



12

# LA RADIOACTIVITÉ

# 12 LA RADIOACTIVITÉ

L'origine du rayonnement est cosmique ou tellurique. Les radioéléments présents dans l'environnement ont une origine naturelle ou artificielle.

La radioactivité naturelle est présente de façon prépondérante, et varie beaucoup d'un point à l'autre, suivant les conditions météorologiques, l'altitude, la nature du sous-sol... Parmi les nombreux radionucléides naturels on trouve le potassium 40, le carbone 14 ou encore l'uranium et ses 3 isotopes.

Les radioéléments artificiels proviennent des retombées des anciens essais nucléaires atmosphériques mondiaux (USA, URSS, Royaume Uni, France), dont les derniers datent de 1980 (Chine). Ils peuvent également émaner de rejets d'effluents liés au fonctionnement des centrales nucléaires ou encore aux utilisations diverses des radioéléments (hôpitaux, centres de recherche...) ainsi qu'au cours d'accident de centrales nucléaires.

On appelle la demi-vie (ou période d'un radioélément) le temps nécessaire à la désintégration de la moitié des atomes de cet élément. Elle peut avoir des valeurs très diverses de quelques fractions de secondes à quelques milliards d'années. Les radionucléides artificiels

encore mesurables aujourd'hui sont ceux dont la période radioactive se compte en dizaine d'années, essentiellement le strontium (<sup>90</sup>Sr : 28,8 ans) et le césium (<sup>137</sup>Cs : 30,1 ans).

Pour quantifier la radioactivité d'un élément, on utilise le becquerel (1 Bq = désintégration d'1 noyau de cet élément par seconde). Cette désintégration est accompagnée de l'émission de rayonnement.

Les doses de ces rayonnements reçues par l'homme se mesurent en Sievert (Sv). La réglementation sanitaire française en vigueur fixe la dose maximale pour le public à 1 mSv/an en supplément de la radioactivité d'origine naturelle.

En Polynésie française, la dose d'exposition due à la radioactivité naturelle est faible (de l'ordre de 1 à 2 mSv/an) par rapport à d'autres régions du monde (jusqu'à 70 mSv/an au Kerala en Inde, en France elle est en moyenne de 2.4 mSv/an).

L'exposition des populations peut être externe (rayonnement cosmique, radioactivité émanant du sol, retombées des essais aériens), ou interne, suite à l'ingestion ou l'inhalation de radionucléides. En Polynésie française, l'ingestion est essentiellement liée aux produits de la mer.

## HISTORIQUE DES ESSAIS EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

De 1964 à 1996, 193 essais nucléaires se sont succédés en Polynésie française, dont 47 aériens jusqu'en 1975. Puis, de 1975 à 1996, les tirs ont eu lieu dans le soubassement basaltique profond de l'atoll, soit sous la couronne, soit sous le lagon (entre 800 et 1 200 m).

### Historique des activités nucléaires en Polynésie française de 1964 à 2000

(Source : CEA, site internet, complété)

6 février 1964	Les atolls de Moruroa et Fangataufa sont cédés à l'Etat français.
2 juillet 1966	Premier essai aérien à Moruroa (Aldébaran). Les tirs seront d'abord sur barges, puis sous ballons captifs.
24 août 1968	Premier essai d'un engin thermonucléaire à Fangataufa.
5 juin 1975	Premier essai en puits au-dessous de la couronne corallienne, à Fangataufa.
10 avril 1981	Premier essai en puits au-dessous du lagon.
15 juillet 1991	Dernier essai français au CEP avant le moratoire.
8 avril 1992	Moratoire d'un an décidé par le président de la République, François Mitterrand. Il sera ensuite reconduit.
13 juin 1995	Le Président Chirac déclare que la France effectuera une ultime campagne d'essais.
9 août 1995	L'AIEA effectue une étude sur la situation radiologique des atolls de Moruroa et Fangataufa.
27 janvier 1996	Dernier essai nucléaire à Fangataufa. 6 essais au total auront été effectués durant cette dernière campagne d'essais. Le démantèlement des sites est entrepris.
Mars 1996	La France signe les protocoles du traité de Rarotonga (création d'une zone dénucléarisée dans le Pacifique Sud).
24 sep. 1996	Signature du TICE, Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires pour la France.
30 juin 1998	L'AIEA présente les conclusions de son étude au cours d'une conférence internationale à Vienne.
Août septembre 1998	Dissolution de la DIRCEN et création du Département de suivi des centres d'expérimentation nucléaires (DSCEN), poursuite de la surveillance des sites, a priori prévue pour plusieurs dizaines d'années.
Juin 2000	Démantèlement de la base interarmées de Hao.

L'énergie totale dégagée par les essais en Polynésie française a été de :

- 10,3 mégatonnes (Mt) pour les essais aériens, entre juillet 1966 et septembre 1974, soit environ 2 % du total mondial.
- 3,2 Mt pour les essais souterrains, dont 2,4 Mt à Moruroa et 0,8 Mt à Fangataufa, soit environ 3 % du total mondial.

## LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE

La surveillance est mise en place dès 1962 par le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) et l'IPSN (aujourd'hui IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire), puis par la DIRCEN (Direction des centres d'expérimentations nucléaires) en 1964. Ces réseaux de surveillance avaient pour objectif de suivre l'impact de la radioactivité sur les populations, les travailleurs et l'environnement (air, sol, eau, compartiment biologique, aliments). Ils étaient assurés par divers laboratoires, civils ou militaires : le LESE, de l'IPSN, (Laboratoire d'étude et de surveillance de l'environnement), le SMCB (service mixte de contrôle biologique), et le SMSR (service mixte de contrôle radiologique).

Parallèlement, l'environnement des atolls de Moruroa et Fangataufa a fait l'objet d'expertises multiples.

Les études écologiques réalisées sur les récifs coralliens des 2 atolls et sur d'autres atolls du voisinage ont permis à l'époque d'augmenter considérablement nos connaissances faunistiques, floristiques et écologiques.

Depuis l'arrêt des essais en 1996, la surveillance s'est poursuivie au titre d'une mission de veille permanente en matière de radioprotection :

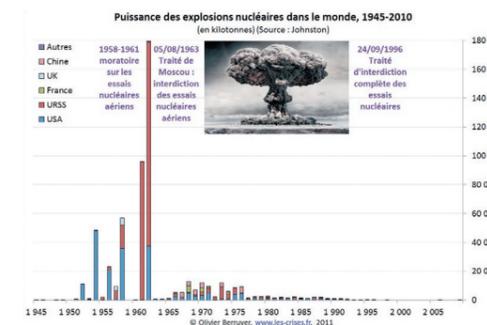
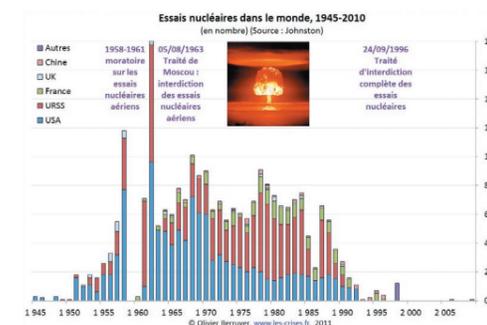
- L'IRSN maintient la surveillance radiologique du réseau réparti sur 7 îles représentatives des 5 archipels (Hao, Tahiti, Maupiti, Rangiroa, Hiva Oa, Mangareva, Tubuai), où le Laboratoire d'étude et de surveillance de l'environnement (LESE) mesure l'activité des radionucléides dans l'environnement et dans les chaînes alimentaires. Les objectifs sont de connaître les niveaux de radioactivité artificielle dans l'environnement et d'estimer la composante dosimétrique associée, afin de déterminer l'exposition des personnes. La dernière évaluation dosimétrique réalisée par l'IRSN concerne l'année 2013. Les rapports sont téléchargeables sur Internet. Cette surveillance pérenne est complétée par des expertises ponctuelles pour le compte des autorités du Pays, d'organismes de l'Etat ou d'entreprises privées.

- Ces suivis s'inscrivent également dans le Réseau Mondial Français de Surveillance Radiologique (RMFSR) qui assure les mesures de radioactivité de plusieurs autres pays et territoires, depuis 1989.

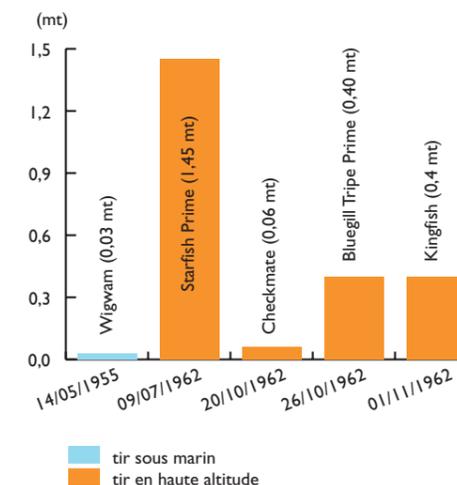
- D'autre part, les Observatoires Permanents de la Radioactivité de l'environnement (programme OPERA) de l'IRSN permettent de suivre l'évolution des niveaux de radioactivité naturelle

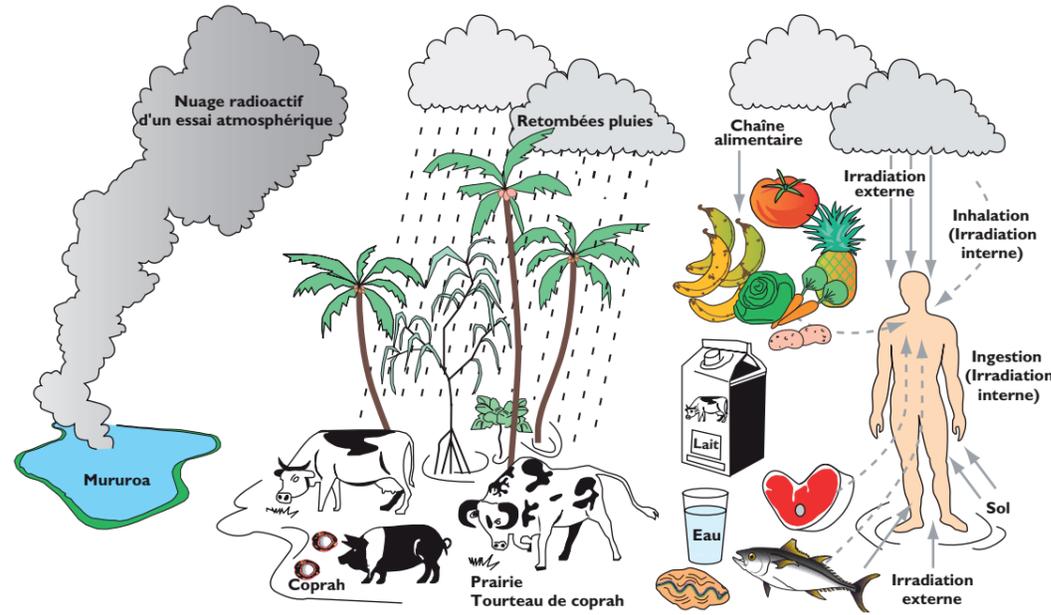
## Nombre d'essais nucléaires dans le monde et énergie totale dégagée (y compris Polynésie) en mégatonnes

Source : d'après Berruyer 2011



### Récapitulatif des 5 essais dans le Pacifique





Le transfert des radionucléides dans l'environnement et la contamination de la chaîne alimentaire

et artificielle dans l'environnement français. Dans ce cadre, l'IRSN assure la surveillance du domaine atmosphérique (aérosols, précipitations) avec une station à Papeete. Les résultats de ces mesures sont transmis au comité scientifique des Nations Unies (UNESCAR).

- Le département de suivi des centres d'expérimentations nucléaires (DSCEN) du Ministère de la Défense poursuit la surveillance radiologique et géomécanique des atolls de Fangataufa et Moruroa.
- 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, radionucléides, hydrocarbures et composés organochlorés.

Depuis le 11 mars 2011 et l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Dai Ichi au Japon, les moyens de l'IRSN ont été mobilisés pour évaluer un impact radiologique éventuel dans l'environnement et pour tenir informées les populations. Des plans de prélèvements spécifiques ont été mis en place. En 2013, cette surveillance est restée renforcée dans le domaine marin (fréquence des analyses d'eau de mer mensuelle en 2012 puis 3 fois en 2013 et intensification des prélèvements de poissons pélagiques).

### HISTORIQUE DES PRINCIPAUX RAPPORTS D'EXPERTISE DEPUIS L'ARRÊT DES TIRS

- 1998, AIEA : expertise relative à la situation radiologique sur les atolls de Moruroa et Fangataufa, par un comité consultatif international.
- 1999, DSCEN (DGA) : expertise sur l'évaluation radiologique du grand Motu nord de l'atoll de Hao avant la fermeture de la base interarmée.
- 1999, Commission géomécanique internationale présidée par Charles Fairhurst, problèmes de stabilité et d'hydrologie liés aux essais nucléaires en Polynésie française.
- 2000, OPESCT (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques) : rapport relatif aux incidences environnementales et sanitaires des essais nucléaires effectués par la France entre 1960 et 1996 et éléments de comparaison avec les essais des autres puissances nucléaires (AN n°3571 - Sénat n°2007).
- 2003, CEA : bilan de l'évolution géologique des atolls de Moruroa et Rangiroa.
- 2005 et 2006 : DSND : informations sur les conditions de réalisation des essais nucléaires aériens effectués sur les sites de Moruroa et Fangataufa et évaluation de leurs conséquences radiologiques.
- 2005, CRIIRAD : mission de contrôle radiologique sur l'île de Mangareva et sur les atolls de Tureia et Hao.
- 2006, CESCEN : les polynésiens et les essais nucléaires.
- 2006, CESC (Conseil Economique et Social) : Rapport sur la reconnaissance par l'Etat des droits des victimes des essais nucléaires français et leurs impacts sur l'environnement, l'économie, le social et la santé publique en Polynésie française.
- 2007, Ministère de la Défense : La dimension radiologique des essais nucléaires français en Polynésie - à l'épreuve des faits.
- 2010, IRSN. Point zéro radiologique dans le lagon du Taaone avant la mise en exploitation du nouveau centre hospitalier de Tahiti.

### LES PRINCIPAUX ACTEURS

- DIRCEN** : Direction des Centres d'Expérimentation Nucléaire, dissoute en 1998.
- SMSRB** : Service Mixte de Surveillance Radiologique et Biologique de l'homme et de l'environnement, dissout en 1998.
- CEP** : Centre d'Expérimentation du Pacifique, assurait les essais.
- DSCEN** : Département de suivi des centres d'expérimentation nucléaire (Direction générale de l'Armement, Ministère de la Défense).
- DSND** : Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense (Ministère de la Défense).
- CEA** : Commissariat à l'Energie Atomique.
- AIEA** : Agence Internationale de l'Energie Atomique.
- IRSN** : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.
- COSCEN** : Conseil d'orientation pour le suivi des conséquences des essais nucléaires, mis en place par le gouvernement polynésien en 2005, il dépend du ministère polynésien de la santé.
- CESCEN** : Commission d'enquête sur les conséquences des essais nucléaires (gouvernement polynésien).
- OPESCT** : Délégation parlementaire nationale créée le 8 juillet 1983 qui a pour mission « d'informer le Parlement des conséquences des choix de caractère scientifique et technologique afin, notamment, d'éclairer ses décisions ».
- CRIIRAD** (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité).

### LE MILIEU PHYSIQUE

Les niveaux de radioactivité de l'air à Tahiti sont bas ; l'activité moyenne annuelle des aérosols pour le <sup>137</sup>Cs passe de 0,043 ± 0,018 µBq.m<sup>-3</sup> en 2005 à 0,06 ± 0,04 µBq.m<sup>-3</sup> en 2013. Ces valeurs sont stables et comparables à celles des années intermédiaires. Les niveaux sont plus élevés en métropole : 0,16 ± 0,04 µBq.m<sup>-3</sup> en 2013 (habituellement d'un facteur 6). Ces niveaux plus élevés dans l'hémisphère nord caractérisent l'impact résiduel des retombées des essais anciens et de l'accident de Tchernobyl, par l'intermédiaire de la remise en suspension à partir du sol. On note depuis 2011 en métropole une augmentation de la concentration en <sup>137</sup>C atmosphérique consécutif à l'accident de la centrale de Fukushima qui a eu un impact sur l'ensemble de l'hémisphère nord.

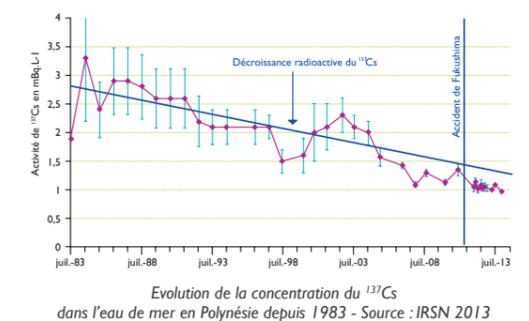
Les résultats obtenus pour la radioactivité de l'eau de pluie, des rivières et de l'eau de source sont non significatifs c'est à dire inférieurs ou très proches de la limite de détection pour le <sup>137</sup>Cs. Le <sup>40</sup>K, dont l'origine est naturelle, est systématiquement détecté dans ces échantillons d'eaux douces.

Les eaux océaniques de surface présentent une activité de l'ordre de 1,06 ± 0,05 mBq.L<sup>-1</sup> (mesurée 3 fois au cours de l'année 2013), cette valeur est conforme à celles obtenues généralement dans cette zone de l'océan Pacifique ainsi qu'à Tahiti les années précédentes. La contamination du domaine marin japonais en mars 2011 n'a pas eu d'impact dans les eaux polynésiennes. La diminution de la concentration du <sup>137</sup>Cs sur une période de 30 ans correspond à la décroissance radioactive de ce radionucléide, qui se dilue peu à peu dans la masse océanique mais reste plutôt concentré dans les eaux de surface.

Les sols prélevés en Polynésie montrent des concentrations 10 à 20 fois plus faibles que celles de métropole. Sur 19 prélèvements sur 7 îles, le <sup>137</sup>Cs a été détecté en 4 lieux sur 8 échantillons à des niveaux d'activité bas (maximum de 0,5 Bq.kg<sup>-1</sup>sec pour les prélèvements profonds).

### LES NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ EN 2013 EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

De manière générale, la radioactivité résiduelle est essentiellement attribuable au césium 137 (<sup>137</sup>Cs), c'est le seul radionucléide artificiel encore détectable en Polynésie française. L'état radiologique constaté en 2013 est stable, dans la continuité des années antérieures récentes et se situe à un très bas niveau. Une surveillance radiologique renforcée a été mise en place suite à la catastrophe de Fukushima, les mesures réalisées tout au long de l'année confirment l'absence d'impact de la contamination du domaine marin japonais, dans les eaux polynésiennes.



Evolution de la concentration du <sup>137</sup>Cs dans l'eau de mer en Polynésie depuis 1983 - Source : IRSN 2013

#### MESURES DE LA RADIOACTIVITÉ EN CÉSIMUM 137

- AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES À LA STATION DE FAA'A (MOYENNE ANNUELLE EN µBQ.M<sup>-3</sup>)
- EAU DE MER DE SURFACE (MOYENNE ANNUELLE, µBQ.L<sup>-1</sup>) - SOURCE : IRSN 2012

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Air	0,043 0,018	0,058 0,021	0,022 0,005	<0,15	0,08 ± 0,04	0,08 0,04	0,10 0,06	0,06 0,04
Eau de mer	1,6 ± 0,2	1,43 0,05	1,09 0,05	1,3 0,06	1,14 0,05	1,35 0,1	1,05 0,05	1,06 0,06



**NOMBRES DE RÉSULTATS D'ANALYSES SUPÉRIEURS À LA LIMITE DE DÉTECTION**  
SOURCE : IRSN 2012

	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		<sup>90</sup> Sr	
	2005	2012	2005	2012	2005	2012
Poissons de haute mer	22/22 (100 %)	41/41 (100 %)	0/22 (0 %)	0/41 (0 %)	0/22 (0 %)	-
Organismes lagunaires	54/73 (74 %)	8/14 (57 %)	2/73 (2,7 %)	0/14 (0 %)	3/12 (25 %)	0/7 (0 %)
Aliments	94/187 (50 %)	38/84 (45 %)	0/187 (0 %)	0/84 (0 %)	13/32 (40 %)	-

**LE COMPARTIMENT BIOLOGIQUE MARIN**

Dans le lagon, les prélèvements de poissons ne concernent plus depuis 2010 que les mérous qui sont de bons intégrateurs du césium (6 prélèvements). Les mollusques et crustacés sont représentés par les bénéitiers, trocas, poulpes, langoustes et nacres (25 prélèvements). En haute mer, les prélèvements concernent les poissons pélagiques (thons, thazard, dorade coryphène, espadon et bonite pour 44 prélèvements), dans les 5 archipels. Tous ces organismes entrent pour une part importante dans l'alimentation courante des polynésiens.

Suite à l'accident de Fukushima en mars 2011, et à la découverte de poissons contaminés au voisinage des côtes californiennes (thons rouges à la migration rapide) la surveillance a été renforcée en Polynésie sur les poissons de haute mer. Cependant, la compétition entre la durée de migration et la période biologique du césium dans les muscles des poissons réduit fortement la possibilité de mesurer une contamination pour des espèces pêchées dans le Pacifique sud.

Au niveau **lagonaire**, les niveaux d'activité mesurés restent très faibles, quels que soient les lieux et les échantillons. Le <sup>137</sup>Cs peut encore être quantifié dans tous les poissons de lagon analysés mais rarement dans les autres produits de lagon (position plus haute dans la chaîne alimentaire). Les valeurs les plus fortes ont été mesurées dans des mérous de Tubuai (0,28 Bq.kg-1 frais). Le cobalt 60 (<sup>60</sup>Co), très rarement quantifié ces dernières années, reste inférieur à la limite de détection de 0,04 Bq.kg-1 frais (dans des bénéitiers) et 0,1 Bq.kg-1 frais (pour les nacres).

Au niveau **pélagique**, on ne note pas d'évolution particulière depuis 2005, les valeurs en <sup>137</sup>Cs restant très inférieures aux niveaux maximaux admissibles pour les denrées alimentaires (valeur max 1,35 Bq.kg-1 de matière fraîche dans un thazard de Tubuai). Aucune trace de césium 134 (<sup>134</sup>Cs) n'a été relevée depuis 2011. Pour le <sup>60</sup>Co, le strontium 90 (<sup>90</sup>Sr) et les isotopes du plutonium (<sup>239+240</sup>Pu), les valeurs restent inférieures à la limite de détection.

**LES ALIMENTS**

Les activités en <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co et <sup>90</sup>Sr sont mesurées dans divers produits, provenant de cinq archipels, d'origines locale et régionale et entrant dans le régime

alimentaire des polynésiens : boissons, fruits, légumes-feuilles, légumes-fruits, légumes-racines et viandes. Comme pour les poissons pélagiques, la surveillance a été renforcée suite à l'accident de Fukushima durant toute l'année 2011.

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 pouvant être commercialisées.

Pour le **lait**, provenant du plateau de Taravao à Tahiti, les teneurs en <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co et <sup>131</sup>I sont restées cohérentes avec celles mesurées avant l'accident. Comme les années précédentes, la concentration en <sup>137</sup>Cs reste légèrement supérieure à celle du lait UHT importé (limite de détection de 0,03 Bq.l-1 en 2013).

Si l'on considère l'évolution de la concentration en <sup>137</sup>Cs du lait depuis 1970, on observe qu'après une période de décroissance rapide entre 1970 et 1978 (liée au lessivage des sols), les niveaux diminuent beaucoup plus lentement depuis les années 1990 (mobilisation des dépôts anciens fixés de césium).

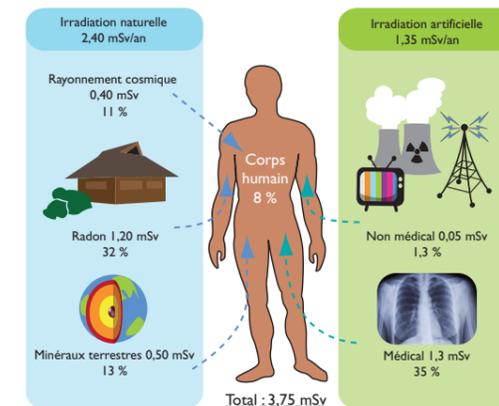
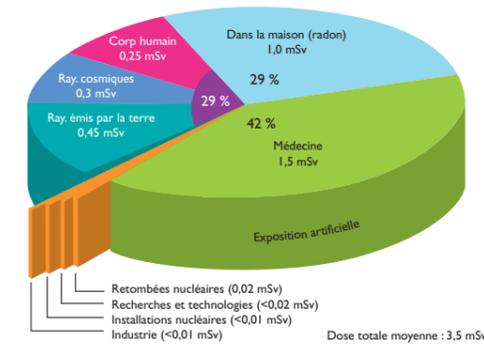
Pour les autres aliments, sur les 71 prélèvements, près de la moitié permettent encore de quantifier le <sup>137</sup>Cs et 5 mesures (viande de porc et de bœuf de Tahiti, papaye de Mangareva et eau de coco et coprah à Tubuai) donnent des valeurs supérieures 1 Bq.kg-1 frais (contre 13 en 2005, 2 en 2009 ou 6 en 2011). Les phénomènes de dilution dans l'environnement rendent de plus en plus difficile la mesure de ce radionucléide. A noter cependant que de la viande d'agneau importée de Nouvelle Zélande présente en 2013 une valeur en <sup>137</sup>Cs bien plus élevée que les dernières années (4,3 Bq.kg-1 frais).

Le <sup>60</sup>Co n'a jamais été détecté dans ces échantillons du milieu terrestre ; pour le <sup>90</sup>Sr les résultats restent inférieurs à la limite de détection. Le <sup>238</sup>Pu est détecté 2 fois et 3 résultats en <sup>239+240</sup>Pu proches de la limite de détection sont à des valeurs n'excédant pas 0,05 mBq.kg-1 frais, dans du coprah.

<sup>137</sup>Cs : isotopes du césium  
<sup>60</sup>Co : cobalt 60  
<sup>90</sup>Sr : strontium 90  
<sup>238+239+240</sup>Pu : isotopes du plutonium

**LES POPULATIONS**

L'exposition de la population de Polynésie française à la radioactivité d'origine naturelle est estimée à



Exposition naturelle et artificielle de l'homme aux rayonnements (en mSv/an)

1 à 2 mSv/an, essentiellement due au rayonnement cosmique (0,2 mSv/an), à l'exposition par ingestion ou par les radionucléides présents dans les sols (0,25 et 0,05 mSv/an) ainsi qu'au Radon (1 mSv/an). A cela il convient de comparer l'exposition liée à la radioactivité d'origine artificielle, composée de 3 sources :

**L'exposition externe** due à l'activité contenue dans le sol (dépôts incorporés au substrat terrestre).

**L'ingestion** due aux radionucléides incorporés dans les denrées issue de culture ou de pêche, alimentation et boissons.

**L'inhalation** due à la radioactivité transportée par les aérosols (négligeable en comparaison des 2 autres composantes, mesurée à 10-5 µSv/an).

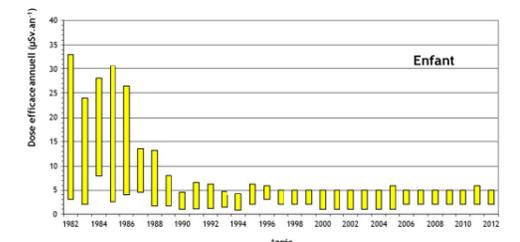
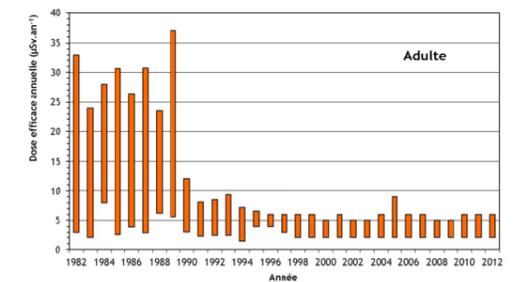
Les **doses totales** annuelles (somme des doses d'exposition externe, d'inhalation et d'ingestion) durant les 20 dernières années sont globalement comparables pour l'ensemble des 5 archipels, elles sont en moyenne voisines de 3,5 µSv/an pour les enfants et 4,5 µSv/an pour les adultes, soit 0,5% de la dose moyenne totale liée à l'exposition naturelle.

**Exposition externe** : elle est en grande partie d'origine naturelle, s'y ajoute une faible contribution d'origine artificielle provenant des retombées des anciens essais nucléaires dans l'atmosphère. Sur la base de l'activité en <sup>137</sup>Cs du sol, les doses efficaces retenues pour l'exposition externe annuelle proviennent des sols prélevés en 2000 à Faa'a (Tahiti) et en 2005-2006 pour les autres îles. Elles n'excèdent pas quelques µSv/an.

**Ingestion** : la dose efficace annuelle liée à l'ingestion est calculée à partir de la ration alimentaire qui distingue les produits d'origine locale, régionale, des produits importés. Depuis 2011 les produits dont la quantité consommée est inférieure à 5 kg par an sont mesurés une fois tous les 5 ans.

Comme les années précédentes, ce sont la viande de bœuf et de porc de Tahiti, le coprah à Rangiroa, les poissons de lagon à Hao et Rangiroa car très consommés et les poissons de haute mer à Hiva Oa qui contribuent principalement à la dose des adultes. Cette dose est comprise entre 0,34 et 2,12 µSv/an (Hiva Oa et Tubuai) pour les adultes et 0,27 et 1,11 µSv/an pour les enfants (mêmes îles). En revanche, 2 produits importés contribuent fortement à la dose ingestion en 2013 : l'agneau de Nouvelle Zélande et le bœuf.

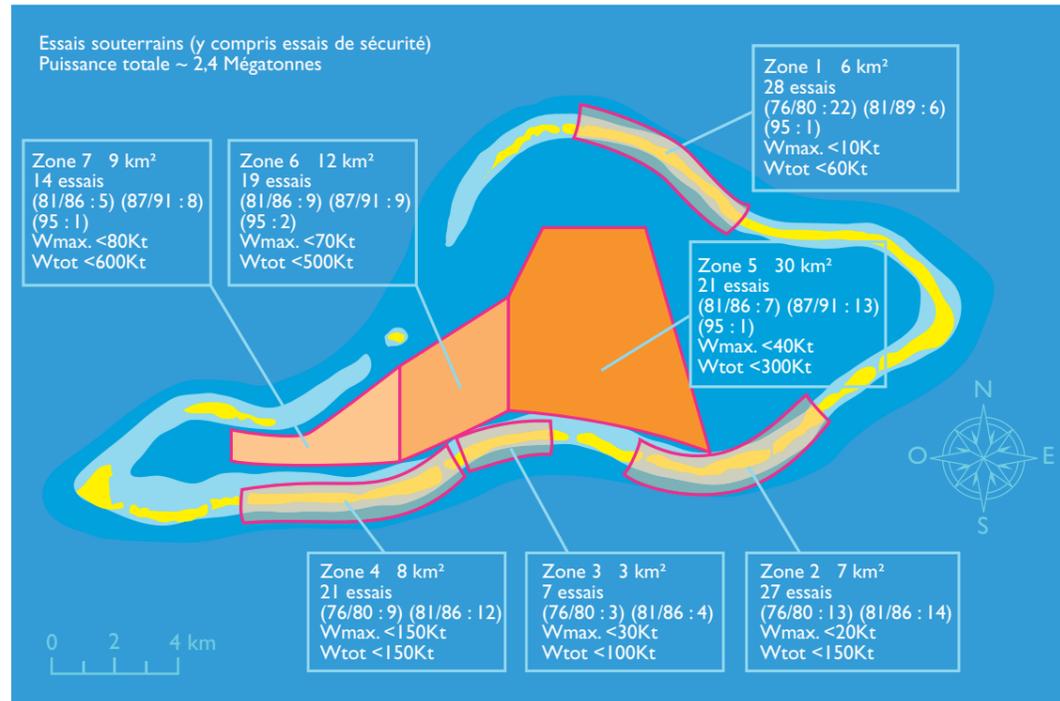
Depuis 6 ans, aucune denrée ne contribue à une dose ajoutée d'origine artificielle supérieure à 1 µSv/an, ce qui reste environ 1 000 fois inférieur à la radioactivité d'origine naturelle.



Doses efficaces annuelles liées à la radioactivité artificielle depuis 1982 en Polynésie française, pour les adultes et les enfants  
Source : IRSN 2012

**IMPACTS DES ESSAIS SUR L'ENVIRONNEMENT DES SITES DE MORUROA ET FANGATAUFA**

Les impacts sont très différents selon qu'il s'agit de tirs aériens, dont les effets sont liés à la dispersion et aux retombées de nombreux radionucléides aux caractéristiques physico-chimiques et à la durée de vie différente ou de tirs souterrains dont les impacts sont essentiellement mécaniques (remobilisation des masses carbonatées). Les risques de contamination du milieu par fuite des radionucléides piégés dans le sous-sol profond existent également s'il se produit une rupture du confinement. Les tirs aériens ont eu un impact plus étendu que les tirs souterrains dont les impacts sont limités aux sites du CEP de Moruroa et Fangataufa. La radioactivité mesurée sur les sites provenait essentiellement des retombées des essais sur barges (Aldébaran, Rigel, Sirius, Arcturus...) ainsi que des 5 essais de sécurité.



Note : il y a eu 42 essais atmosphériques (dont 5 de "sécurité" au dessus de Moruroa entre 1966 et 1974)  
Puissance cumulée ~ 6 Mégatonnes

Wmax : Puissance maximale  
Wtot : Puissance totale

Localisation et puissances des tirs souterrains à Moruroa et Fangataufa et zones de fractures ou d'instabilité

Les impacts sur ces atolls résultent également des activités humaines, (infrastructures, travaux, rejets) qui ont induit la destruction ou la modification des habitats, l'introduction d'espèces envahissantes et la disparition ou la perturbation d'espèces indigènes de flore et de faune comme les oiseaux.

Sur les autres îles de Polynésie qui ont été touchées (Maria, Tuamotu sud-est, de Tureia à Reao, groupe Actéon), l'impact a été très différent selon les tirs et la localisation des îles par rapport aux tirs.

### EFFET DES TIRS AÉRIENS SUR LE MILIEU TERRESTRE

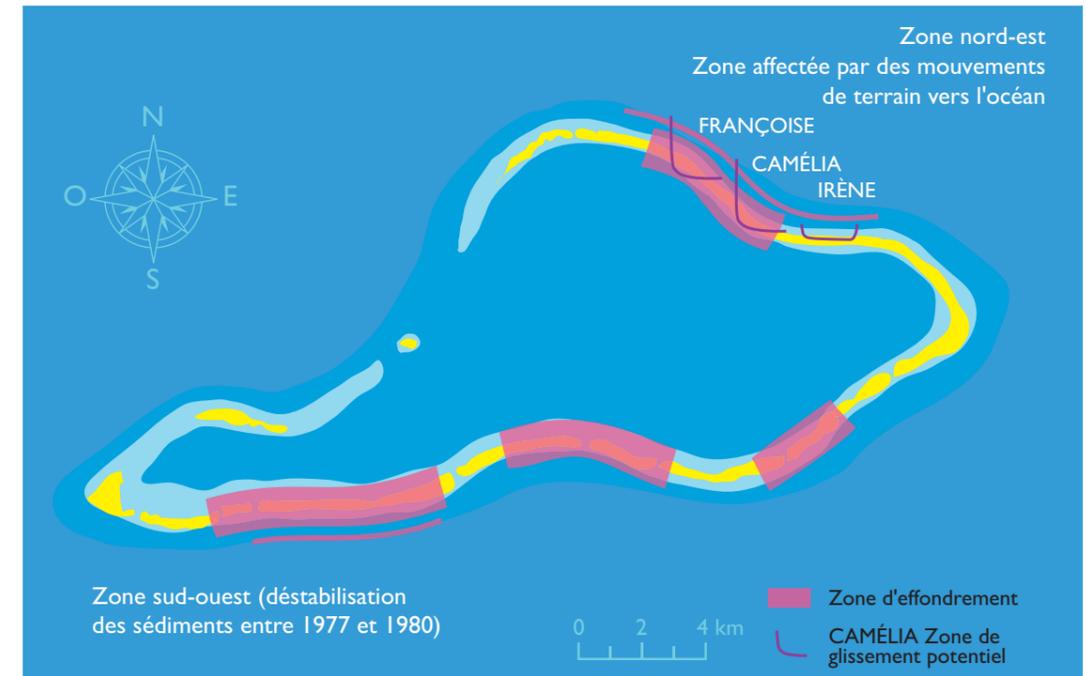
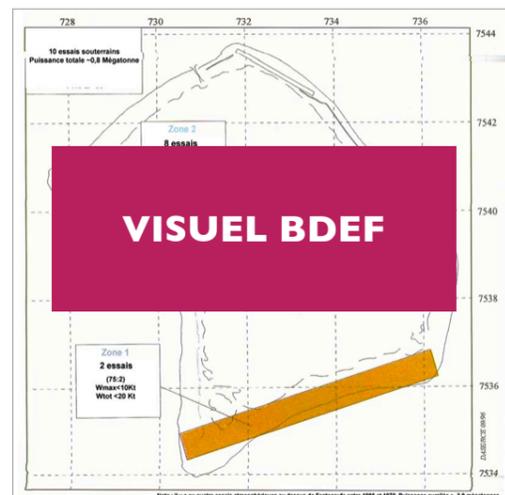
Les explosions provoquent des retombées de matières radioactives in situ. Les dépôts formés par ces retombées radioactives atmosphériques se répartissent sur les différents milieux de l'environnement terrestre et marin.

Le sol retient une partie des éléments radioactifs déposés et, pour ceux qui ont une demi-vie longue et une tendance à se fixer sur les minéraux du sol, tels que le césium 137, un stock se forme, qui peut être remobilisé sous l'effet de l'érosion par exemple. Par transfert racinaire, les végétaux peuvent être contaminés. A la fin des essais, quelques zones de Moruroa et Fangataufa, principalement affectées par l'essai Rigel de 1966 (tir sur barge), affichaient encore des activités résiduelles. Aujourd'hui les activités mesurées dans les sols sont toutes inférieures ou proches des limites de détection, à l'exception de la zone Kilo de Fangataufa.

Dans les autres îles, le lessivage des radionucléides par les eaux de pluies et leur migration vers des

horizons plus profonds sont tels qu'aujourd'hui, la composition de la composante tellurique des sols, notamment coralliens, au débit de dose ambiant des îles est faible et reste inférieure à celle de la majorité des sols métropolitains.

**Les végétaux :** depuis l'arrêt des tirs aériens, l'évolution s'inscrit dans une tendance à la baisse de l'ensemble des radionucléides, dont les niveaux dans les végétaux sont à l'état de traces et difficilement quantifiables sur les atolls des tirs. Mesurée dans l'eau et la pulpe de coco (coprah), le <sup>137</sup>Cs, principal radionucléide détecté est passé de 10 Bq/kg frais en 1967 à quelques dixièmes de Bq.kg<sup>-1</sup> frais en 2011 (à l'exception d'un site en zone nord de Moruroa donnant 1,35 Bq.kg<sup>-1</sup> frais dans le coprah et un site à Fangataufa indiquant 1,26 Bq.kg<sup>-1</sup> frais pour l'eau de coco).



Les zones affectées par les effondrements de terrains à Moruroa

Selon les études de la Direction des Centres d'Expérimentation Nucléaires (DIRCEN) en 1994, la flore terrestre qui avait été détruite ou brûlée par les effets aériens, est peu différente de la flore originelle, en diversité et en taille. Sur quelques motus, la taille de certains végétaux est plus petite qu'en 1966, ce qui est attribué à la dégradation des sols par le flash thermique des essais aériens. Selon les inventaires réalisés par Meyer en 2005 et 2007, 31 espèces indigènes ont été recensées (dont 17 signalées dans les années 1960). L'atoll de Moruroa présente une flore primaire plus pauvre que les autres atolls non soulevés des Tuamotu (37 à Tatakoto, 36 à Tahaena, 39 à Rangiroa...). Les plus sensibles aux perturbations sont les herbacées indigènes, uniquement trouvées sur les motu éloignés des zones-vie. Un total de 110 espèces introduites a été observé dont 55 espèces plantées et 55 espèces naturalisées, dont 8 présentent un caractère envahissant, notamment *L. leucocephala* et *P. carolinensis* classées « espèces menaçant la biodiversité » par arrêté ministériel. Notons également la présence de 5 autres espèces classées dans la même catégorie plantées sur l'atoll. Lors des précédents inventaires, seules 11 espèces envahissantes avaient été recensées. Le nombre élevé de plantes introduites est comparable à celui trouvé dans d'autres atolls habités mais le taux de naturalisation de 50 % de ces espèces est le plus élevé de tous les atolls étudiés en Polynésie française. Cette richesse de la flore secondaire est à mettre en relation avec la forte occupation humaine par le passé et les nombreuses introductions de plantes ornementales dans les jardins de l'atoll.

Un programme de lutte contre la prolifération des aïto (*Casuarina equisetifolia*) et la réhabilitation des zones envahies par les espèces menaçant la biodiversité est en cours (éradication précoce, destruction, replantation avec des espèces indigènes) en collaboration avec les militaires, une

opération de gestion des plantes envahissantes novatrice.

En ce qui concerne **les oiseaux**, les essais nucléaires sur les atolls de Moruroa et Fangataufa ont décimé les espèces terrestres (la rousserole des Tuamotu a disparu depuis les essais et n'a jamais recolonisé l'île). Vingt ans après l'arrêt des tirs, les populations d'oiseaux marins recensées sont 2 fois plus faibles qu'avant l'installation du CEP (source association Manu). Des observations ont été réalisées en 2007, révélant la présence de Pétrel de Murphy (espèce quasi menacée) ainsi que celle de Phaétons à brins rouges nicheurs, sur Fangataufa. Mais ces oiseaux autrefois répartis sur tous les motus de l'atoll ne sont aujourd'hui présents que sur 3 ou 4 îlots de l'ouest. A l'extrême ouest de Moruroa on retrouve des espèces nicheuses en dehors des motu colonisés par les aïto (arbres de

### LES DIFFÉRENTS TYPES DE TIRS

**Essais atmosphériques :** 42 essais à Moruroa, 4 à Fangataufa de 0 à 1 000 m d'altitude, regroupés en campagne pendant les périodes de bonne météo.

- Tirs sur barge flottante au milieu de l'atoll (4), puis sous ballons captifs gonflés à l'hélium (34).
- Tirs par avion : bombe larguée, le plus proche des conditions réelles (3) et essais de sécurité (largage au sol, pour s'assurer de la sûreté de l'engin (5)).

**Essais souterrains :** 137 essais à Moruroa et 10 à Fangataufa en puits de 200 à 800m de profondeur.

- Tirs dans la couronne corallienne (78).
- Tirs en lagon (62).
- Tirs de sécurité (7).

**Expériences complémentaires :** une douzaine d'essais de surface (explosifs chimiques sur petites quantités de matière nucléaire).



fer) et de la route. Malheureusement, près de la base vie, les motus sont envahis par les rats.

## EFFET DES TIRS AÉRIENS SUR LE MILIEU MARIN

En 1998, l'AIEA concluait son étude de l'évaluation de la situation radiologique des 2 atolls par « étant donné les niveaux d'activité mesurés et prévus de radionucléides et les faibles niveaux de doses estimés (...) aucune mesure corrective n'est nécessaire (...) que ce soit maintenant ou à l'avenir (...) il n'est pas nécessaire de poursuivre la surveillance de l'environnement à des fins de protection radiologique. ». Cependant, la France a décidé de maintenir une surveillance radiologique. D'une manière générale, les mesures 2013 réalisées sur environ 200 échantillons confirment le faible niveau de la radioactivité artificielle.

En milieu marin, de l'arrêt des essais aériens en 1974 à nos jours, un gradient décroissant de l'activité volumique entre les **eaux de mer** sortant par les passes du lagon jusqu'à une dizaine de miles des atolls de Mururoa et Fangataufa a été mise en évidence pour les radionucléides de période moyenne à longue ( $^{239+240}\text{Pu}$ ). En dehors de cette zone, la radioactivité dans les eaux océaniques n'est pas perceptible, les niveaux d'activité volumique des eaux océaniques du Pacifique Sud se situent parmi les plus bas de la planète.

Les **eaux de lagon** font l'objet de suivi annuel, depuis des années, les résultats de l'activité volumique des eaux tritiées pour Mururoa et Fangataufa sont tous inférieurs aux limites de détection. L'activité volumique des eaux en  $^{137}\text{Cs}$  décroît depuis les années 1980 avec une période apparente de 6,2 +/- 1,6 ans et depuis 1989 selon une période apparente de 13,7 +/- 3,4 ans (18,2 +/- 6,2 ans pour Fangataufa). Ces périodes sont plus rapides que la période radioactive du  $^{137}\text{Cs}$  qui est de 30 ans. Les valeurs 2011 confirment cette décroissance. Les activités volumiques en Strontium et Plutonium sont sans changement par rapport aux années précédentes, du même ordre de grandeur que celles des eaux océaniques polynésiennes.

En ce qui concerne les **sédiments**, le bilan 2011 indique qu'il n'y a pas d'évolution notable depuis des années, les résultats sont inférieurs ou proches des limites de détection. Le marquage radiologique significatif en plutonium est resté localisé au fond des lagons dans les sédiments des anciens points zéro des essais aériens des zones Dindon et Denise à Mururoa, Frégate à Fangataufa (soit un peu plus de 9 kg de plutonium) ainsi que dans le banc de sable immergé par 10 m de fond devant le motu Colette (2 kg de plutonium). Suite aux essais aériens de sécurité, les anfractuosités de la dalle corallienne en zone nord de Mururoa contiennent environ 6 gr de plutonium. L'impact sanitaire de ce plutonium est considéré comme négligeable par l'AIEA.

Concernant les **peuplements du lagon**, les analyses sont effectuées sur le plancton, les trocas, les poissons chirurgiens et les mérus. Les turbos vivant sur la crête algale sont également collectés. Les valeurs restent dans l'ensemble au niveau des limites de détection pour le  $^{137}\text{Cs}$

(sauf pour les trocas au sud de Mururoa). Pour les autres radionucléides, on constate que leur activité diminue selon une période plus faible que la période radioactive de ces radioéléments (excepté le  $^{40}\text{K}$  qui reste stable et le  $^{137}\text{Cs}$  dans les mérus qui ne présente pas de décroissance apparente).

Les **peuplements de coraux** et de **mollusques** des platiers externes se sont reconstitués avec une diversité et un taux de recouvrement comparables à ceux existants avant les essais. Globalement, la recolonisation est active mais la restauration des peuplements coralliens suite aux essais aériens est plus avancée que dans le cas des essais souterrains, plus récents, qui ont généré une dégradation plus importante

## IMPACTS DES TIRS AÉRIENS SUR LE MILIEU CORALLIEN

Une explosion nucléaire aérienne libère une quantité de chaleur considérable et engendre des effets mécaniques particulièrement destructeurs dont l'importance est directement fonction de la puissance de l'explosion, et de la distance par rapport au point zéro. Suite à la chaleur, les espèces émergées sur le platier externe et dans le lagon sont détruites ou transformées en chaux sur la face exposée. Les espèces mal abritées sont atteintes directement. Les espèces tapies sous les blocs coralliens ou dans l'eau à faible profondeur sont peu ou pas atteintes.

Les effets mécaniques se traduisent par une onde de choc et un souffle très violent. L'onde de choc frappe la surface de l'eau ou du sol, une partie est réfléchiée et une autre provoque la formation d'un cratère sur le fond sédimentaire, zone dans laquelle toute vie libre ou fixée est instantanément détruite. Des vagues se forment et détruisent les formes coralliennes les plus fragiles.

Au cours des tirs souterrains, où l'explosion a lieu dans le socle basaltique profond, une grande partie de l'énergie est libérée localement. La chaleur n'a aucune action directe sur le biotope corallien. L'onde de choc occasionne des destructions par éboulement ou fracturation des pâtés coralliens. Les formes madréporiques fragiles sont brisées, les formes massives restant intactes ou fendues. Les sédiments des zones ébranlées sont soulevés et se déposent sur les formes filtrantes qui peuvent mourir par asphyxie.

Après des tirs nucléaires, un état normal se réinstalle par régénération des coraux à partir d'éléments demeurés intacts, mais cette normalisation est lente et demande de longs mois ou années ou parfois des décennies suivant l'importance des dégradations subies.

Source : Bablet et al, 1997

La résistance aux perturbations de peuplements de gastéropodes a été étudiée sur les récifs extérieurs de l'atoll de Fangataufa après que ce dernier ait été soumis à des essais nucléaires atmosphériques. Les résultats suggèrent que, même si la densité de plusieurs espèces a chuté immédiatement après les tests, notamment chez les gastéropodes, la plupart des espèces ont recolonisé rapidement les récifs perturbés.

Source : Salva et al, 2002

de substrats en certains points des lagons de ces atolls. Les communautés sont encore mal structurées (dominance des espèces pionnières et nombreux juvéniles). Dès 1969, des peuplements de *Palythoa*, des faciès à *Zoanthus* ainsi que l'actinie *Rhodactis* sont apparus, entraînant une diminution de la diversité spécifique des madréporaires par élimination d'espèces ne supportant pas les taux élevés de matières en suspension ou sédimentées. Les échinodermes et algues connaissent des expansions démographiques comparables à celles des zones de rejets urbains.

Le **plancton océanique** et les **poissons pélagiques hauturiers** font également l'objet d'analyses conformément au Guide de surveillance

## EFFETS DES TIRS SOUTERRAINS

Les tirs souterrains ont été effectués dans des puits de 200 à 800 mètres creusés dans la roche basaltique d'origine volcanique. Les fractures naturelles sur la pente externe du récif créées par la subsidence de l'atoll ont été réactivées par les sollicitations mécaniques générées par les vibrations des tirs souterrains. La succession des tirs a provoqué un effet de tassement de la couronne corallienne, pouvant atteindre 30 cm pour une explosion de 10 kt à 600 m de profondeur. La dénivellation cumulée atteint plus d'1 m, notamment dans la partie sud-ouest de Mururoa (Bouchez, 2000).

Un risque de glissement des blocs de falaise corallienne existe, qui provoquerait une vague de 5 m environ sur le lieu de l'évènement. Un second risque concerne le glissement de loupes (masses de calcaire) vers l'océan, qui provoquerait une vague maximale de 20 m localement et pourrait toucher les atolls voisins sous forme d'une montée des eaux d'1,5 à 2 m. Depuis l'arrêt des essais ces risques sont à très faible probabilité. (Source : Ministère de la Défense).

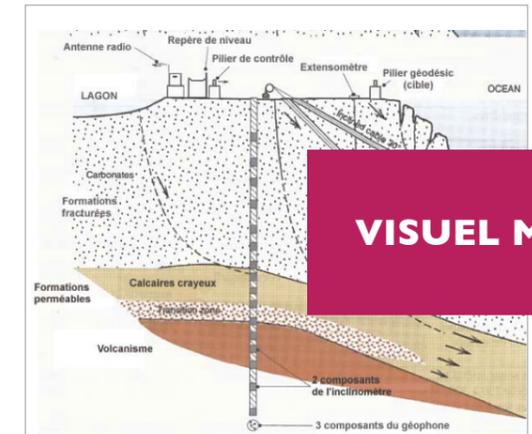
Une étude a été réalisée en 2010 sur la colonisation des platiers effondrés de la zone sud-ouest de Mururoa. Elle montre que la colonisation est importante même si les peuplements sont très différents d'une zone de référence. L'effondrement datant de moins de 20 ans, les peuplements sont en pleine évolution.

### Instabilité géomécanique

La déstabilisation des flancs de l'atoll de Mururoa est à l'origine des effondrements dont le plus important en 1979 a produit une vague d'une hauteur de 2,5 mètres submergeant certaines parties de Mururoa et la piste d'aviation de Fangataufa.

L'étude de la Commission géomécanique internationale (Commission Fairhurst, 1999) sur la stabilité des atolls a montré que :

- environ 5 % du volume total de roches volcaniques compris entre 500 m et 1500 m de profondeur sous la surface, à Mururoa aussi bien qu'à Fangataufa, a été endommagé ;
- une partie des premiers essais, conduits sous la couronne de Mururoa, ont produit un



Coupe verticale montrant les emplacements des instruments de surveillance sismique - Source du dessin : Comsup de Polynésie française

## VISUEL MOYEN

endommagement des roches carbonatées depuis le sol jusqu'à une profondeur de 200 mètres, en entraînant des affaissements de surface visibles qui atteignent jusqu'à 2 m ; ces effets concernent environ 3 % du volume total des couches carbonatées ;

- associés à l'endommagement des carbonates dans la couronne sud-ouest de Mururoa, on constate un ensemble de glissements de pentes sous-marines, dont la plus grande intéresse quelques 0,1 km<sup>3</sup> de matériaux principalement détritiques. Sur la pente nord-est de Mururoa et sur la couronne nord-est de Fangataufa, on observe de longues fractures ouvertes de surface, parallèles à la couronne, du côté du lagon et du côté de l'océan ;
- Il n'y aura pas d'impact à long terme (500 - 10 000 ans) sur l'hydrologie globale d'aucun des deux atolls.

Ce rapport indique par ailleurs que « un ou plusieurs grands effondrements sous-marins pourraient affecter les flancs de la couronne nord-est de Mururoa, intéressant un volume total de matériaux qui pourrait atteindre 0,6 km<sup>3</sup>... »

L'atoll de Mururoa fait l'objet d'une surveillance géomécanique depuis les années 1980. Un système de capteurs en surface et en profondeur, baptisé TELSITE, permet de déclencher automatiquement une alerte en cas de glissement d'un pan de falaise corallienne. Les mesures sont suivies en permanence. Ces capteurs permettent également de surveiller l'évolution des mouvements de 3 masses calcaires (loupes) de la zone nord afin de prévoir un glissement plusieurs semaines en avance. Les mesures confirment des vitesses stationnaires ou en ralentissement progressif, avec une activité microsismique normale, mais les mouvements sont toujours mesurables. En 2013, une vaste opération de diagnostic des systèmes de surveillance a été entreprise en vue de leur modernisation.

### Diffusion des matières radioactives

Les explosions nucléaires souterraines ont déposé à une profondeur de quelques centaines de mètres dans le socle basaltique, des résidus de matières nucléaires radioactives en activité sur plusieurs dizaines de milliers d'années. On considère qu'aujourd'hui environ 550 kg de plutonium et



Radionucléide	Étude AIEA			Total français <sup>1</sup>
	Mururoa	Fangataufa	Total	
<sup>3</sup> H	232 000	48 000	280 000	280 000
<sup>14</sup> C	25	2,6	28	nc <sup>2</sup>
<sup>36</sup> Cl	1,3	0,4	1,7	nc
<sup>41</sup> Ca	1,0	0,3	1,3	nc
<sup>55</sup> e	3 800	3 800	7 600	nc
<sup>59</sup> Ni	2,9	0,9	3,8	nc
<sup>60</sup> Co	1 600	1 000	2 600	2 500
<sup>63</sup> Ni	340	110	450	nc
<sup>75</sup> Se	0,008	0,003	0,011	nc
<sup>85</sup> Kr	670	380	1 000	700
<sup>90</sup> Sr	7 300	3 500	10 800	11 000
<sup>92</sup> Zr	0,23	0,09	0,32	0,35
<sup>99</sup> Tc	1,9	0,6	2,5	2,8
<sup>106</sup> Ru	3 900	3 400	7 300	20 000
<sup>107</sup> Pd	0,18	0,03	0,21	nc
<sup>113m</sup> Cd	2,7	0,6	3,3	nc
<sup>121m</sup> Sn	0,32	0,03	0,35	nc
<sup>126</sup> Sn	0,14	0,03	0,17	nc
<sup>125</sup> Sb	420	310	730	700
<sup>129</sup> I	0,0047	0,0014	0,0061	0,005
<sup>134</sup> Cs	0,68	0,26	0,94	25
<sup>135</sup> Cs	0,20	0,07	0,27	0,24
<sup>137</sup> Cs	10 700	4 100	14 800	14 500
<sup>147</sup> Pm	5 200	5 900	11 100	11 000
<sup>151</sup> Sm	390	120	510	750
<sup>152</sup> Eu	230	100	330	140
<sup>154</sup> Eu	33	17	50	nc
<sup>155</sup> Eu	330	140	470	1 200
<sup>236</sup> U	0,12	0,02	0,14	nc
<sup>237</sup> Np	0,22	0,03	0,25	0,25
<sup>238</sup> Pu	185	15	200	200
<sup>239</sup> Pu	1 030	70	1 100	1 100
<sup>240</sup> Pu	280	20	300	300
<sup>241</sup> Pu	6 200	620	6 820	6 800
<sup>242</sup> Pu	0,0084	0,0085	0,0092	nc
<sup>241</sup> Am	350	30	380	380

<sup>1</sup> : Source Bureau de liaison français, document n°4  
<sup>2</sup> : nc : donnée non communiquée.  
 Prévision de l'évolution annuelle des taux de relâchement en <sup>3</sup>H, <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs et <sup>239+240</sup>Pu dans les eaux des lagons de Mururoa et Fangataufa et les eaux profondes de l'océan Pacifique proches des atolls.  
 Source : Ministère de la Défense

produits issus des explosions souterraines sont présents dans le sous-sol des deux atolls.

Il existe des circulations d'eau océaniques qui s'effectuent naturellement en permanence à travers la structure volcanique et corallienne des atolls. L'eau traverse ces structures géologiques à des vitesses très faibles (1 cm/an dans les roches volcaniques et 1 cm/jour dans les carbonates) et peut favoriser la diffusion des matières radioactives dans le milieu environnant. La surveillance de la radioactivité des eaux souterraines de Mururoa et Fangataufa est assurée annuellement. Globalement, la radioactivité de ces eaux reste constante avec les plus forts niveaux en zone nord.

La Commission Fairhurst indique que les radionucléides produits par la plupart des explosions nucléaires réalisées sont toujours convenablement confinés par une couverture suffisante de roches volcaniques relativement imperméables. Elle recommande néanmoins de poursuivre les observations relatives au relâchement de radionucléides dans les carbonates inférieurs et dans les lagons de Mururoa et Fangataufa, de renforcer les études destinées à une meilleure explication du mélange intensif d'eaux souterraines observé dans les carbonates et de poursuivre la surveillance du tritium relâché dans les carbonates des deux atolls afin d'évaluer si le confinement des essais est effectif.

## LES DÉCHETS

Les déchets sont de deux types : les déchets renfermant des radionucléides présents dans les mélanges de produits radioactifs résultant des essais nucléaires et ceux issus des expériences de sécurité, contenant du plutonium. S'y ajoute les déchets issus des opérations d'assainissement et de démantèlement lors du fonctionnement des

L'AIEA a réalisé en 1998 une étude relative à la situation radiologique sur les atolls de Mururoa et Fangataufa. Les matières radioactives présentes dans la biosphère accessible des atolls de Mururoa et Fangataufa proviennent en partie des retombées locales issues des essais atmosphériques et des fuites de matières radioactives provenant de certains essais nucléaires souterrains. Les principaux éléments radioactifs retrouvés dans ces 3 types de milieu sont le tritium, le césium, le strontium et le plutonium. Les conclusions de l'étude montrent que les matières radioactives résiduelles du milieu terrestre et aquatique, attribuables aux « expériences nucléaires » sont à des concentrations très faibles ; mais un certain nombre d'éléments pouvant avoir des incidences radiologiques ont été relevés :

- plusieurs kilogrammes de plutonium résultant des essais nucléaires atmosphériques effectués sur les atolls subsistent dans les sédiments du lagon de chaque atoll. Une partie du plutonium présent dans les sédiments du lagon de Mururoa provient des expériences de sécurité atmosphériques ;
- les concentrations de tritium dans chaque lagon étaient plus élevées que dans l'océan à cause de fuites provenant d'un certain nombre de cavités-cheminées créées par des essais nucléaires souterrains ;
- des particules contenant du plutonium et de petites quantités d'américium résultant des expériences de sécurité atmosphériques subsistaient dans la zone des sites des expériences ;
- des niveaux de <sup>137</sup>Cs supérieurs à la normale ont été décelés sur de petites surfaces de la couronne de Fangataufa.

sites d'expérimentation, puis à leur clôture. Il s'agit des déchets « technologiques », gants, bottes, blouses,...(en général de faible activité), des déchets solides provenant des échantillons analysés, des prélèvements dans le nuage des expérimentations aériennes, des rejets, principalement liquides, des engins lourds (camions, avions, etc ..), des tours de forage, ou encore des matériaux, ferrailles et gravats, issus du démantèlement... des tonnes de déchets non radioactifs ont également été générés par 30 ans d'activité, déchets ménagers, industriels ou de démolition, véhicules...

Suivant leur activité massive, les déchets étaient conditionnés dans des futs étanches remplis de béton, puis enfouis dans les puits, soit en zone corallienne terrestre soit dans la partie sédimentaire des puits ou bien dans la partie volcanique plus profonde, ou encore immergés en mer.

- 160 000 m<sup>2</sup> de surface couverte détruite ou démontée.
- 12 000 t de ferrailles compactées et évacuées par bateau.
- Plusieurs milliers de tonnes de gravats utilisés pour reboucher les puits ou les zones affaissées.

Les déchets de haute activité ont été conditionnés et enfouis dans 2 puits spécialement creusés à cet effet à Mururoa (zone Denise). Les dépôts de déchets de faible et moyenne activité ont été enfouis dans 25 puits de tir. Les déchets non radioactifs, notamment issus des opérations de démantèlement de Mururoa en 1996 ont été

## LE DÉMANTÈLEMENT DES SITES

Des opérations de réhabilitation ont été réalisées à Pukarua, Reao, Tureia et aux Gambier de 2007 à 2009. Depuis 2009, c'est sur l'atoll de Hao qu'ont débuté des travaux de déconstruction, démolition, nettoyage, dépollution, qui devront durer 7 ans. L'enlèvement de dépôts de matériels au fond du lagon en 5 zones ainsi que des études environnementales (diagnostic amiante et plomb, radiologique, pollutions industrielles...) sont également organisées. D'autre part, la restitution des terres aux propriétaires privés, à la commune et au Pays est en cours, 70% des 185 ha des terres concernées ont déjà été traités. Les déchets sont soigneusement triés pour leur valorisation. Début 2014, ce sont 1 073 m<sup>3</sup> de métaux, 249 m<sup>3</sup> de déchets divers et 127,7 tonnes d'amiante qui ont été évacués de Hao. 9 826 m<sup>3</sup> de béton retirés des parcelles nettoyées ont été concassés et stockés puis mis à disposition de la population.

largement « océanisés » tandis que les gravats de béton étaient utilisés pour rehausser les zones de l'atoll qui s'étaient effondrées. Des véhicules de toutes sortes ont été stockés sur un site isolé de Mururoa ou abandonnés sur place à Fangataufa. Il existe également trois sites d'immersion en mer, deux au large de Mururoa : site Novembre (entre -2000 et -3 000 m ; 20 km<sup>2</sup> ; 76 tonnes de déchets radioactifs non conditionnés immergés) et site Oscar (entre -2 500 et -3 200 m ; 60 km<sup>2</sup> ; 2 580 tonnes conditionnées et 1 280 tonnes non conditionnées ainsi que engins lourds et matériels décontaminés) et un au large de Hao, site Hôtel (-2 500 m ; 1 km<sup>2</sup> ; 302 tonnes conditionnées et 222 tonnes non conditionnées), utilisés jusqu'en 1986, date à laquelle la Convention de Nouméa interdisait tout rejet de déchets radioactifs dans le Pacifique.

## IMPACT SANITAIRE SUR LES POPULATIONS

Comme le montrent les analyses du LESE/IRSN (voir paragraphe « niveaux d'activité en 2013 »), confirmées par le rapport du CRIIRAD, « la situation radiologique actuelle est très satisfaisante ; elle ne révèle pas d'anomalies qui mettraient en danger la santé publique. Seule une faible contamination en <sup>137</sup>Cs peut encore être observée dans certains échantillons ».

Les analyses prospectives sur les conditions radiologiques futures, faites par l'AIEA sur Mururoa et Fangataufa, qui ont estimé l'évolution des niveaux de radioactivité du lagon sur plusieurs dizaines de milliers d'années, permettent également de conclure que les doses annuelles déjà très faibles aujourd'hui iront en diminuant. L'étude conclut qu'à ces faibles niveaux de doses aucune modification des taux d'incidence du cancer dans la région ne pourra être attribuée à l'exposition aux rayonnements provoqués par les matières radioactives résiduelles présentes dans les deux atolls...

Mais les impacts actuels et futurs des tirs aériens anciens sur la population sont encore mal connus et les avis des divers rapports divergent parfois.

Les doses totales reçues par les populations à cette époque résultent des expositions consécutives à :

- l'irradiation externe lors du passage du nuage ;
- l'irradiation externe due aux dépôts des radionucléides associés à la retombée ;
- l'inhalation de radionucléides au passage du nuage ;
- l'ingestion de radionucléides présents dans l'alimentation issue des produits agricoles locaux.



Localisation des atolls et des îles où les retombées des essais ont été significatives - Source : DSND.



Les différentes études s'accordent sur le fait que les retombés de certains tirs ont affecté plus significativement quelques îles et atolls de la Polynésie française. Les retombées sont considérées comme significatives lorsqu'elles conduisent à des doses supérieures à 1 mSv, limite actuelle de la réglementation internationale (elle était de 5 mSv à l'époque des essais). Ces limites s'entendent pour des doses susceptibles d'être reçues chaque année durant toute une vie.

Pour ces expérimentations, la dosimétrie a été réévaluée ces dernières années par les travaux menés sous l'égide du Délégué à la sûreté nucléaire de défense (DSND) pour les adultes et les enfants pour tenir compte de l'ensemble des mesures effectuées depuis le début des essais en Polynésie, de l'amélioration des modèles utilisés pour effectuer les calculs de dose et de la prise en compte de l'exposition thyroïdienne.

Les doses ainsi évaluées (doses efficaces et doses équivalentes à la thyroïde) sont des doses enveloppes, représentant des maximums très supérieurs aux doses probables.

Cette étude a montré que 10 essais ont donné lieu à des retombées notables sur des zones habitées. Parmi eux, 6 ont apporté une contribution non négligeable à l'exposition de la population, dont Aldebaran (2 juillet 1966), Arcturus (2 juillet 1967), Encelade (12 juin 1971), Phoebe (8 août 1971), Centaure (17 juillet 1974). Le bilan global des doses ainsi réévaluées montre que :

- L'ensemble des doses efficaces engagées est au maximum de 10 mSv.
- Les doses équivalentes à la thyroïde chez les enfants des îles Tureia, Reao, Pukarua sont restées très inférieures à 100 mSv, sauf dans les îles Gambier en 1966 (Aldebaran : max 80 mSv) et en 1971 (Phoebe : max 98 mSv).

Les conséquences sanitaires ont été étudiées notamment par l'Inserm qui a conduit plusieurs études en association avec l'Office de protection contre les rayonnements ionisants. Deux études, publiées en 1994 et 1997, constataient une plus grande occurrence des cancers thyroïdiens chez les femmes, sans que l'organisme de recherche n'ait pu impliquer une « origine radio-induite », et concluait pour sa part à l'absence de relation entre la répartition des décès par cancer et la distance par rapport aux sites de tir ».

Une autre étude a été conduite par l'Inserm (Poly : étude cas-témoin sur le cancer de la thyroïde en Polynésie française), en comparant les données de 229 cas de cancers de la thyroïde survenus en Polynésie française à celles de 373 témoins indemnes. Cette étude tendrait à montrer un lien entre cancer de la thyroïde et essais nucléaires en Polynésie française. Ces résultats ont été publiés en 2010 (De Vathaire et al, 2010). Ils indiquent en conclusion que « le risque estimé est faible mais basé sur des données d'exposition limitées. La déclassification des informations sur les expositions permettrait d'améliorer l'appréciation du risque ». En effet, de nombreuses informations sont encore classées « Secret Défense ».

Le Comité de liaison pour la coordination du suivi sanitaire des essais nucléaires (CSSEN) recommande aussi un appui de l'Etat au suivi

sanitaire des populations vivant aujourd'hui aux Gambier, à Tureia, Reao et Pukarua, ainsi que des personnes qui n'y vivent plus mais y résidaient entre les années 1966 et 1974, ainsi qu'une prise en charge des maladies des personnes présentes lors des essais aux Gambier en 1966 ou en 1971, à Tureia en 1967 et 1971 alors qu'elles étaient enfants de moins de 15 ans (Source : rapport du CSSEN).

### LA LOI MORIN POUR L'INDEMNISATION DES VICTIMES DES ESSAIS NUCLÉAIRES

La loi du 5 janvier 2010 sur la reconnaissance et l'indemnisation des victimes des essais nucléaires français, dite Loi « Morin », prévoit une procédure d'indemnisation pour les personnes atteintes de maladies résultant d'une exposition aux rayonnements des essais nucléaires français. Dix-huit maladies radio-induites sont inscrites sur une liste fixée par décret en Conseil d'Etat conformément aux travaux reconnus par la communauté scientifique internationale.

L'indemnisation est décidée par un comité d'indemnisation créé spécialement : le CIVEN (comité d'indemnisation des victimes des essais nucléaires), composé d'un haut magistrat qui le préside, et de médecins et personnes qualifiées.

La réparation est intégrale et soumise à conditions, notamment de séjour à la période et dans les lieux déterminés par la loi. Initialement le périmètre polynésien dans lequel il faut avoir résidé ou séjourné, entre le 2 juillet 1966 et le 31 décembre 1998, pour pouvoir bénéficier du régime d'indemnisation était restreint aux atolls de Mururoa, de Fangataufa et de Hao, et à l'île de Tahiti. Ce périmètre a été étendu à l'ensemble de la Polynésie française par la loi de programmation militaire du 18 décembre 2013. La commission d'indemnisation est également devenue une autorité administrative indépendante, qui n'est plus sous l'autorité hiérarchique du ministre de la défense.

Au 1<sup>er</sup> avril 2014, 9 demandes d'indemnisation étaient concrétisées pour la Polynésie française

(source : Ministère de la défense)

Un autre impact est à considérer concernant la population, et par dérivation l'environnement, celui du développement ultra rapide du pays avec l'arrivée du CEP et de la manne financière associée. Cela se traduit par les transformations d'une société rurale et ilienne qui vivait en phase avec son environnement, en une société de consommation, à l'image d'une société européenne industrielle (A. Du Prel). Patrick Howell (ancien ministre de la santé et actuellement directeur de l'Institut Louis Malardé) résume la situation par cette phrase : « Nous sommes passés de l'âge de la pierre à celui du nucléaire en même pas 200 ans. L'histoire a pu être dirigée par un grand pays comme la France, alors que chez nous, c'est un peu comme si vous preniez un enfant de l'école maternelle et que vous le mettiez dans la cour du campus universitaire. »

## LES DONNÉES ESSENTIELLES

	Source	1996	2006	2013	
Valeur moyenne (en Bq.l <sup>-1</sup> ) du <sup>137</sup> Cs pour le lait de vache à Tahiti (plateau de Taravao)	IRSN	5 à 6 (1970s)	0,86	0,34	
Dose efficace totale moyenne pour les adultes (µSv)			5	4,5	
Dose efficace totale moyenne pour les enfants (µSv)			4	3,5	
Valeur max. de <sup>137</sup> Cs, <sup>60</sup> Co, <sup>90</sup> Sr enregistré dans le bœufier (Bq.kg <sup>-1</sup> frais)				<sup>60</sup> Co : 0,03 <sup>90</sup> Sr : 0,129	<sup>60</sup> Co : ≤0,06
Valeur maximum de <sup>137</sup> Cs enregistrée dans un aliment (Bq.kg <sup>-1</sup> frais)				18,8 (bœuf à Tahiti)	2,5 (bœuf à Tahiti)
Niveau de radioactivité dans les aliments (nombre total de résultats d'analyses supérieurs à la limite de détection / nombre total d'analyses)		0,08 (1999)	<sup>137</sup> Cs : 94/187 <sup>90</sup> Sr : 13/32	<sup>137</sup> Cs : 38/84 <sup>90</sup> Sr : 0/14	
Activité moyenne annuelle des aérosols pour le <sup>137</sup> Cs (mBq.m <sup>-3</sup> )	Observatoire OPERA		0,04	0,06 ± 0,04	

