents de ceux obtenus en 2009. 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.

C'est le ^{137}Cs qui a été le plus souvent décelé. Les valeurs maximales obtenues en 2010 sont inférieures à $0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour les poissons (de haute mer et de lagon), 10 fois plus faibles pour les autres produits lagunaires. La valeur maximum dans le domaine terrestre est de $1,8 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour la papaye à Rangiroa, $3,3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour la viande de porc et $8,8 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais pour la viande de bœuf de Tahiti.

Quand elles ont été détectées, les activités en ^{60}Co et en Pu sont extrêmement faibles :

- le ^{60}Co n'a été détecté que 3 fois, pour l'ensemble des analyses, dans des bénitiers prélevés à Tubuai, Hao et Rangiroa ;
- les isotopes du Pu, ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$, n'ont été détectés à très faibles concentrations que dans 5 échantillons de bénitiers (2 de Tubuai, 2 de Hao et 1 de Tahiti) sur 26 échantillons analysés ;
- Le ^{90}Sr a été décelé à de très faibles concentrations dans 25 % des analyses réalisées dans des échantillons d'origine terrestre (1 fois dans un bénitier) sans prédominance d'une île par rapport aux autres.

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 indécelables).

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 2010 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 Rangiroa, des poissons de lagon à Rangiroa et à Hao, et du chou à Hiva Oa.

Les doses totales annuelles, somme des doses d'exposition externe, d'inhalation et d'ingestion de substances radioactives, durant les 20 dernières années pour l'ensemble des 5 archipels ont peu varié. On peut retenir une moyenne globale sur cette période voisine de $3,5 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ pour les enfants et de $4,5 \mu\text{Sv.an}^{-1}$ 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 μSv par an en moyenne dans le Pacifique Sud retenue par la SPREP (South Pacific Regional Environment Program) en 1983 [9]. 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 département 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 IRSN.fr et un rapport de synthèse va être publié début 2012 [10].

ANNEXE I : ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS

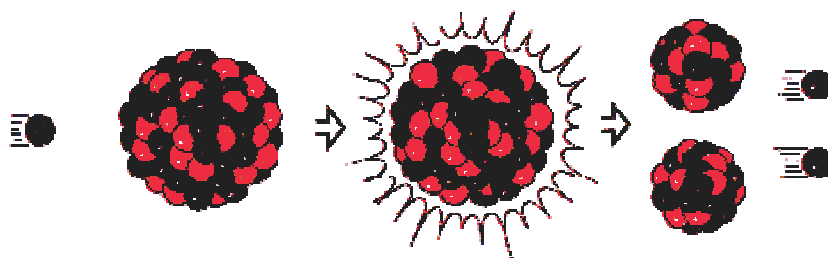
1 Qu'est-ce que la radioactivité ?

La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis que les atomes se sont formés, il y a des milliards d'années, au commencement de notre univers. Tous les atomes sont bâtis sur le même modèle : un noyau formé de protons et de neutrons autour duquel gravitent des électrons. Tous n'ont pas les mêmes propriétés : certains types d'atomes sont stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes, d'autres sont instables. Ces derniers expulsent à un moment donné une partie de l'énergie qu'ils contiennent. On dit qu'ils émettent des rayonnements : c'est la radioactivité.

De cette manière le polonium 210 se transforme spontanément en plomb 206 stable.

Certains éléments (80 sur 117) possèdent à la fois des isotopes stables et des isotopes instables. C'est par exemple le cas de l'iode. L'iode 127 est stable alors que l'iode 125 ou l'iode 131 sont radioactifs. Les isotopes d'un élément ont des propriétés chimiques identiques, ils ont le même numéro atomique Z, mais diffèrent par leur masse atomique A.

Les autres éléments, de numéro atomique Z supérieur à celui du plomb (Z=82), auxquels s'ajoutent le prométhéum et le technétium, n'ont pas d'isotope stable. C'est le cas par exemple de l'uranium, du plutonium et du radium. Ils n'existent que sous forme d'isotopes radioactifs. Les isotopes radioactifs sont appelés radionucléides.



2 La période radioactive d'un élément

L'activité (nombre de désintégrations par unité de temps) est la mesure de la radioactivité d'un échantillon. C'est le nombre de noyaux qui s'y transforme en une seconde. Elle diminue avec le temps, suivant une courbe de décroissance radioactive.

Cette courbe permet de définir la période radioactive de l'élément, qui correspond au temps au bout duquel l'activité de l'échantillon a diminué de moitié.

Exemples de périodes radioactives :

- Potassium 40 : 1,3 milliards d'années
- Plutonium 240 : 6 653 ans
- Césium 137 : 30,2 ans
- Cobalt 60 : 5,27 ans
- Iode 131 : 8,0 jours
- Plutonium 239 : 24 100 ans
- Plutonium 238 : 87,7 ans
- Strontium 90 : 29,1 ans
- Béryllium 7 : 53,3 jours

3 D'où vient la radioactivité ?

Elle est présente naturellement partout. L'atmosphère et la croûte terrestre contiennent des éléments radioactifs. Depuis la production, en 1934, du premier noyau radioactif artificiel, une part de la radioactivité globale est d'origine artificielle. Les rayonnements émis par les rayonnements artificiels sont du même type que ceux émis par les radioéléments naturels.

3.1 Les sources d'exposition naturelle

Dès la formation de la Terre, il y a environ cinq milliards d'années, la matière était constituée d'éléments radioactifs et d'éléments stables. Depuis, la radioactivité n'a cessé de décroître puisque de nombreux atomes radioactifs se sont transformés pour l'essentiel en éléments stables. Certains se transforment toujours : c'est la radioactivité naturelle. Elle est également présente dans les organismes vivants : les tissus organiques et les os contiennent des éléments indispensables à la vie qui possèdent des isotopes radioactifs, comme le potassium 40 ou le carbone 14.

On distingue quatre sources naturelles d'exposition :

3.1.1 le rayonnement cosmique

Le rayonnement cosmique provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude (la couche atmosphérique protectrice devient moins épaisse). L'exposition passe de 0,5 mSv par an et par personne au niveau de la mer à 1,7 mSv par an et par personne à 4 000 mètres d'altitude. A l'altitude de croisière d'un avion à réaction, le rayonnement cosmique est 150 fois plus élevé qu'au niveau de la mer (un vol Paris-Tokyo : 0,1 mSv ; un an à Paris : 0,7 mSv ; un an à la Paz : 2,7 mSv ; un jour à bord de Mir : 1 mSv).

3.1.2 le rayonnement tellurique

Le rayonnement tellurique est émis par de nombreux éléments radioactifs présents dans l'écorce terrestre, comme l'uranium et le thorium. Il varie selon la nature du sol et change ainsi d'une région à l'autre : l'exposition passe de 0,5 mSv par personne et par an en moyenne dans le Bassin parisien à 1 mSv en Bretagne ou dans le Massif central contre 8 à 17,5 mSv dans certaines régions du Brésil et moins de 0,05 mSv en Polynésie française.

3.1.3 L'air ambiant

Le radon (Rn) est omniprésent à la surface de la Terre. C'est un gaz rare radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. Sa concentration est variable selon la nature du sol, les matériaux de construction et la ventilation.

Il possède trois isotopes naturels (^{219}Rn , ^{220}Rn , ^{222}Rn) descendants des radioéléments présents dans les sols (^{235}U , ^{232}Th et ^{238}U). Le radon 222, descendant du radium (^{226}Ra) qui est lui-même un descendant de l'uranium 238, est l'isotope le plus présent dans l'atmosphère à cause de sa période radioactive (3,8235 jours) suffisamment longue pour lui permettre de migrer dans les sols, depuis la roche qui lui a donné naissance, jusqu'à l'atmosphère, où il peut s'accumuler dans les endroits confinés (caves, pièces mal ventilées, mines...).

En se désintégrant, le radon émet des particules alpha et engendre des descendants solides eux-mêmes radioactifs (polonium, bismuth, plomb,...). L'inhalation du radon et de ses descendants constitue, pour la population française, la première cause d'irradiation parmi les sources naturelles de rayonnements ionisants. C'est le risque de cancer du poumon qui motive la vigilance à l'égard du radon dans les habitations et les mines souterraines. L'équivalent de dose moyen dans les maisons françaises est de 1,2 mSv par personne et par an.

3.1.4 Les boissons et les aliments

Les boissons et les aliments absorbés contiennent des éléments radioactifs. Après ingestion, ces éléments viennent se fixer dans les tissus et les os. Ainsi, l'organisme humain compte en moyenne 4500 Bq en potassium 40 et 3700 Bq en carbone 14. L'irradiation interne représente en moyenne 0,24 mSv par personne et par an.

3.2 Les sources d'exposition provenant des applications des rayonnements ionisants

L'irradiation médicale constitue la source d'exposition la plus importante du fait du développement de la radiothérapie, de la médecine nucléaire et des cures thermales (certaines eaux minérales sont riches en radium et en thorium). Dans les pays industrialisés, une personne reçoit chaque année un équivalent de dose de 1,6 mSv. La moyenne mondiale est de 0,6 mSv par an et par personne.

Les applications techniques et industrielles constituent également une source de radioactivité. Les industries minières extractives, les retombées atmosphériques des essais militaires ou, plus quotidiennement, l'exposition aux rayonnements émis par les téléviseurs ou les écrans informatiques, entraînent un équivalent de dose de 0,1 mSv par personne et par an.

4 Les rayonnements ionisants

Les rayonnements les plus énergétiques transfèrent assez d'énergie aux électrons de la matière pour les arracher de leur atome. Les atomes ainsi privés de certains de leurs électrons sont alors chargés positivement. Les atomes voisins qui accueillent les électrons se chargent négativement.

Les atomes chargés positivement ou négativement sont appelés ions. Les rayonnements capables de provoquer de telles réactions sont dits ionisants.

4.1 Les différents rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants regroupent :

- **les rayonnements cosmiques**, qui incluent tous les rayonnements suivants ainsi que des muons (particules chargées) de très grande énergie.
- **les rayonnements X et gamma**, rayonnement électromagnétique de grande énergie. Il faut de fortes épaisseurs de plomb (plusieurs 10^{aines} de cm) ou de béton pour arrêter les rayonnements X et gamma;
- **les rayonnements alpha et bêta, noyaux d'hélium ou électrons** émis lors de la désintégration radioactive. Une simple feuille de papier arrête les alpha et il faut l'équivalent d'une feuille d'aluminium pour se protéger des bêta.
- **les neutrons libres** qui sont surtout présents dans les réacteurs nucléaires sont indirectement ionisants, c'est leur interaction avec la matière qui génère des rayonnements gamma et/ou diverses particules, qui sont elles ionisantes. Les neutrons sont aussi présents aux altitudes de vol des avions long courrier et subsoniques, ils participent à 30% de la dose reçue par le personnel navigant.

4.2 Les effets biologiques des rayonnements ionisants

L'énergie transférée par interaction des rayonnements dans les tissus biologiques peut entraîner des modifications de la matière vivante, au niveau cellulaire où ces rayonnements induisent des lésions. Deux approches sont utilisées pour étudier leurs différents effets biologiques : l'épidémiologie et l'expérimentation sur des molécules ou cellules d'organismes vivants.

- **les effets immédiats** : une forte irradiation par des rayonnements ionisants provoque des effets immédiats sur les organismes vivants comme, par exemple, des brûlures plus ou moins importantes.
- **les effets à long terme** : les expositions à des doses plus ou moins élevées de rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme sous la forme de cancers et de leucémies. Ces effets se manifestent de façon aléatoire (que l'on ne peut pas prédire pour une personne donnée).

4.3 Les modes d'exposition aux rayonnements

Selon la manière dont les rayonnements atteignent l'organisme, on distingue deux modes d'exposition : externe ou interne.

L'exposition externe de l'homme aux rayonnements provoque une irradiation externe. Elle a lieu lorsque celui-ci se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical ...). L'exposition externe peut concerner tout l'organisme ou une partie seulement de celui-ci. Elle cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire des rayonnements,

L'exposition interne (contamination interne) est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Elles ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau, et se distribuent dans l'organisme. On parle de contamination interne. Celle-ci ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle et décroissance radioactive, ou par traitement.

ANNEXE II. : NOTIONS DE RADIOPROTECTION

Trois unités principales sont utilisées en radioprotection, chacune servant respectivement à quantifier trois grandeurs qui dépendent de l'activité d'une source, de son énergie et des effets biologiques susceptibles d'être engendrés si une exposition à cette dernière se produit :

- **L'activité :**

L'activité représente le nombre de désintégrations nucléaires qui ont lieu dans une quantité de matière donnée par unité de temps. Elle s'exprime en Becquerel (Bq) dans le système international : 1 Bq = une désintégration par seconde.

Le becquerel a remplacé le curie, qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. La valeur de 1 curie était définie comme l'activité de 1 g de radium, soit 37 milliards de désintégrations à la seconde, ce qui équivaut à 37 milliards de becquerels (1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq).

- **La dose absorbée :**

Elle correspond à la quantité d'énergie (exprimée en joules) cédée par les particules ionisantes à une unité de masse (exprimée en kilogrammes) de matière rencontrée. Le gray (Gy) est l'unité de mesure internationale de la dose absorbée. Il a été défini de la manière suivante : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. Le gray peut être utilisé pour exprimer la dose reçue de tous les types de rayonnements, dans n'importe quel milieu. Lorsqu'on exprime une dose en gray, on doit donc préciser le milieu dans lequel l'énergie est cédée.

Le gray par heure (Gy/h) permet de mesurer le **débit de dose absorbée**, c'est-à-dire l'énergie communiquée à un milieu par unité de temps. Le gray est une unité du Système international.

Le gray a remplacé le rad qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. Les facteurs de proportionnalité sont les suivants :

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = 10 \text{ mGy}$$

- **La dose équivalente et la dose efficace :**

La **dose équivalente** est égale à la dose absorbée multipliée par un facteur de pondération (WR) qui tient compte du type de rayonnement (ex : 20 pour le rayonnement alpha et 1 pour les rayonnements bêta et gamma). Pour tenir compte des effets biologiques relatifs à chaque type de rayonnement, on exprime une dose équivalente, dont l'unité internationale est le sievert (Sv).

Le sievert a remplacé le rem, qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. Les facteurs de proportionnalité sont les suivants :

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$$

La **dose efficace** est une dose biologique très utilisée en radioprotection, qui sert à évaluer l'exposition d'une personne individuelle aux rayonnements. Elle tient compte de la sensibilité des tissus affectés. L'unité de dose efficace est le sievert comme pour la dose équivalente.

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] Bernagout S., Garen P. et Bouisset P. - Rapport naces à paraître
- [3] Hermanspahn N., Environmental radioactivity in New Zealand and Rarotonga - Annual Report 2008, NRL-F/87 (2008) 8p.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Grouzelle C., Dominique M., Ducouso R. - Résultats d'une enquête alimentaire effectuée à Tahiti de 1980 à 1982. Rapport CEA R.5304 (1985) 180p.
- [9] South Pacific Regional Environment Program. Topic review radioactivity in the South Pacific. SPREP/Topic review 14 (octobre 1983).
- [10] Rapport DEI/2011-01 - 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.
- [11] Rapport DEI/SESURE 2011-41 - Surveillance de la radioactivité en Polynésie française - Année 2010 - Annexes

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

Direction de l'environnement
et de l'intervention
31, rue de l'écluse
B.P. 40035
78116 Le Vésinet Cedex

Téléphone
+33 (1)30 15 52 00