



Au mois de mai dernier, je suis venu en Polynésie française, mandaté par Michèle Alliot-Marie, ministre de la défense, avec un ensemble de documents qui réunissaient les premiers éléments du dossier relatif aux faits et conséquences radiologiques des essais nucléaires aériens français dans le Pacifique.

Conformément aux engagements pris alors, je reviens aujourd'hui avec les compléments d'informations sur ce dossier. L'ensemble du dossier ainsi constitué répond de manière exhaustive aux questionnements des populations sur l'histoire des essais nucléaires en Polynésie française et leurs conséquences radiologiques.

Le dossier remis en mai dernier au Conseil polynésien d'orientation pour le suivi des conséquences des essais nucléaires (COSCEN) comportait, en outre, des réponses aux demandes de la Commission d'enquête de l'Assemblée de Polynésie française sur l'immersion des déchets radioactifs à Mururoa et Hao ainsi que sur la situation radiologique et environnementale de Hao.

Le COSCEN avait alors manifesté le souhait que soit précisé le devenir des déchets après l'arrêt définitif des essais en 1996, les stockages des déchets en puits à Mururoa, l'étude de l'impact radiologique en cas d'ouverture dans l'océan de cavités de tir, les conséquences du glissement éventuel d'une « loupe » du platier corallien de Mururoa. Les réponses à ces demandes sont intégrées au dossier complémentaire que j'apporte aujourd'hui. S'agissant de l'impact radiologique éventuel des déchets immergés dans l'océan à Hao, des prélèvements dans l'environnement océanique seront réalisés lors de la prochaine campagne de surveillance en 2007.

Par ailleurs, j'ai proposé au président du COSCEN, par lettre envoyée au mois de juin, que le Conseil désigne un ou deux experts polynésiens pour participer à la surveillance radiologique et géomécanique des sites d'expérimentation ainsi qu'il en avait exprimé le souhait au mois de mai. Le guide de surveillance des sites (agréé par l'AIEA – Agence internationale pour l'énergie atomique) qui en régit les modalités ainsi que les derniers rapports annuels de surveillance radiologique et géomécanique de Mururoa et Fangataufa approuvés par la Commission de sûreté pour la surveillance des anciens sites d'expérimentations nucléaires (C3S) ont été joints à ce courrier.

S'agissant des demandes de traitement (déconstruction ou réhabilitation) d'anciennes installations de l'ex-Direction du centre des essais nucléaires (DIRCEN), leur étude est engagée en coopération entre l'État et les instances concernées de la Polynésie française, notamment les collectivités locales. J'ai recommandé que la priorité soit accordée aux installations de Tureia, Mangareva, l'atoll de Hao faisant l'objet d'une procédure particulière.

Bien entendu, l'évaluation de l'impact des essais nucléaires sur la santé des Polynésiens ayant travaillé sur les sites d'expérimentation est partie intégrante de la mission qui m'a été confiée et qui est également celle du Comité de liaison pour le suivi sanitaire des essais nucléaires (CSSEN\*).

Une étude concernant la santé des anciens travailleurs des sites d'expérimentations implique la constitution d'un fichier de ces personnes qui soit le plus exhaustif possible. Ce fichier doit respecter les dispositions légales dont j'ai demandé à la Commission nationale informatique et liberté (CNIL) de me préciser la teneur, au vu de l'usage qui peut en être fait et dans la préoccupation de satisfaire au plus vite le souhait exprimé par le COSCEN et le ministre polynésien de la santé. Je tiens informé le COSCEN de ces démarches et de leur résultat.

Marcel Jurien de la Gravière  
Délégué à la sûreté nucléaire de défense

\* À la demande du Président de la République, ce comité a été créé le 15 janvier 2004 par décision conjointe des ministres de la défense et de la santé. Il a notamment pour mandat de définir et de caractériser les pathologies susceptibles d'être radio-induites, de caractériser les catégories de personnes concernées et de dresser le bilan des données disponibles sur les expositions aux rayonnements ionisants durant les essais nucléaires. Il est co-piloté par le Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et les installations intéressant la défense (DSND) et le Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR).

# Sommaire

<b>1 - BILAN DES RETOMBÉES SIGNIFICATIVES SUR LES ÎLES ET ATOLLS DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - ENFOUISSEMENT EN PUIS DES DÉCHETS RADIOACTIFS SOLIDES À MURUROA .....</b>	<b>11</b>
<b>3 - CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES DU GLISSEMENT D'UNE LOUPE EN ZONE NORD À MURUROA .....</b>	<b>15</b>
<b>4 - CONCLUSION .....</b>	<b>19</b>



**BILAN DES RETOMBÉES SIGNIFICATIVES  
SUR LES ÎLES ET ATOLLS DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE**

Octobre 2006

# LA RÉGLEMENTATION EN RADIOPROTECTION

## Les limites de dose efficace annuelle

Ces limites de dose s'entendent pour des doses susceptibles d'être reçues, chaque année, pendant toute une vie. Elles ne constituent pas une frontière entre une dose sans risque d'impact sanitaire et une dose à impact assuré. Il s'agit de valeurs annuelles réglementaires de gestion en radioprotection, en situation normale. Ces limites sont donc indicatives et l'ensemble du secteur nucléaire (industriel, médical, recherche,...) œuvre en permanence pour appliquer le principe ALARA : **As Low As Reasonably Achievable soit, en français, les doses délivrées doivent être « aussi basse que raisonnablement possible ».**

Au moment des essais aériens, les limites annuelles étaient de 5 mSv pour les populations (et de 50 mSv pour les travailleurs affectés à des travaux sous rayonnements ionisants). Depuis 2002, ces limites sont de 1 mSv pour les populations et de 20 mSv pour les travailleurs.

Nota : La radioactivité d'origine naturelle délivre une dose efficace annuelle moyenne de 2,4 mSv en métropole et de 1 mSv en Polynésie française.

## Équivalent de dose annuelle à la thyroïde pour les populations

Pour la période de 1966 à 1974, période des essais aériens en Polynésie, le décret 66-450 du 20 juin 1966, relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants, s'appliquait. Il limitait à 15 mSv par an, pour le public, l'équivalent de dose aux organes autres que les tissus hématopoïétiques, les gonades, le tissu osseux et la peau. La thyroïde n'y était pas spécifiquement mentionnée. A partir des modifications de ce décret en 1988, on peut estimer la limite d'exposition aux différents organes (dont la thyroïde) à 50 mSv pour le public.

Ultérieurement, la directive européenne n°96-29 de 1996, reprise par la réglementation française, définit la limite de dose efficace pour les personnes du public à 1 mSv. Cette réglementation ne fixe pas de limite d'exposition à un organe déterminé. Néanmoins, si on considérait, par raisonnement, une exposition exclusive de la thyroïde, une dose équivalente de 20 mSv reçu à cet organe conduirait à une dose efficace (à l'organisme entier) de 1 mSv.

## LES LIMITES D'INTERVENTION AUJOURD'HUI

En plus des valeurs qui gèrent l'organisation de la radioprotection en situation normale, d'autres règles régissent les situations d'incident ou d'accident. En particulier, des actions de radioprotection vis-à-vis des travailleurs et des populations sont déclenchées lorsque la dose évaluée peut atteindre les niveaux d'intervention évoqués ci-dessous :

- mise à l'abri au-dessus d'une dose efficace de 10 mSv ;
- évacuation à partir d'une dose efficace de 50 mSv ;
- prise d'iode stable à partir d'une dose à la thyroïde de 100 mSv.

**Au regard des dispositions internationales de 2006 (et a fortiori, des règles de 1966 moins contraignantes) en matière d'intervention, en cas d'incident nucléaire et des valeurs des doses maximales calculées, aucun essai n'aurait justifié l'une des mesures décrites ci-dessus vis-à-vis des populations. Néanmoins, à titre de précaution, avant certains essais, des populations ont été, soit évacuées, soit placées dans des abris de prévoyance.**

## Effets sanitaires

Aucune étude scientifique internationale n'indique d'effets sanitaires avérés au-dessous de 200 mSv (en termes de doses efficaces), mais il est généralement convenu, y compris par la communauté scientifique, de situer le domaine des faibles doses au-dessous de 100 mSv (en termes de doses efficaces). Cela veut dire qu'en dessous de cette valeur, il n'a pas été possible de mettre en évidence des effets sur la santé. Cependant, en radioprotection, au nom du principe de précaution, l'hypothèse que de tels effets existent en dessous de 100 mSv est prise en compte et a permis de fixer les règles de la surveillance de l'exposition applicable aux travailleurs et au public (limites, surveillance médicale, etc.).

## LES RETOMBÉES DES ESSAIS

Les retombées des essais atmosphériques effectués par la France entre 1966 et 1974 ont concerné l'ensemble de la Polynésie à des niveaux le plus souvent très limités. Les retombées de certains tirs ont cependant affecté plus significativement quelques îles et atolls de la Polynésie française, en raison d'une évolution des vents provoquant un décalage de la trajectoire du nuage par rapport aux prévisions.

Le détail des principales retombées observées lors de ces essais aériens est présenté ci-après. Elles concernent, à des degrés divers, dix essais (Aldébaran, Rigel, Arcturus, Dragon, Éridan, Toucan, Encelade, Phoebe, Umbriel et Centaure) et les lieux géographiques suivants :

- Tureia, atoll le plus proche des points d'essais (110 km) et peu peuplé (40 habitants au recensement de 1967, et 68 lors de celui de 1971),
- les îles Gambier (516 habitants en 1967, 545 en 1971) qui se trouvent, par rapport à Mururoa, dans une direction voisine de celle des vents dominant en altitude. Elles se situent à une distance de 450 km des sites de tir,
- la commune d'Hitiaa (île de Tahiti), située à 1 200 km des sites d'expérimentation et qui comptait environ 2 000 habitants en 1974,
- le plateau de Taravao et le sud de Teahupoo (île de Tahiti), qui étaient très faiblement peuplés, voire inhabités.

D'autres atolls ont été concernés à des niveaux plus faibles : Reao, Hao et Hereheretue.

Les doses reçues par les populations 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 lors du passage du nuage. Le faible taux de remise en suspension dû au climat humide n'entraîne pas d'augmentation significative de la dose due à l'inhalation ;
- l'ingestion de radionucléides présents dans l'alimentation issue des produits agricoles locaux ainsi que des poissons et mollusques.

Évaluation des doses efficaces en millisievert (mSv)

Nom de l'essai	Gambier	Tureia	Pirae	Hitiaa	Plateau de Taravao Sud de Teahupoo	Hao	Reao	Hereheretue
Aldébaran 2 juillet 1966	adulte (5,5) 3 à 7 enfant 3 à 10							
Rigel 24 septembre 1966	adulte 0,1 à 0,23 enfant 0,4 à 0,71	adulte 0,06 à 0,15 enfant 0,1 à 0,23						
Arcturus 2 juillet 1967		adulte (1) 0,79 à 3,2 enfant 0,9 à 4						
Dragon 30 mai 1970		adulte (0,16)*				adulte (0,05)*		
Éridan 24 juin 1970	adulte (0,1)*							
Toucan 6 août 1970	adulte (0,2)*						adulte (0,15)*	
Encelade 12 juin 1971		adulte (1,3) 1,3 à 1,9 enfant 1,5 à 3,5						
Phoebe 8 août 1971	adulte (1,2) 0,2 à 2,6 enfant 0,5 à 7,9							
Umbriel 25 juin 1972								adulte (0,2)*
Centaure 17 juillet 1974			adulte (0,8) 0,5 enfant 1,2	adulte 2,5 enfant 5,2	adulte 3,6 enfant 4,5			

(X) doses efficaces estimées en 1997. (X)\*doses externes estimées à la suite de l'essai. **X doses efficaces estimées en 2006.**

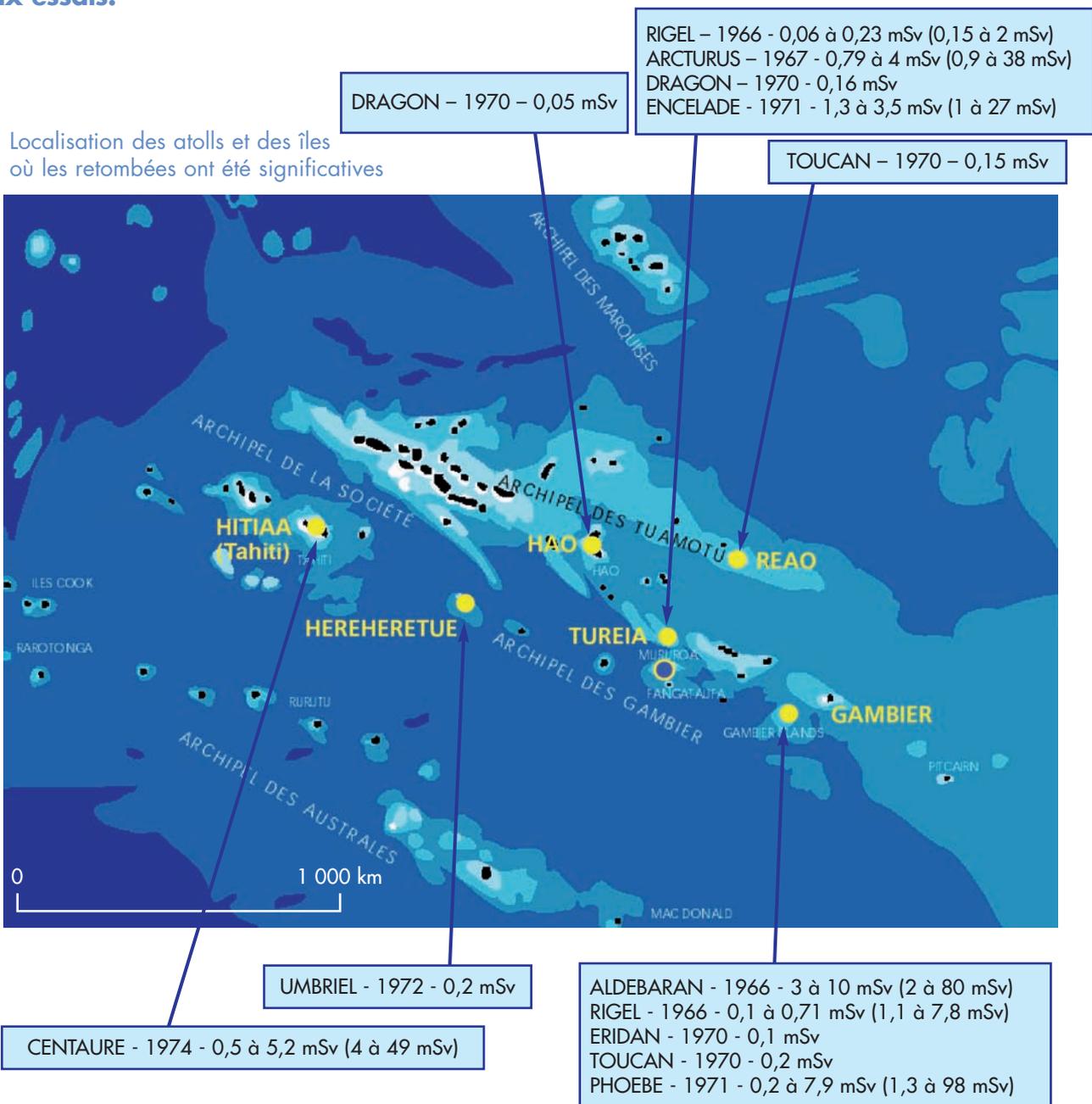
## Les retombées significatives

Cinq retombées ont fait l'objet d'une communication à l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) et à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST). Il s'agit des cinq expérimentations atmosphériques suivantes : Aldebaran (2 juillet 1966), Arcturus (2 juillet 1967), Encelade (12 juin 1971), Phoebe (8 août 1971), Centaure (17 juillet 1974).

Les doses sur les Gambier, consécutives à l'essai Rigel (24 septembre 1966) sont aussi à considérer en raison des trois mois qui le séparent de l'essai Aldebaran.

**Bien que le tableau précédent montre qu'une dizaine d'essais ont donné lieu à des retombées significatives, ces six essais contribuent majoritairement aux doses reçues par les populations sur ces zones. Les autres essais présentés dans le tableau contribuent aux doses de façon beaucoup plus faible. Les essais ne figurant pas dans ce tableau sont sans signification en termes de doses.**

**Sur 41 essais atmosphériques, le débat sur les retombées significatives concerne donc six essais.**



Légende : nom de l'essai – année-dose efficace mini à maxi – (dose thyroïde mini à maxi)

Rappelons que les doses minimales ont été évaluées pour des adultes, les doses maximales pour les enfants âgés de 1 à 2 ans au moment des essais.

## NOUVELLES ESTIMATIONS DES DOSES

Les nouveaux calculs réalisés, conformément aux engagements pris par le DSND en février 2006, ont été effectués sur les 6 essais ayant conduit aux doses les plus significatives. Ils précisent les valeurs déjà publiées et les complètent par celles qui concernent les enfants et la thyroïde.

Les tableaux ci-dessous comportent des valeurs de doses (efficaces et à la thyroïde) recalculées pour l'adulte et l'enfant. Les chiffres indiqués pour les enfants concernent ceux âgés de 1 à 2 ans au moment des faits, classe d'âge dont la ration alimentaire est plus diversifiée que celle du nourrisson et pour laquelle les calculs conduisent à des doses plus élevées que pour les autres classes d'âge. Certains résultats, pour les adultes et les enfants, sont donnés avec une fourchette de valeurs parfois très étendue. Ces doses minimales et maximales sont obtenues en faisant varier l'exposition à la contamination de l'air (traduction de la vitesse de dépôt des aérosols pendant la durée de la retombée) ainsi que la nature, la contamination et la quantité des produits consommés dans chaque catégorie de la ration alimentaire (par exemple, pour le poisson, le mullet et le thon sont pris en compte). Les doses maximales sont ainsi calculées pour une exposition à la contamination de l'air la plus élevée et une consommation journalière **de toutes les catégories** de la ration alimentaire (viandes, poissons, mollusques et crustacés, boissons, fruits, végétaux...) **en sélectionnant les produits les plus contaminés**.

### Aldebaran (2 juillet 1966)

Les nouveaux calculs conduisent à une dose efficace pour les adultes aux Gambier de 3 à 7 mSv, soit du même ordre de grandeur que celle de 5,5 mSv publiée en 1997.

La prise en compte des autres catégories d'âges montre une dose efficace maximale pour les enfants de 1 à 2 ans voisine de 10 mSv.

Essai Aldebaran (2 juillet 1966)		Valeur 1997	Valeur estimée (2006) en mSv	
		Adulte	Adulte	Enfant
Gambier	Dose efficace	5,5	3 à 7	3 à 10
	Dose à la thyroïde	-	2 à 40	4 à 80 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> S'agissant de la thyroïde, la dose à cet organe varie de 4 à 80 mSv pour l'enfant. Cette dose maximale a été évaluée en supposant que l'enfant aurait consommé la totalité de sa ration alimentaire en sélectionnant systématiquement les éléments les plus contaminés. Il est vraisemblable que seul un nombre très réduit, voire nul, de personnes a pu recevoir ces doses.

### Rigel (24 septembre 1966)

L'axe de la retombée directe passe plein Est sur les atolls inhabités du groupe des Actéon, Maria, Marutea et Maturai Vavao. Cependant, du fait de retours de la radioactivité par les basses couches de l'atmosphère, il est constaté sur l'atoll de Tureia et les îles Gambier, environ 13 h après le tir, une augmentation de la radioactivité atmosphérique et de la radioactivité des eaux de pluie.

Essai Rigel (24 septembre 1966)		Valeur 1997	Valeur estimée (2006) en mSv	
		Adulte	Adulte	Enfant
Gambier <sup>(2)</sup>	Dose efficace	-	0,1 à 0,23	0,4 à 0,71
	Dose à la thyroïde	-	1,1 à 2,1	4,6 à 7,8
Tureia <sup>(3)</sup>	Dose efficace	-	0,06 à 0,15	0,1 à 0,23
	Dose à la thyroïde	-	0,15 à 1	0,6 à 2

<sup>(2)</sup> Aux Gambier, les doses maximales (efficaces et à la thyroïde) pour les adultes et les enfants sont principalement dues à la consommation d'eau de boisson.

<sup>(3)</sup> À Tureia, les doses maximales (efficaces et à la thyroïde) pour les adultes et les enfants sont principalement dues à la voie ingestion (eau de boisson, poissons, mollusques, etc.).

### Arcturus (2 juillet 1967)

La retombée sur Tureia est intervenue plus de 9 heures après l'essai. Les nouvelles évaluations conduisent à des doses efficaces comprises entre 0,8 et 4 mSv. La valeur publiée antérieurement était de 1 mSv. Les doses maximales (efficaces et à la thyroïde) sont dues, pour une grande part, à la consommation de bénitiers.

<b>Essai Arcturus</b> (2 juillet 1967)		<b>Valeur 1997</b>	<b>Valeur estimée (2006) en mSv</b>	
		<b>Adulte</b>	<b>Adulte <sup>(4)</sup></b>	<b>Enfant <sup>(4)</sup></b>
<b>Tureia</b>	<b>Dose efficace</b>	1	<b>0,79 à 3,2</b>	<b>0,9 à 4</b>
	<b>Dose à la thyroïde</b>	-	<b>0,9 à 25</b>	<b>2 à 38</b>

<sup>(4)</sup> Les doses efficaces et thyroïde maximales pour la population de Tureia sont dues, en grande partie, à la consommation de mollusques, notamment de bénitiers.

### Encelade (12 juin 1971)

La retombée sur Tureia est provoquée par des pluies survenues près de 9 heures après l'essai. Les nouveaux calculs conduisent à des doses efficaces comprises entre 1,3 mSv et 1,9 mSv pour les adultes (la valeur publiée antérieurement était de 1,3 mSv) et à des doses efficaces pour l'enfant de 1 à 2 ans entre 1,5 mSv et 3,5 mSv.

<b>Essai Encelade</b> (12 juin 1971)		<b>Valeur 1997</b>	<b>Valeur estimée (2006) en mSv</b>	
		<b>Adulte</b>	<b>Adulte</b>	<b>Enfant</b>
<b>Tureia</b>	<b>Dose efficace</b>	1,3	<b>1,3 à 1,9</b>	<b>1,5 à 3,5</b>
	<b>Dose à la thyroïde</b>	-	<b>1 à 8</b>	<b>4 à 27 <sup>(5)</sup></b>

<sup>(5)</sup> La dispersion des valeurs de la dose à la thyroïde (de 4 à 27 mSv) est liée aux niveaux de radioactivité très différents constatés dans les eaux consommées, provenant de trois citernes dont les rapports d'activité volumique variaient de 1 à 7.

### Phoebe (8 août 1971)

Avant l'arrivée du nuage aux Gambier et à titre de précaution, la population a été placée sous abri durant environ 24 heures.

Des pluies se sont produites pendant le passage du panache aux îles Gambier environ 6 heures après l'essai.

<b>Essai Phoebe</b> (8 août 1971)		<b>Valeur 1997</b>	<b>Valeur estimée (2006) en mSv</b>	
		<b>Adulte</b>	<b>Adulte <sup>(6)</sup></b>	<b>Enfant <sup>(6)</sup></b>
<b>Gambier</b>	<b>Dose efficace</b>	1,2	<b>0,2 à 2,6</b>	<b>0,5 à 7,9</b>
	<b>Dose à la thyroïde</b>	-	<b>1,3 à 26,7</b>	<b>4,8 à 98</b>

<sup>(6)</sup> La principale contribution aux doses efficaces et à la thyroïde est la consommation d'eau. Les doses maximales sont obtenues à Taku (île de Mangareva) et correspondent à la consommation des eaux du puits communal.

## Centaure (17 juillet 1974)

Il s'agit de retombées différées de 2 jours sur les îles du Vent, provoquées par un retour anticyclonique et un nuage qui s'est élevé moins haut que prévu. Des pluies très localisées ont entraîné des retombées essentiellement sur l'île de Tahiti : à Hitiaa, sur le plateau de Taravao (et le Sud de Teahupoo). En 1997, les retombées localisées sur les zones côtières ont été évaluées par analogie avec la retombée mesurée à Mahina.

Essai Centaure (17 juillet 1974)		Valeur 1997	Valeur estimée (2006) en mSv	
		Adulte	Adulte <sup>(8)</sup>	Enfant <sup>(8)</sup>
Pirae	Dose efficace maximale	0,8 (Mahina) <sup>(7)</sup>	0,5	1,2
	Dose maximale à la thyroïde	-	4	14
Hitiaa	Dose efficace maximale	-	2,5	5,2
	Dose à la thyroïde	-	12	49
Sud de Teahupoo Plateau de Taravao	Dose efficace maximale	-	3,6	4,5
	Dose à la thyroïde	-	16	40

<sup>(7)</sup> La commune de Mahina, proche de la commune de Pirae, se situe au Nord de l'île de Tahiti.  
<sup>(8)</sup> Les nouveaux calculs conduisent à considérer des doses efficaces maximales pour l'adulte de 0,5 mSv à Pirae, 2,5 mSv à Hitiaa et 3,6 mSv sur le plateau de Taravao. Les doses maximales à la thyroïde pour l'enfant sont respectivement de 14 mSv, 49 mSv et 40 mSv. Les doses évaluées pour Pirae, Hitiaa, le Sud de Teahupoo (et le plateau de Taravao) correspondent aux doses maximales, toujours évaluées avec les hypothèses majorantes exposées plus haut, qui auraient pu être reçues par les populations de ces localités.

Nota : les calculs relatifs au plateau de Taravao et au Sud de Teahupoo ont été réalisés à partir de mesures de dépôt au sol effectuées **dans des zones inhabitées**, qui, de ce fait, n'avaient pas été retenues lors des précédentes évaluations de 1997. Par souci d'exhaustivité, ces mesures ont été prises en compte pour l'étude de 2006.

Compte tenu des données démographiques connues de l'époque, l'ensemble de ces doses maximales n'a donc pu concerner qu'une fraction très limitée de la population vivant dans les zones précitées et ne consommant que des produits d'origine locale, particulièrement le lait.

Lors de la retombée de l'essai Centaure, la quasi-totalité des Tahitiens n'ont pas reçu de dose efficace supérieure à 1 mSv et de dose à la thyroïde supérieure à 15 mSv.

## Bilan général

Les doses maximales présentées ont été calculées avec des hypothèses et des paramètres très majorants concernant les niveaux de radioactivité dans la ration alimentaire et les eaux de boisson. Ainsi, très peu de Polynésiens, voire aucun, ont pu recevoir ces doses.

## La quasi-totalité des Polynésiens n'ont pas reçu de doses efficaces supérieures à 5 mSv et de doses à la thyroïde supérieures à 50 mSv.

En d'autres termes, pour aucun de ces six essais, la stricte application de la réglementation actuelle ne conduirait pas à la distribution d'iode stable.

## Situation radiologique actuelle

Aujourd'hui, la situation radiologique en Polynésie française est très satisfaisante. Les doses efficaces annuelles liées à la radioactivité artificielle sont inférieures à 0,005 mSv. Cette valeur est à rapprocher de celle liée à la radioactivité naturelle en Polynésie française qui varie suivant la composition naturelle des sols : dans les îles hautes (aux Marquises ou à Tahiti par exemple), la dose correspondante est de l'ordre de 1,2 mSv. Sur un atoll, cette valeur est de l'ordre de 0,5 mSv. Par comparaison, en métropole, la dose efficace moyenne annuelle d'origine naturelle est de 2,4 mSv et peut atteindre 10 mSv en Bretagne.





**ENFOUISSEMENT EN PUIITS  
DES DÉCHETS RADIOACTIFS  
SOLIDES À MURUROA**

Octobre 2006

A Mururoa et Fangataufa, les forages permettant la récupération d'échantillons de laves radioactives, les opérations d'assainissement (en particulier de la zone nord dédiée aux essais aériens de sécurité), la décontamination de matériels, les travaux des différents laboratoires (y compris les cellules de très haute activité) ont généré des déchets radioactifs solides émetteurs alpha et bêta-gamma.

Pour enfouir ces déchets, 25 têtes de puits de tir à terre ont été utilisées. Il s'agit de forages de grand diamètre dans lesquels ont été effectués des essais et dont la hauteur libre au-dessus du bourrage permettait un enfouissement. Deux autres puits, PS1 et PS3, situés dans la zone Denise au Nord de l'atoll de Mururoa, ont été spécialement forés pour recevoir des déchets.

### La radioactivité alpha et bêta-gamma des déchets radioactifs

Le décret 67-228 du 15 mars 1967, qui fixe les règles de radioprotection, ne s'applique pas au-dessous d'une activité de  $7,4 \cdot 10^4$  Bq/kg (ou pour une source isolée d'activité totale inférieure à  $3,7 \cdot 10^3$  Bq pour les alpha et à  $3,7 \cdot 10^4$  Bq pour les bêta-gamma). De tels résidus sont considérés comme des résidus industriels ordinaires.

Le décret 86-1103 du 2 octobre 1986 modifie légèrement les normes précitées. Elles ne s'appliquent plus au-dessous de  $10^5$  Bq/kg (ou pour une source isolée d'activité totale inférieure à  $5 \cdot 10^3$  Bq).

### Les déchets radioactifs alpha ( $\alpha$ )

En fonction de leur activité spécifique (exprimée en Bq/m<sup>3</sup> ou en Bq/kg), les déchets étaient placés soit dans le massif volcanique, soit dans la zone carbonatée. Le seuil de radioactivité alpha des déchets a été fixé à  $1,32 \cdot 10^6$  Bq/m<sup>3</sup> (soit 80 mg de <sup>239</sup>Pu par fût de 100 litres).

Au-dessus de cette valeur, les résidus sont enfouis dans le sous-sol basaltique. Au-dessous, ils sont dits "faiblement radioactifs" et sont enfouis dans la zone carbonatée.

### Les déchets radioactifs bêta-gamma ( $\beta \gamma$ )

Les déchets bêta gamma (dont la teneur en émetteurs alpha est négligeable) et dont l'activité spécifique est supérieure à  $10^5$  Bq/kg, sont conditionnés en fûts bétonnés, puis enfouis dans la zone carbonatée. Au-dessous de cette valeur, ces déchets sont considérés comme des résidus industriels ordinaires.

### Conditionnement des déchets

Avant enfouissement, les déchets étaient conditionnés de manière différente selon leur origine :

#### Les déchets issus des cellules de très haute activité (THA)

Les déchets provenant des cellules de très haute activité (cellules dites THA) et quel que soit leur niveau de radioactivité, étaient placés dans un conteneur en béton (appelé virole), dont le noyau central d'un volume de 30 litres, recevait 15 litres de déchets solides. Après la mesure de la radioactivité alpha et bêta-gamma, la virole était remplie de béton.

#### Les autres déchets

Ces déchets étaient conditionnés dans un sac de polychlorure de vinyle, puis placés dans un fût cylindrique métallique de 100 litres pour être ensuite mesurés. Ce fût était placé dans un autre fût de 225 litres et l'ensemble était noyé dans du béton.

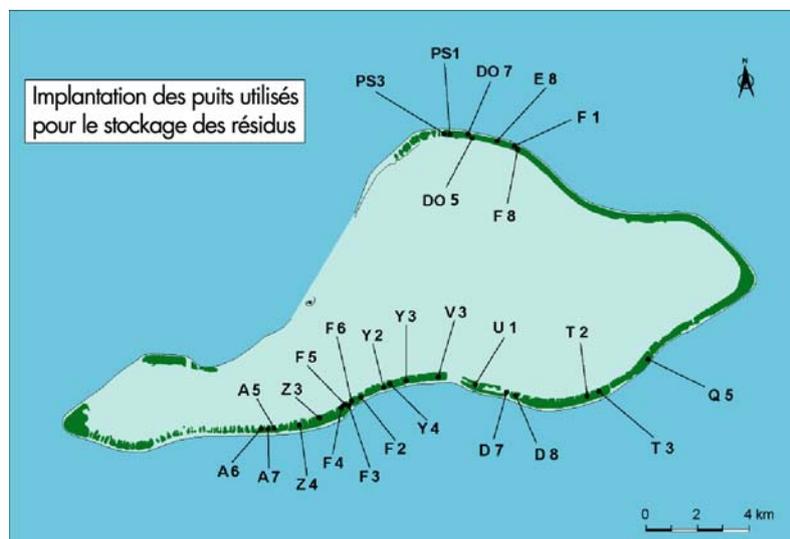
De 1981 à 1997, 25 puits à terre à Mururoa ont été utilisés pour enfouir près de 7 800 fûts ou viroles de résidus et près de 3 000 m<sup>3</sup> d'agrégats et ferrailles, représentant  $8,8 \cdot 10^{10}$  Bq de produits émetteurs  $\alpha$  et  $2,1 \cdot 10^{13}$  Bq de produits émetteurs  $\beta \gamma$ .

Les puits spécifiques PS1 et PS3, situés en zone Nord à Mururoa, ont reçu près de 3 800 fûts ou viroles et un peu plus de 4 700 m<sup>3</sup> d'agrégats et ferrailles représentant  $2,3 \cdot 10^{13}$  Bq de produits émetteurs  $\alpha$  et  $7,0 \cdot 10^{11}$  Bq de produits émetteurs  $\beta \gamma$ .

## SITUATION DES PUIXS D'EXPÉRIMENTATION UTILISÉS POUR LE STOCKAGE DES DÉCHETS

NOM	Années d'enfouissement	Nombre de viroles et de fûts	Volume agrégats et ferrailles en m <sup>3</sup>	Activité totale $\alpha$ au moment de l'enfouissement	Activité totale $\beta \gamma$ au moment de l'enfouissement
ARA 5	1981 - 1982	878	0	2,2.10 <sup>9</sup> Bq	Néant
ARA 6	1982	159	0	NS	Néant
ARA 7	1984	161	0	5,9.10 <sup>7</sup> Bq	Néant
DAHLIA 7	1982	27	0	NS	Néant
DAHLIA 8	1984 - 1985	883	0	3,4.10 <sup>10</sup> Bq	1.10 <sup>12</sup> Bq
DORA 5	1996 - 1997	163	0	2,6.10 <sup>9</sup> Bq	8,9.10 <sup>8</sup> Bq
DORA 7	1996	141	0	4,4.10 <sup>8</sup> Bq	2,75.10 <sup>10</sup> Bq
ÉDITH 8	1983	55	0	4,5.10 <sup>8</sup> Bq	Néant
FRANCOISE 1	1980	398	23	NS	2.10 <sup>11</sup> Bq
FRANCOISE 8	1982	137	0	NS	Néant
FUCHSIA 2	1981 - 1982	59	3	NS	Néant
FUCHSIA 3	1982	264	550	NS	Néant
FUCHSIA 4	1987	52	480	7,4.10 <sup>9</sup> Bq	3,5.10 <sup>11</sup> Bq
FUCHSIA 5	1986 - 1987	532	20	5,8.10 <sup>8</sup> Bq	3,4.10 <sup>11</sup> Bq
FUCHSIA 6	1987	61	662	1,0.10 <sup>10</sup> Bq	3,5.10 <sup>8</sup> Bq
QUEEN 5	1982	205	0	NS	Néant
THÉRÈSE 2	1982	354	0	NS	Néant
THÉRÈSE 3	1983	577	0	3,5.10 <sup>9</sup> Bq	3,0.10 <sup>9</sup> Bq
URSULA 1	1988 à 1995	604	0	1,9.10 <sup>9</sup> Bq	1,8.10 <sup>13</sup> Bq
VIVIANE 3	1982	832	0	1,0.10 <sup>8</sup> Bq	4,0.10 <sup>10</sup> Bq
YVONNE 2	1984	325	0	1,2.10 <sup>9</sup> Bq	9,3.10 <sup>9</sup> Bq
YVONNE 3	1986 - 1987	99	725	9,1.10 <sup>9</sup> Bq	4,2.10 <sup>10</sup> Bq
YVONNE 4	1987 - 1988	266	522	1,4.10 <sup>10</sup> Bq	7,3.10 <sup>11</sup> Bq
ZOÉ 3	1983	420	0	7,4.10 <sup>8</sup> Bq	Néant
ZOÉ 4	1984	117	0	4,4.10 <sup>7</sup> Bq	Néant
PS1	1979 - 1996	3 332	628	2,1.10 <sup>13</sup> Bq	7,0.10 <sup>11</sup> Bq
PS3	1983 - 1997	425	1 110	2,3.10 <sup>12</sup> Bq	2,2.10 <sup>7</sup> Bq
<b>TOTAUX</b>		<b>11 526 viroles et fûts</b>	<b>4 723 m<sup>3</sup> agrégats et ferrailles</b>	<b>2,3.10<sup>13</sup> Bq</b>	<b>2,1.10<sup>13</sup> Bq</b>

Nota : (NS) résultat de mesure non significatif







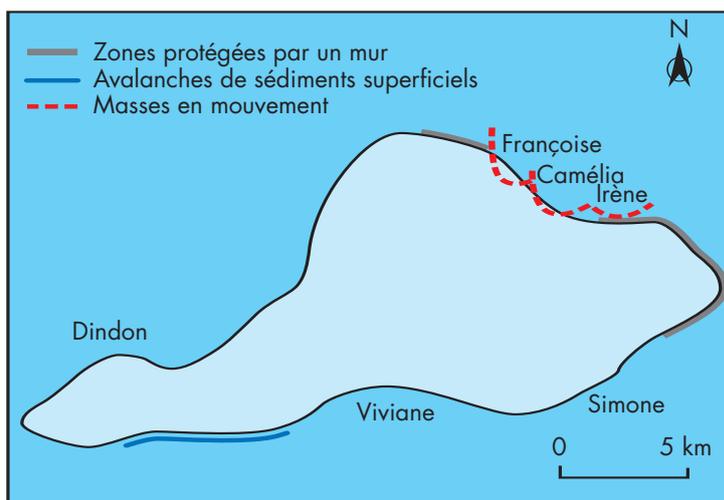
**CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES  
DU GLISSEMENT D'UNE LOUPE  
EN ZONE NORD À MURUROA**

Octobre 2006

Un atoll est constitué du massif basalitique d'un ancien volcan érodé, surmonté d'un édifice corallien composé de carbonates (calcaires) et émergeant généralement à quelques mètres d'altitude. Il présente dans sa partie corallienne des zones de faiblesse mécanique naturelle qui sont localisées :

- soit au niveau des ruptures de pente de la falaise récifale,
- soit au droit de larges vallées sédimentaires sous-marines, grossièrement perpendiculaires au flanc des atolls, contenant des accumulations importantes de matériaux détritiques, poreux, peu cohérents et présentant, de ce fait, une faible tenue mécanique.

Dès le début des années 80, dans la partie Nord de Mururoa, les observations ont mis en évidence un mouvement superficiel lent vers l'océan de trois masses de carbonates (loupes) dans les zones Camélia, Françoise et Irène (fig. 1).



**Figure 1** - Position géographique des « loupes » de la zone Nord

Ce phénomène est expliqué par un mouvement de fluage (déformation plastique) au sein d'une couche de calcaires tendres située à l'interface entre les formations de calcaires indurés et les dépôts volcaniques sous-jacents. Ces mouvements, qui existaient probablement à une vitesse bien inférieure avant la réalisation des essais souterrains, ont été accélérés par ces expérimentations.

Ce type de mouvement possède la particularité de ne ralentir que très lentement une fois que les sollicitations ont disparu ; il devrait s'atténuer progressivement.

### La surveillance géomécanique

Les déplacements de cette zone font l'objet d'une surveillance permanente au moyen d'un système automatique de mesures dénommé TELSITE (pour télésurveillance du site). Il repose sur l'analyse en continu et en temps réel des mesures réalisées par différents capteurs (géophones, sismomètres, balises GPS, extensomètres et inclinomètres). Ils permettent de fournir deux types d'information :

- en cas d'éboulement d'une partie de falaise corallienne, le système déclenche une alerte permettant en 90 secondes au personnel présent sur le site de se placer en sécurité vis-à-vis d'un phénomène hydraulique (vague). En zone vie, à l'Est de l'atoll, un mur côté océan assure une protection permanente vis-à-vis de ces phénomènes. En 1979, à la suite du tir « Tydée », ce phénomène a été observé à Mururoa : une vague d'environ deux mètres a touché l'atoll.
- si une loupe devait effectivement glisser, elle provoquerait une vague qui pourrait atteindre 15 m de haut à Mururoa (la hauteur de vague qui serait enregistrée à Tureia ne dépasserait pas 1,50 m). Le système TELSITE enregistrerait une augmentation significative des vitesses de déplacement plusieurs semaines avant la vague, permettant ainsi une évacuation anticipée du personnel. Ce phénomène n'a jamais été observé à Mururoa.

Depuis l'arrêt des essais (janvier 1996), les capteurs indiquent que les mouvements des loupes décrites sont nettement ralentis sans être totalement arrêtés.

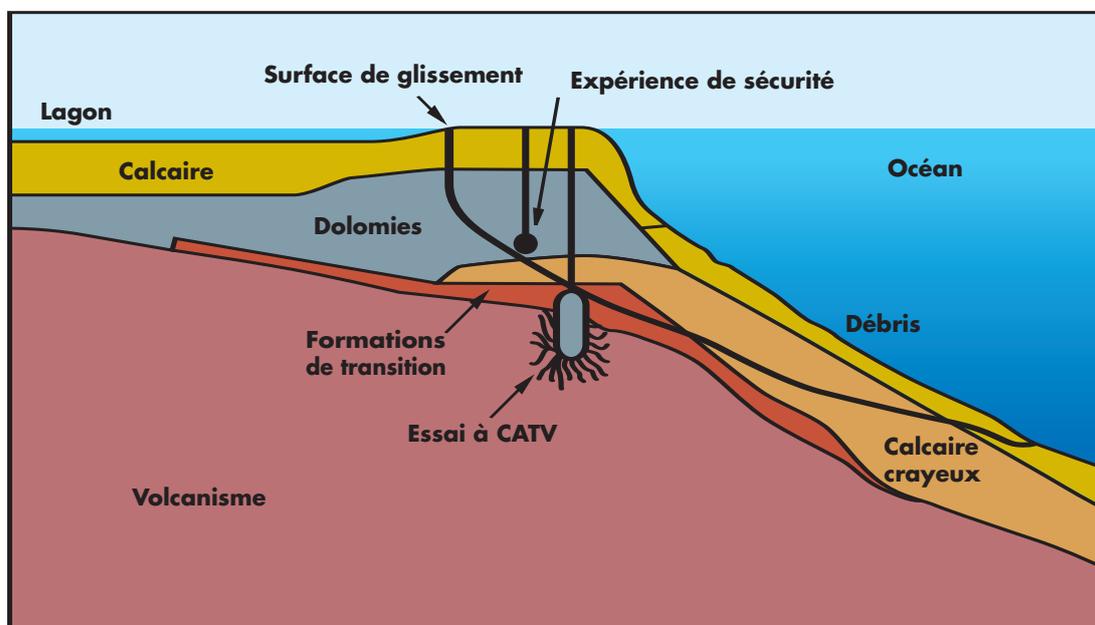
## Conséquences radiologiques d'un glissement d'une loupe en zone Nord à Mururoa

Le risque d'un glissement d'une loupe en zone Nord est donc totalement pris en compte par le système TELSITE de surveillance mis en place.

L'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) a réalisé une étude approfondie des conséquences radiologiques d'un éventuel glissement de roches carbonatées. Ce phénomène ne provoquerait un relâchement de matière radioactive que s'il traversait une ou plusieurs cavités de tirs. Étant donné que la grande majorité des cavités se trouvent dans le socle basaltique, un tel glissement ne concernerait qu'une très faible partie des radionucléides présents dans le sous-sol.

Le scénario pris en compte par l'AIEA est le suivant :

- glissement dans la partie Nord de l'atoll de Mururoa de la partie carbonatée externe de la couronne (fig. 2). Ce glissement recouperait à la fois la cheminée d'un essai proche de la zone carbonatée d'énergie de 5 kt (essai à cheminée atteignant le toit du volcanisme - CATV) et la zone d'une expérience de sécurité effectuée avec une charge de 3,7 kg de plutonium. Ce glissement relâcherait ainsi, instantanément dans l'océan, la totalité des matières radioactives présentes.



CATV : Cheminée atteignant le toit du volcanisme

**Figure 2** - Glissement hypothétique de roches carbonatées entraînant un relâchement de matières radioactives

L'AIEA avait précisé que ce scénario pessimiste est extrêmement improbable pour les raisons suivantes :

- faible probabilité qu'un glissement atteigne la base des formations carbonatées,
- faible probabilité qu'un glissement recoupe à la fois un essai à CATV et une expérience de sécurité,
- probabilité quasi nulle d'une dissolution instantanée des radionucléides.

Le tableau 1 présente la quantité de radionucléides relâchés (en TBq), en prenant en compte les hypothèses précitées.

Radionucléides	Relâchement en TBq
<sup>3</sup> H	1 000
<sup>90</sup> Sr	10
<sup>137</sup> Cs	30

1 TBq = 10<sup>12</sup> Bq

**Tableau 1**

**Les concentrations maximales de radioactivité dans l'océan seraient observées à Tureia au bout d'environ 3 mois (atoll le plus proche de Mururoa). Ces valeurs sont présentées dans le tableau 2.**

Radionucléides	Concentrations maximales dans l'océan (Bq.m <sup>-3</sup> )	Niveau ambiant dans le Pacifique (Bq.m <sup>-3</sup> )
<sup>3</sup> H	10	100 à 200
<sup>90</sup> Sr	0,1	1 à 2
<sup>137</sup> Cs	0,3*	2 à 3

(\*) Dans son rapport, l'AIEA arrondit la valeur maximale du <sup>137</sup>Cs égale à 0,3 Bq.m<sup>-3</sup> à la dizaine supérieure (soit 1 Bq.m<sup>-3</sup>)

**Tableau 2**

Cas particulier du plutonium : l'AIEA considère que la mise en solution de 10 TBq de <sup>239</sup>Pu + <sup>240</sup>Pu entraînerait une concentration maximale de 0,1 Bq.m<sup>-3</sup> dans l'océan à Tureia environ 3 mois après le glissement. Ce scénario est particulièrement irréaliste car ce plutonium est quasiment insoluble dans l'eau de mer compte tenu de sa nature physico-chimique. Néanmoins, ces valeurs sont utilisées pour les calculs de dose.

**En termes de doses efficaces liées à la radioactivité ajoutée, différentes simulations ont permis d'établir les résultats présentés dans le tableau 3, qui présente les variations dans le temps des doses efficaces annuelles reçues par ingestion par les plus gros consommateurs de produits de la mer à Tureia, Hao et Tahiti.**

Lieux	Années après le glissement					
	1	2	3	5	10	20
<b>TUREIA</b>	0,0066	0,0028	0,0012	0,00042	0,00009	0,000004
<b>HAO</b>	0,00039	0,00093	0,00053	0,00025	0,00008	0,000003
<b>TAHITI</b>	0,000006	0,00021	0,00041	0,00018	0,00004	0,000002

**Tableau 3** – (Doses efficaces annuelles maximales en mSv)

## Conclusion

Le recoupement d'une cavité de tir ainsi que celui d'une zone d'essai de sécurité par le glissement d'une loupe de carbonates dans la zone Nord (hypothèse maximaliste) est extrêmement peu probable. De même, la solubilisation de la totalité du plutonium dans l'océan est particulièrement irréaliste compte tenu de sa nature physico-chimique.

Néanmoins et suivant les hypothèses maximalistes de l'AIEA, si un tel événement se produisait, les doses efficaces par ingestion de produits de la mer, évaluées par l'AIEA, seraient inférieures à 0,01 millisievert à Tureia, inférieures à 0,001 millisievert à Hao et inférieures à 0,0005 millisievert à Tahiti. Les doses à la thyroïde sont quasi nulles en raison de l'absence des isotopes à vie courte de l'iode.

# 4

## CONCLUSION

Octobre 2006

Avec la remise au COSCEN du dossier complet relatif à l'histoire des essais nucléaires français en Polynésie, s'achève le volet informatif relatif aux retombées radioactives et à leurs conséquences radiologiques. Conformément au mandat de transparence que m'avait confié le ministre de la défense, Michèle Alliot-Marie, j'en ai directement informé les populations et leurs représentants, notamment lors des rencontres avec les populations de Mangareva, de Tureia, de Hao et de Tahiti, complétées, au cours de cette mission, par un déplacement à Reao et Pukarua.

**Le dossier, désormais complet, des conséquences radiologiques des essais, ciblant en particulier les zones où les doses dues aux retombées significatives ont été les plus élevées (doses recalculées et complétées par celles délivrées à la thyroïde avec des hypothèses et données maximalistes), doit permettre aux experts d'avancer dans l'évaluation de leurs effets éventuels sur la santé.**

Il appartiendra à ces experts de s'approprier, au moment où ils donneront leur avis, toutes les données scientifiques ayant fait l'objet de publications dans des revues scientifiques reconnues. Ils pourront préconiser de nouvelles études, s'il y a lieu.

Cette évaluation pourrait être menée, dans le cadre du Comité de liaison pour le suivi sanitaire des essais nucléaires (CSSEN), par un groupe de travail intégrant des experts désignés par le ministre de la santé de la Polynésie française et le président du COSCEN.

Une coopération entre l'État et la Polynésie française pourrait s'engager entre le ministère de la santé de la Polynésie française et l'Institut national de veille sanitaire (InVS) pour examiner la situation sanitaire des populations des Tuamotu-Gambier ayant été exposées aux retombées radioactives entre les années 1966 et 1974.

**À la fin de l'année 2006, le CSSEN adressera au Gouvernement ses premières recommandations relatives à l'évaluation de l'impact sanitaire des essais nucléaires. Ces recommandations seront formulées, autant qu'il en sera possible, à partir d'une assise scientifique et des données dosimétriques et statistiques recueillies dans le cadre de cette mission ainsi que par les groupes de travail du CSSEN. Sans vouloir par trop anticiper ces recommandations, un suivi sanitaire aux Tuamotu-Gambier fera l'objet d'une attention toute particulière.**