



Dossier d'étude Technique

**Calcul de l'impact dosimétrique des
retombées de l'essai RIGEL aux îles
Gambier**

C.E.A. - D.A.M.

FICHE DOCUMENTAIREDAM

<u>IDENTITE DU DOCUMENT</u>		
<u>1 - Nature</u>	<u>2 - Date</u>	<u>3 - Nbre de pages</u>
Dossier d'Etude Technique	20/09/06	33
<p>4 – <u>Titre</u> : Calcul de l'impact dosimétrique des retombées de l'essai RIGEL aux îles Gambier</p>		
<p>5 – <u>Résumé</u> : Ce document présente les résultats des calculs d'impact dosimétrique sur la population des îles Gambier des retombées de l'essai atmosphérique RIGEL, réalisé le 24 septembre 1966. Le dépôt a été déduit des mesures des activités de l'eau de pluie et de l'air.</p> <p>Des activités dans l'eau de boisson ont été obtenues à partir d'une mesure d'activité dans l'eau de pluie, en utilisant les rapports "activité de l'eau de pluie sur activité de l'eau de boisson" déduits des mesures effectuées lors des essais ENCELADE et ARCTURUS.</p> <p>Les activités dans les légumes feuilles ont été estimées à partir des dépôts.</p> <p>La dose due à la consommation de poissons et de mollusques a été calculée à partir du dépôt estimé, en utilisant les rapports entre le dépôt mesuré notamment pour les essais ARCTURUS et PHOEBE et les doses dues à la consommation de ces aliments calculées pour ces essais.</p> <p>A partir des mesures disponibles, couplées au calcul de terme source effectué par le CEA/DAM, il a été possible d'en déduire l'activité de chaque radionucléide dans l'eau de boisson, le dépôt et les aliments des îles Gambier et leur évolution au cours du temps.</p> <p>Les calculs de doses par ingestion ont pris en compte les différentes quantités consommées en fonction de l'âge de l'individu.</p> <p>La population la plus exposée est constituée des enfants de 1 à 2 ans.</p> <p>Les doses efficaces reçues par la population des îles Gambier varient respectivement de 0,1 à 0,25 mSv pour un adulte et de 0,4 à 0,7 mSv pour un enfant âgé de 1 à 2 ans.</p> <p>Les doses à la thyroïde reçues par la population des îles Gambier varient respectivement de 1,1 à 2,1 mSv pour un adulte et de 4,5 à 8 mSv pour un enfant âgé de 1 à 2 ans.</p>		
<p>6 – <u>Descripteurs proposés</u></p> <p>Essai nucléaire atmosphérique, impact radiologique, RIGEL, Iles Gambier.</p>		

Calcul de l'impact dosimétrique des retombées de l'essai RIGEL aux îles Gambier

Sommaire

I - INTRODUCTION	6
II - CONTEXTE	6
III - METHODOLOGIE DE CALCUL	6
III.1 - METHODE DE CALCUL	6
III.1.1 - Doses par inhalation	7
III.1.2 - Doses efficaces par irradiation externe	7
III.1.3 - Doses par ingestion	8
III.2 - ORIGINE DES DONNEES	9
III.2.1 - Rapport de captation	9
III.2.2 - Périodes biologiques	9
III.2.3 - Rendement des légumes feuilles	9
III.2.4 - Coefficients de dose	9
III.2.5 - Ration alimentaire	10
IV - DONNEES METEOROLOGIQUES	12
V - TERME SOURCE	12
V.1 - ACTIVITES EMISES	12
V.2 - ISOTOPES PREPONDERANTS LORS DE L'ARRIVEE AUX ILES GAMBIER	12
VI - BILAN DES MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT	13
VI.1 - MESURES "PHYSIQUES"	13
VI.2 - MESURES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES	13
VII - CALCULS DE DOSES	14
VII.1 - DOSES PAR INHALATION	14
VII.1.1 - Dose efficace par inhalation	14
VII.1.2 - Dose à la thyroïde par inhalation	14
VII.2 - DOSE PAR IRRADIATION EXTERNE	15
VII.2.1 - Irradiation externe par le panache	15
VII.2.2 - Irradiation externe par les dépôts	15
VII.3 - DOSES PAR INGESTION AVEC PRISE EN COMPTE DE RATIONS ALIMENTAIRES	17
VII.3.1 - Doses dues à la consommation d'eau	17
VII.3.2 - Dose due à la consommation de végétaux	18
VII.3.3 - Doses dues à la consommation de poissons et de mollusques	19
VIII - BILAN DES DOSES ESTIMEES	21

IX - COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS.....	21
X - CONCLUSION.....	26
XI - ANNEXE : DONNEES DE CALCUL.....	27
XI.1 - ISOTOPES MAJORITAIRES DANS LE TERME SOURCE.....	27
XI.2 - COEFFICIENTS DE DOSE.....	29
XII - REFERENCES.....	33

Liste des figures

Figure 1 : évolution de la dose externe due au dépôt (mSv) en fonction de la durée d'exposition sur le dépôt.....	16
Figure 2 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés.....	22
Figure 3 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés.....	22
Figure 4 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments peu contaminés.....	23
Figure 5 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments très contaminés.....	23
Figure 6 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés.....	24
Figure 7 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés.....	24
Figure 8 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose à la dose interne à la thyroïde – Adultes consommant des aliments peu contaminés.....	25
Figure 9 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Adultes consommant des aliments très contaminés.....	25

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débits respiratoires utilisés pour les différentes classes d'âge ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	9
Tableau 2 : Ration alimentaire prise en compte dans cette étude pour les adultes ($\text{g} \cdot \text{j}^{-1}$)	11
Tableau 3 : Dépôt sec estimé ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$)	13
Tableau 4 : Dépôt estimé dû à la pluie ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$)	13
Tableau 5 : Dose efficace par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)	14
Tableau 6 : Dose à la thyroïde par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)	14
Tableau 7 : Dose efficace par irradiation par le panache (mSv).....	15
Tableau 8 : Evolution de la dose efficace par irradiation due aux dépôts (mSv) en fonction de la durée d'exposition sur le dépôt	15
Tableau 9 : Isotopes majoritaires dans la dose efficace par irradiation due aux dépôts en fonction de la durée d'exposition	16
Tableau 10 : Activités de l'eau de pluie et de l'eau de boisson pour les essais ARCTURUS et ENCELADE	17
Tableau 11 : Dose efficace (mSv) due à la consommation d'eau pendant 1 mois	18
Tableau 12 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation d'eau pendant 1 mois	18
Tableau 13 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de végétaux.....	18
Tableau 14 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de végétaux.....	19
Tableau 15 : Dépôts et doses à la thyroïde par ingestion – Cas d'un enfant âgé de 1 à 2 ans	19
Tableau 16 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de poissons et mollusques	19
Tableau 17 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de poissons et mollusques	20
Tableau 18 : Synthèse des doses efficaces (mSv)	21
Tableau 19 : Synthèse des doses internes à la thyroïde (mSv)	21
Tableau 20 : Produits de fission présents dans le nuage et le dépôt (hors gaz rares) à H + 48 heures	27
Tableau 21 : Dépôts ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$) et doses par ingestion (mSv) pour les quatre essais déjà étudiés.....	28
Tableau 22 : Coefficients de dose efficace par inhalation	30
Tableau 23 : Coefficients de dose efficace par ingestion.....	31
Tableau 24 : Coefficients de dose à la thyroïde par inhalation.....	31
Tableau 25 : Coefficients de dose à la thyroïde par ingestion.....	32

I - INTRODUCTION

L'objet de ce document est d'évaluer l'impact dosimétrique, sur la population des îles Gambier, des retombées de l'essai atmosphérique RIGEL, réalisé le 24 septembre 1966.

Seule une mesure d'activité dans de l'eau de pluie recueillie aux îles Gambier et quelques mesures dans l'air sont disponibles suite à cet essai. La plupart des données indispensables à l'évaluation des conséquences, en particulier le dépôt sur le sol et de l'activité des produits consommés d'origine locale, n'ont pas été mesurées. Elles ont cependant été déduites des rares mesures disponibles.

II - CONTEXTE

L'essai RIGEL a eu lieu le 24 septembre 1966 à 17h00 TU (7h00 W) ; il s'agissait d'un tir sur barge mouillée en lagon, qui a eu lieu depuis la zone Frégate à Fangataufa. Son énergie était de 125 kt. Les coordonnées géographiques du point zéro sont 22°14'24" S et 138°43'22" W ; son altitude était de 3 m. Le point zéro se trouvait à 1250 m du Poste d'Enregistrement Avancé (PEA) Frégate.

III - METHODOLOGIE DE CALCUL

III.1 - METHODE DE CALCUL

Comme indiqué précédemment, pour évaluer l'impact des retombées de cet essai, on dispose d'une mesure d'activité dans de l'eau de pluie recueillie aux îles Gambier le 26 septembre, ainsi que d'une mesure d'activité moyenne dans l'air aux îles Gambier le 26 septembre.

Comme les résultats de mesures sont exprimés en activité β globale, la répartition des radionucléides dans l'eau est déduite du terme source calculé par le CEA/DAM, en prenant en compte la décroissance radioactive et les filiations de chaque radionucléide du terme source et en supposant que le transport atmosphérique n'a provoqué aucune discrimination physico-chimique entre les radionucléides.

L'activité de chaque radionucléide dans les différents milieux est calculée au cours du temps à l'aide des données de la base JEFF, version 3.1 [1]. Sur les 1300 isotopes initialement présents dans le terme source, environ 1000 sont des isotopes radioactifs. Après environ 48 heures de décroissance, délai correspondant à l'arrivée de la pluie aux îles Gambier, 70 isotopes contribuent majoritairement à l'activité globale. La liste des isotopes majoritaires en termes d'activité dans le dépôt et dans l'air, et donc dans l'eau, figure dans le Tableau 20 en annexe.

Une répartition des radionucléides dans les différents milieux peut ainsi être prise en compte à partir des calculs de terme source effectués par le CEA/DAM. Faute d'informations sur les transferts des radionucléides vers la chaîne alimentaire, on suppose que la répartition calculée à partir du terme source est valable dans les échantillons.

Par la suite, pour chaque isotope présent sous forme d'aérosol dans le panache, l'activité volumique intégrée sur le temps de la retombée, exprimée en Bq.s.m^{-3} , est déduite du dépôt au sol, exprimé en Bq.m^{-2} , à partir de la vitesse de dépôt V_d , en m.s^{-1} .

$$\text{Act vol intégrée} = \frac{\text{Dépôt}}{V_d}$$

Pour évaluer les activités volumiques intégrées sur le temps de passage du panache des radionucléides sous forme d'aérosols dans l'air, on a considéré une vitesse de dépôt de 10^{-1} m.s^{-1} . En effet, compte tenu de la répartition en taille des aérosols formés lors d'un essai nucléaire, les vitesses de dépôt de ceux-ci sont proches de cette valeur car le panache radioactif est arrivé rapidement aux îles Gambier (11 à 13 heures après l'essai).

L'activité des gaz rares, qui sert uniquement au calcul de la dose par irradiation externe par le panache, est déduite de l'activité des aérosols à l'aide des ratios de leurs activités respectives par rapport à l'activité totale dans le panache à l'instant de calcul considéré.

III.1.1 - DOSES PAR INHALATION

La dose par inhalation due à l'ensemble des isotopes, exprimée en Sv, est égale à la somme des produits de l'activité volumique intégrée sur le temps de passage du panache pour chaque isotope par le débit respiratoire QR_j , exprimé en $m^3.s^{-1}$, fonction de l'âge de la personne, et du coefficient de dose, soit efficace, soit à la thyroïde, $CD\ inhal_{i,j}$, qui s'exprime en $Sv.Bq^{-1}$ inhalé, et est fonction de l'isotope et de sa forme physico-chimique ainsi que de l'âge de la personne :

$$Dose\ inhal = \sum_i (Act\ vol\ intégrée_i \times QR_j \times CD\ inhal_{i,j})$$

Les gaz rares ne contribuent pas à la dose par inhalation.

Pour les calculs de doses internes, différentes classes d'âge ont été retenues, du bébé à l'adulte.

Les résultats sont exprimés en termes de dose efficace, due à l'ensemble des isotopes du terme source, ainsi que de dose à la thyroïde, essentiellement due aux iodes et, en moindre part, aux tellures.

La première retombée aux îles Gambier s'étant produite en fin d'après-midi, la dose par inhalation, efficace ou à la thyroïde, est calculée en supposant que l'individu exposé se trouvait à l'extérieur de son habitation pendant le passage du panache.

III.1.2 - DOSES EFFICACES PAR IRRADIATION EXTERNE

Ces doses sont identiques quel que soit l'âge de l'individu.

III.1.2.1 - Irradiation externe par le panache

La dose efficace due à l'irradiation externe par le panache, exprimée en Sv, est égale à la somme des produits de l'activité volumique intégrée de chaque isotope présent dans le panache, par le coefficient de dose efficace pour la voie "irradiation externe par le panache", $CD\ pch_i$, qui s'exprime en $Sv/(Bq.s.m^{-3})$ et est fonction de l'isotope :

$$Dose\ externe\ panache = \sum_i (Act\ vol\ intégrée_i \times CD\ pch_i)$$

La première retombée aux îles Gambier s'étant produite en fin d'après-midi, la dose par irradiation par le panache est calculée pour un individu présent à l'extérieur de son habitation.

Pour les aérosols, l'activité volumique intégrée sur le temps de passage du panache est identique à celle utilisée pour le calcul de la dose par inhalation. Comme indiqué précédemment, les rapports entre les activités des gaz rares et celles des autres isotopes du terme source sont identiques à ceux calculés à partir de l'évolution dans le temps du terme source.

III.1.2.2 - Irradiation externe par les dépôts

Connaissant les activités déposées pour les différents isotopes, on peut en déduire, dans un premier temps, le débit de dose dû au dépôt. Celui-ci, exprimé en $Sv.h^{-1}$, est égal à la somme des produits du dépôt par isotope par le coefficient de dose efficace, pour la voie "irradiation externe par le dépôt", $CD\ dépôt_i$, qui s'exprime en $(Sv.h^{-1})/(Bq.m^{-2})$, et est fonction de l'isotope :

$$Débit\ de\ dose\ externe\ dépôt = \sum_i (Dépôt_i \times CD\ dépôt_i)$$

Puis, par intégration pour différentes durées d'exposition, on évalue la dose due au dépôt, en prenant en compte la décroissance radioactive de l'isotope, caractérisé par sa constante radioactive $\lambda_{rad\ i}$. Cette dose évolue au cours du temps, selon la durée de présence T de l'individu considéré sur le dépôt. Cette dose perdure au-delà du passage du panache.

$$\text{Dose externe dépôt} = \sum_i \left(\frac{\text{Débit de dose dépôt}_i [1 - \exp(-\lambda_{\text{radi}} T)]}{\lambda_{\text{rad } i}} \right)$$

Dans le calcul de la dose intégrée due au dépôt, on considère un coefficient d'atténuation, égal à 2/3, prenant en compte le fait que les individus concernés passent une partie du temps à l'intérieur des habitations et se déplacent.

III.1.3 - DOSES PAR INGESTION

Cette dose est due à la consommation de produits d'origine locale, contaminés par les retombées radioactives. Cette dose est fonction de l'âge de l'individu et dépend donc de sa consommation.

Les résultats sont exprimés en termes de dose efficace, due à l'ensemble des isotopes du terme source, ainsi que de dose à la thyroïde, essentiellement due aux iodes et, en moindre part, aux tellures.

Les calculs de dose due à la consommation d'eau se font à partir de l'activité mesurée dans l'eau de pluie, en supposant que l'activité dans l'eau de boisson est proportionnelle à l'activité mesurée dans l'eau de pluie. Le coefficient de proportionnalité est déduit des rapports entre l'activité de l'eau de pluie et l'activité dans l'eau de boisson, établis pour les essais ARCTURUS et ENCELADE. La répartition des activités des isotopes dans l'eau est calculée à partir de l'évolution dans le temps du terme source.

Lorsqu'on connaît l'activité par isotope, exprimée en Bq.kg^{-1} , la dose par ingestion se calcule par la somme, sur les différents isotopes, des produits de l'activité en Bq.kg^{-1} , par la consommation, en kg et le coefficient de dose par ingestion, $\text{CD}_{\text{ing } i,j}$, soit efficace, soit à la thyroïde, qui s'exprime en Sv par Bq ingéré :

$$\text{Dose ingestion} = \sum_i (\text{Act aliment }_i \times \text{conso }_j \times \text{CD ingestion }_{i,j})$$

L'activité (Bq.kg^{-1}) de chaque radionucléide dans les légumes feuilles, due aux dépôts directs pendant le passage du panache, est estimée à partir de l'activité déposée au sol, du rapport de captation (RC, sans unité) des légumes feuilles vis-à-vis du dépôt au sol et du rendement de culture (kg.m^{-2}).

L'activité dans l'aliment, exprimée en Bq d'isotope par kg suite aux "dépôts directs", est égale à :

$$\text{Activité aliment }_i = \text{Dépôt}_i \times \frac{\text{RC}}{\text{Rdt}}$$

L'activité intégrée dans l'aliment (Bq.jour.kg^{-1}) se déduit de l'activité précédente par intégration en supposant une décroissance biologique et radioactive ; la constante de décroissance efficace λ_{eff} , exprimée en jour^{-1} , prise en compte est la somme des constantes radioactive et biologique.

$$\text{Activité intégrée aliment }_i = \frac{\text{Activité aliment }_i}{\lambda_{\text{eff } i}}$$

La dose par ingestion est alors égale au produit de cette activité par la consommation journalière, en kg.j^{-1} , et du coefficient de dose, soit efficace, soit à la thyroïde, exprimé en Sv.Bq^{-1} :

$$\text{Dose ingestion} = \sum_i \text{Activité intégrée aliment }_i \times \text{conso }_j \times \text{CD ingestion }_{i,j}$$

Les doses dues à la consommation de mollusques et de poissons ont été estimées par analogie avec les doses dues à cette voie, calculées pour d'autres essais par voie atmosphérique.

III.2 - ORIGINE DES DONNEES

III.2.1 - RAPPORT DE CAPTATION

Le rapport de captation des légumes feuilles est pris égal à 0,1.

III.2.2 - PERIODES BIOLOGIQUES

Les périodes biologiques d'élimination dans les végétaux considérées sont égales à 30 jours, sauf pour l'iode 131, pour lequel une période de 5 jours est prise en compte.

III.2.3 - RENDEMENT DES LEGUMES FEUILLES

Le rendement des légumes feuilles est de 1 kg.m⁻².

III.2.4 - COEFFICIENTS DE DOSE

III.2.4.1 - Doses internes

Pour le calcul des doses efficaces internes, par inhalation et par ingestion, les coefficients de dose proviennent de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003 [2]. En ce qui concerne les doses à la thyroïde, les coefficients de dose proviennent de la CIPR 71-72 [3].

Ils sont rappelés dans le Tableau 22 et le Tableau 23, pages 29 à 31.

Les coefficients de dose à la thyroïde figurent dans le Tableau 24 et le Tableau 25, de la page 31 à la page 32.

Dans le cas des doses par inhalation, la forme physico-chimique associée aux différents isotopes est celle recommandée, soit par l'arrêté de 2003 [2], soit par la Directive Européenne [4], soit par la CIPR 71-72 [3]. Pour la voie inhalation, les coefficients de dose correspondent à une granulométrie des aérosols de 1 µm, valeur habituellement utilisée pour les calculs de dose au public.

Pour la voie inhalation, l'iode est supposé émis sous forme vapeur.

Les débits respiratoires sont ceux indiqués dans la CIPR-66 [5].

Classe d'âge	Bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Débit respiratoire (m ³ .s ⁻¹)	3,31. 10 ⁻⁵	5,97. 10 ⁻⁵	1,01. 10 ⁻⁴	1,77. 10 ⁻⁴	2,33. 10 ⁻⁴	2,57. 10 ⁻⁴

Tableau 1 : Débits respiratoires utilisés pour les différentes classes d'âge (m³.s⁻¹)

III.2.4.2 - Doses efficaces externes

Pour la voie irradiation externe par le panache et les dépôts, les coefficients de dose proviennent du rapport Federal Guidance n°12 [6]. Les coefficients de dose due au dépôt sont rappelés dans le Tableau 22, page 30.

Dans les calculs de dose due aux dépôts présentés dans cette étude, on suppose que les personnes passent 2/3 de leur temps à l'extérieur sur les dépôts. Cette hypothèse est conservative, notamment sur des longues périodes.

III.2.5 - RATION ALIMENTAIRE

La ration alimentaire pour les adultes est présentée dans le Tableau 2. Pour les autres classes d'âge, on a évalué une consommation fonction de l'âge, qui est indiquée dans les différents tableaux présentant les résultats des doses.

Catégorie	Aliment	Gambier	
		Quantité	
		par aliment	par catégorie
Boisson	eau		
	eau de citerne	2000	
	eau de coco	1000	
	lait		
Poissons	thon		380
	bonite		
	ature		
	inaa		
Viandes	poissons haute mer	80	80
	poissons lagon	300	
Mollusques	poulet	40	60
	porc	40	
	bœuf		
	chien		
Crustacés	turbo	15	40
	bénitier	30	
	poulpe		
	autres mollusques	15	
Coprah	chevrettes	40	150
	langouste		
fruits plantes arborescentes		150	300
	banane	100	
	papaye	50	
	citron		
	mangue		
	avocat		
	pamplemousse		
	uru	100	
autres fruits	50		
fruits plantes herbacées	ananas		100
	tomates	40	
	concombre	40	
	aubergine		
	autres fruits	20	

Catégorie	Aliment	Gambier	
		Quantité	
		par aliment	par catégorie
légumes feuilles	salade	30	70
	chou	10	
	poireau		
	fafa	30	
	autres légumes		
racines et tubercules	taro	70	240
	patate douce	70	
	tarua		
	navet		
	carotte		
	manioc	100	
	autres		
	total origine locale		1420

Tableau 2 : Ration alimentaire prise en compte dans cette étude pour les adultes ($g.j^{-1}$)

IV - DONNEES METEOROLOGIQUES

Au moment de l'essai RIGEL, les sondages météorologiques indiquaient :

- entre la surface et 500 m, une couche de vents venant du sud-est (140°) avec une vitesse de 5 m.s^{-1} ;
- de 600 à 3000 m, une couche de vents variables et faibles ;
- au-dessus de 3000 m et jusqu'à la basse stratosphère, la couche principale des vents venait d'ouest, la vitesse était de l'ordre de 40 m.s^{-1} , avec un maximum de 50 m.s^{-1} vers 12000 m.

Dans les 12 heures qui ont suivi le tir, les masses d'air ont peu évolué.

Aux îles Gambier, il a plu 5 minutes vers H+19h00. Par la suite, il a plu pendant 1 heure le 26 septembre ; la hauteur de précipitation était d'environ $1,3 \text{ l.m}^{-2}$, c'est-à-dire 1,3 mm.

V - TERME SOURCE

Le CEA/DAM a évalué le nombre de noyaux d'environ 1300 isotopes, stables et radioactifs, émis dans le panache à l'instant initial.

V.1 - ACTIVITES EMISES

A l'instant initial, l'activité totale est due à des isotopes tels que ^{97}Sr , ^{96}Sr , ^{103}Nb , ^{98}Y , ^{99}Zr , ^{28}In , ^{102}Nb ... isotopes de périodes très courtes (inférieures à quelques secondes) et qui ne sont plus présents dans le panache lors de l'arrivée aux îles Gambier.

V.2 - ISOTOPES PREPONDERANTS LORS DE L'ARRIVEE AUX ILES GAMBIER

Le terme source a été exploité à l'aide de la version 3.1 de la base de données JEFF [1], afin de connaître l'évolution de la répartition en isotopes à différents instants, notamment lors de l'arrivée du panache et de la pluie aux îles Gambier.

Aux îles Gambier, le panache est arrivé vers H+11h00, la retombée maximale s'est produite à H+13h00. Elle s'est terminée vers H+14h00.

Les isotopes majoritaires en termes d'activité 48 heures après l'émission, c'est-à-dire à l'heure correspondant à la pluie et aux mesures dans l'environnement disponibles, figurent dans le Tableau 20, page 27.

VI - BILAN DES MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT

VI.1 - MESURES "PHYSIQUES"

On ne dispose pas de mesures dans l'environnement le premier jour aux îles Gambier, bien que le panache ait été détecté.

La seule donnée exploitable permettant de calculer un dépôt sec au sol est la mesure correspondant à la retombée détectée au Poste de Contrôle Radiologique (PCR) de Mangareva, situé aux îles Gambier. L'activité moyenne atmosphérique sur 24 heures détectée a été de $3,7 \text{ Bq.m}^{-3}$ (100 pCi.m^{-3}).

On dispose par ailleurs d'une valeur d'activité dans de l'eau de pluie. L'activité mesurée au PCR de Mangareva est de $1,1 \cdot 10^5 \text{ Bq.l}^{-1}$ (3000 pCi.cm^{-3}). La hauteur de pluie associée est de 1,3 mm.

Le dépôt total au sol est calculé en faisant la somme du dépôt sec calculé à partir de l'activité dans l'air associée à une vitesse de dépôt de 10^{-1} m.s^{-1} et du dépôt humide calculé à partir de l'activité de la pluie et de la hauteur de celle-ci.

Lieu	Date	Act moyenne (Bq.m^{-3})	Act intégrée sur 1 jour (Bq.s.m^{-3})	Vitesse de dépôt (m.s^{-1})	Dépôt (Bq.m^{-2})
Mangareva	26 septembre	3,7	$3,2 \cdot 10^5$	0,1	$3,2 \cdot 10^4$

Tableau 3 : Dépôt sec estimé (Bq.m^{-2})

Lieu	Date	Act de l'eau de pluie (Bq.l^{-1})	Volume de pluie (l.m^{-2})	Dépôt (Bq.m^{-2})
Iles Gambier	26 septembre	$1,1 \cdot 10^5$	1,3	$1,4 \cdot 10^5$

Tableau 4 : Dépôt estimé dû à la pluie (Bq.m^{-2})

Le 26 septembre, le dépôt total est ainsi de l'ordre de $1,75 \cdot 10^5 \text{ Bq.m}^{-2}$.

VI.2 - MESURES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES

On ne dispose pas de mesures dans les composants de la chaîne alimentaire. Toutefois, comme annoncé précédemment, les activités dans les aliments d'origine locale ont été estimées.

VII - CALCULS DE DOSES

VII.1 - DOSES PAR INHALATION

Ces doses sont calculées à partir de l'activité de l'air intégrée sur le temps, estimée à partir du dépôt total calculé aux îles Gambier.

Pour les différents isotopes sous forme d'aérosols, l'activité intégrée dans l'air pendant la durée de la retombée est évaluée en prenant en compte une vitesse de dépôt de 10^{-1} m.s^{-1} .

VII.1.1 - DOSE EFFICACE PAR INHALATION

Classe d'âge	Bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Débit respiratoire ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	$3,31. 10^{-5}$	$5,97. 10^{-5}$	$1,01. 10^{-4}$	$1,77. 10^{-4}$	$2,33. 10^{-4}$	$2,57. 10^{-4}$
Dose totale	$6,5. 10^{-4}$	$9,4. 10^{-4}$	$8,5. 10^{-4}$	$8,8. 10^{-4}$	$8,2. 10^{-4}$	$7,1. 10^{-4}$

Tableau 5 : Dose efficace par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)

La dose efficace la plus élevée, inférieure à 10^{-3} mSv , est calculée pour les enfants âgés de 1 à 2 ans.

VII.1.2 - DOSE A LA THYROÏDE PAR INHALATION

Classe d'âge	Bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Débit respiratoire ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	$3,31. 10^{-5}$	$5,97. 10^{-5}$	$1,01. 10^{-4}$	$1,77. 10^{-4}$	$2,33. 10^{-4}$	$2,57. 10^{-4}$
Dose totale	$6,5. 10^{-3}$	$1,1. 10^{-2}$	$1,0. 10^{-2}$	$8,5. 10^{-3}$	$7,1. 10^{-3}$	$5,2. 10^{-3}$

Tableau 6 : Dose à la thyroïde par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)

Comme pour la dose efficace par inhalation, la dose à la thyroïde la plus élevée, au plus de l'ordre de 0,01 mSv, est calculée pour les enfants âgés de 1 à 2 ans.

Dans tous les cas, les doses par inhalation sont très faibles.

VII.2 - DOSE PAR IRRADIATION EXTERNE

Ces doses sont identiques quel que soit l'âge de l'individu.

VII.2.1 - IRRADIATION EXTERNE PAR LE PANACHE

La dose par irradiation par le panache est calculée pour un individu exposé sans protection pendant le passage du panache.

Pour les aérosols, l'activité volumique intégrée pendant la durée de passage du nuage est identique à celle utilisée pour le calcul de la dose par inhalation. Les rapports des activités entre les gaz rares et les autres isotopes du terme source sont identiques à ceux estimés à partir de l'évolution dans le temps du terme source.

Emplacement	Iles Gambier
Dépôt (Bq.m ⁻²)	1,75. 10 ⁵
Dose tous isotopes (mSv)	4,7. 10 ⁻⁵

Tableau 7 : Dose efficace par irradiation par le panache (mSv)

La dose par irradiation externe par le panache est très faible, très inférieure à 1 μ Sv.

VII.2.2 - IRRADIATION EXTERNE PAR LES DEPOTS

On a supposé que les personnes passaient 2/3 du temps à l'extérieur.

Le débit de dose calculé à H+48 heures est de l'ordre de 0,3 μ Sv.h⁻¹.

Le Tableau 8 présente la dose intégrée pour différentes durées d'exposition.

Dépôt (Bq.m ⁻²)	1,75. 10 ⁵
1 jour	2,7. 10 ⁻³
2 jours	4,5. 10 ⁻³
1 semaine	9,2. 10 ⁻³
2 semaines	1,2. 10 ⁻²
1 mois	1,5. 10 ⁻²
6 mois	1,9. 10 ⁻²

Tableau 8 : Evolution de la dose efficace par irradiation due aux dépôts (mSv) en fonction de la durée d'exposition sur le dépôt

Evolution de la dose due au dépôt en fonction de la durée d'exposition.
Taux de présence des 2/3 à l'extérieur

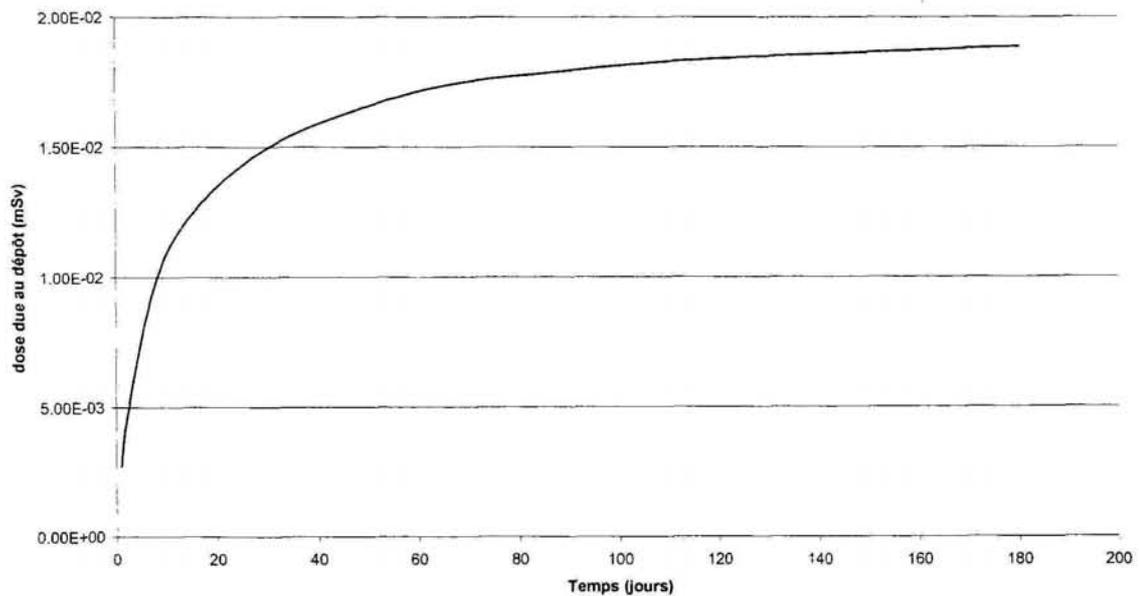


Figure 1 : évolution de la dose externe due au dépôt (mSv) en fonction de la durée d'exposition sur le dépôt

La dose due aux dépôts augmente rapidement au début de l'exposition. Par la suite, après la disparition des isotopes à vie courte, la dose par irradiation externe due aux dépôts est de l'ordre de 0,02 mSv pour les six mois suivant l'essai.

Le tableau suivant présente les isotopes qui contribuent le plus à la dose due aux dépôts, en fonction de la durée d'exposition.

Temps de présence	Isotopes contribuant le plus à la dose
1 jour	^{132}Te (33%), ^{140}Ba (12%), ^{133}I (9,7%), ^{97}Zr (8,2%)
2 jours	^{132}Te (34%), ^{140}Ba (14%), ^{133}I (9,2%), ^{97}Zr (7,5%)
1 semaine	^{132}Te (38,6%), ^{140}Ba (21,9%), ^{133}I (5,2%), ^{140}La (4,7%), ^{99}Mo (4,7%)
2 semaines	^{132}Te (35,7%), ^{140}Ba (27,9%), ^{99}Mo (4,2%), ^{133}I (3,9%), ^{140}La (3,8%), ^{131}I (3,7%)
1 mois	^{140}Ba (34%), ^{132}Te (30,2%), ^{103}Ru (4,6%), ^{131}I (4%), ^{95}Zr (3,5%)
6 mois	^{140}Ba (33,7%), ^{132}Te (24,2%), ^{95}Zr (8,7%), ^{103}Ru (8,6%), ^{131}I (3,4%), ^{99}Mo (2,8%)

Tableau 9 : Isotopes majoritaires dans la dose efficace par irradiation due aux dépôts en fonction de la durée d'exposition

VII.3 - DOSES PAR INGESTION AVEC PRISE EN COMPTE DE RATIONS ALIMENTAIRES

Suite à l'essai RIGEL, on ne dispose pas de mesures dans les composants de la chaîne alimentaire (végétaux, mollusques, poissons ...); seule une mesure d'activité dans de l'eau de pluie est disponible.

De plus, on n'a pas de mesures de contamination de viande. Les doses dues à cette voie d'exposition ne peuvent donc être évaluées, mais il s'agit généralement d'une voie non prépondérante, comme cela a pu être constaté dans les évaluations de doses suite à d'autres essais atmosphériques.

VII.3.1 - DOSES DUES A LA CONSOMMATION D'EAU

Aucune mesure dans les eaux de boisson des îles Gambier n'est disponible. En revanche, l'activité de l'eau de pluie est connue le 26 septembre.

L'activité dans l'eau de boisson consommée aux îles Gambier est déduite de l'activité de l'eau de pluie, au moyen des rapports entre l'activité dans l'eau de pluie et l'activité dans les eaux de boisson déterminés pour les essais ENCELADE et ARCTURUS. Pour ces deux essais, les activités respectives dans les eaux de pluie et les eaux de boisson sont présentées dans le Tableau 10.

Essai	Date	Act. eau de pluie (Bq.l ⁻¹)	Act. eau de boisson (Bq.l ⁻¹)	Act. eau de pluie / act. eau de boisson
ARCTURUS	J + 2	4,8. 10 ⁴	4. 10 ³	≈ 12
ENCELADE	J + 1	1,5. 10 ⁶	7. 10 ⁴	≈ 20

Tableau 10 : Activités de l'eau de pluie et de l'eau de boisson pour les essais ARCTURUS et ENCELADE

Le rapport entre l'activité de l'eau de pluie et l'eau de boisson varie de 12 à 20. Pour évaluer une dose minimale et maximale due à la consommation d'eau de boisson, ces deux coefficients ont été appliqués à l'activité de l'eau de pluie recueillie aux îles Gambier, soit 1,1. 10⁵ Bq.l⁻¹ le 26 septembre.

Deux calculs ont ainsi été réalisés :

- le premier à partir d'une activité de 9,2. 10³ Bq.l⁻¹ le 26 septembre ;
- le second à partir d'une activité de 5,5. 10³ Bq.l⁻¹ le 26 septembre.

On a supposé que la répartition de l'activité des différents isotopes était identique entre le terme source et l'eau aux différents instants ; l'activité évolue dans le temps selon la décroissance radioactive à partir du début de consommation, c'est-à-dire 48 heures après l'essai.

Les consommations d'eau sont fonction de la classe d'âge ; on a supposé une consommation pendant 1 mois à partir du 26 septembre.

VII.3.1.1 - Dose efficace

Classe d'âge		nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso (l.j ⁻¹)		0,50	1,0	1,25	1,5	2	2
Activité eau de boisson	9,2. 10 ³ Bq.l ⁻¹	0,42	0,64	0,41	0,28	0,22	0,17
	5,5. 10 ³ Bq.l ⁻¹	0,25	0,38	0,24	0,17	0,13	0,10

Tableau 11 : Dose efficace (mSv) due à la consommation d'eau pendant 1 mois

Compte tenu des hypothèses de quantité d'eau consommée et de l'activité initiale, la dose efficace la plus élevée, de l'ordre de 0,65 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans, qui a bu de l'eau la plus contaminée pendant 1 mois.

VII.3.1.2 - Dose à la thyroïde

Classe d'âge		nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso (l.j ⁻¹)		0,50	1,0	1,25	1,5	2	2
Activité eau de boisson	9,2. 10 ³ Bq.l ⁻¹	4,1	7,3	5,2	2,9	2,6	1,7
	5,5. 10 ³ Bq.l ⁻¹	2,5	4,4	3,1	1,8	1,6	1,0

Tableau 12 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation d'eau pendant 1 mois

Compte tenu des hypothèses de quantité d'eau consommée, la dose la plus élevée, de 7,3 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans, qui a bu de l'eau la plus contaminée pendant 1 mois.

VII.3.2 - DOSE DUE A LA CONSOMMATION DE VEGETAUX

Un calcul de dose due à la consommation des légumes feuilles a été réalisé à partir de l'activité dans les légumes feuilles, elle-même calculée à partir du dépôt de 1,75. 10⁵ Bq.m⁻². On suppose une consommation quotidienne jusqu'à la décroissance radioactive "complète" dans le végétal, en prenant un rapport de captation de 0,1 et un rendement de 1 kg.m⁻²; l'activité β globale est de 1,75. 10⁴ Bq.kg⁻¹.

La consommation de légumes feuilles, qui regroupent les produits choux, salades, poireaux, décrits dans l'enquête alimentaire (cf. Tableau 2), a été considérée égale à 100 grammes par jour pour un adulte. Cette valeur de 100 g majore les quantités réellement ingérées de cette nature de produits, mais elle est aussi choisie de façon à intégrer la consommation des autres légumes et fruits, pour lesquels aucune donnée n'est disponible, mais qui étaient en règle générale beaucoup moins contaminés.

Les consommations de végétaux pour les différentes classes d'âge sont présentées dans le Tableau 13 et le Tableau 14. On a supposé que le nourrisson ne consomme pas cet aliment.

VII.3.2.1 - Dose efficace due à la consommation de végétaux

Classe d'âge	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso (kg.j ⁻¹)	0	0,015	0,03	0,05	0,1	0,1
Dose (mSv)	-	0,013	0,013	0,013	0,015	0,012

Tableau 13 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de végétaux

La dose efficace due à la consommation de légumes feuilles est au plus de 0,015 mSv, pour un enfant âgé de 12 à 17 ans, qui consomme autant qu'un adulte.

VII.3.2.2 - Dose à la thyroïde due à la consommation de végétaux

Classe d'âge	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso (kg.j ⁻¹)	0	0,015	0,03	0,05	0,1	0,1
Dose (mSv)	-	0,13	0,15	0,12	0,16	0,10

Tableau 14 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de végétaux

La dose à la thyroïde due à la consommation de légumes feuilles est au plus de 0,16 mSv, pour un enfant âgé de 12 à 17 ans, qui consomme autant qu'un adulte.

VII.3.3 - DOSES DUES A LA CONSOMMATION DE POISSONS ET DE MOLLUSQUES

Aucune mesure d'activité dans les poissons et les mollusques n'est disponible.

Les doses hypothétiques liées à la consommation de ces aliments sont déduites des rapports, déterminés pour quatre autres essais, entre les doses dues à la consommation de poissons et de mollusques et les dépôts effectivement mesurés.

Pour ces essais, les dépôts mesurés et les doses maximales à la thyroïde pour les enfants âgés de 1 à 2 ans suite à la consommation de poissons et mollusques sont présentés à titre d'exemple dans le Tableau 15.

L'ensemble des résultats pour les quatre essais et les différentes classes d'âge figurent dans le Tableau 21, en annexe.

Essai	Lieu	Dépôt total (Bq.m ⁻²)	Dose due aux poissons (mSv)	Dose due aux mollusques (mSv)	Rapport doses sur dépôt
ALDEBARAN	Gambier	5,9. 10 ⁷	7	15,8	3,9. 10 ⁻⁷
ARCTURUS	Tureia	1,6. 10 ⁷	2,8	31,8	2,2. 10 ⁻⁶
ENCELADE	Tureia	2,2. 10 ⁷	2,25	2,25	2,0. 10 ⁻⁷
PHOEBE	Gambier	5,2. 10 ⁶	< 10 ⁻⁴	0,58	1,1. 10 ⁻⁷

Tableau 15 : Dépôts et doses à la thyroïde par ingestion – Cas d'un enfant âgé de 1 à 2 ans

Pour la dose par ingestion à la thyroïde pour les enfants de 1 à 2 ans, le coefficient permettant de passer du dépôt à la dose par ingestion varie de 1,1. 10⁻⁷ (PHOEBE) à 2,2. 10⁻⁶ (ARCTURUS).

Pour la dose par ingestion à la thyroïde pour les adultes, le coefficient permettant de passer du dépôt à la dose par ingestion varie de 3,8. 10⁻⁸ (PHOEBE) à 1,5. 10⁻⁶ (ARCTURUS).

Pour la dose efficace par ingestion pour les enfants de 1 à 2 ans, le coefficient permettant de passer du dépôt à la dose par ingestion varie de 9,2. 10⁻⁹ (PHOEBE) à 1,9. 10⁻⁷ (ARCTURUS).

Pour la dose efficace par ingestion pour les adultes, le coefficient permettant de passer du dépôt à la dose par ingestion varie de 3,7. 10⁻⁹ (PHOEBE) à 1,5. 10⁻⁷ (ARCTURUS).

Le dépôt estimé aux îles Gambier suite à l'essai RIGEL étant au plus de l'ordre de 1,75. 10⁵ Bq.m⁻², les doses par ingestion pour les différentes classes d'âge seront les suivantes :

	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Dose max	-	3,3. 10 ⁻²	2,8. 10 ⁻²	3,1. 10 ⁻²	3,5. 10 ⁻²	2,6. 10 ⁻²
Dose min	-	1,6. 10 ⁻³	1,2. 10 ⁻³	9,4. 10 ⁻⁴	8,8. 10 ⁻⁴	6,4. 10 ⁻⁴

Tableau 16 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de poissons et mollusques

La dose efficace la plus élevée, de 0,035 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 12 à 17 ans, qui consomme autant qu'un adulte.

	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Dose max	-	0,38	0,35	0,32	0,40	0,26
Dose min	-	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$

Tableau 17 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de poissons et mollusques

La dose à la thyroïde la plus élevée, de l'ordre de 0,40 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 12 à 17 ans, qui consomme autant qu'un adulte.

On a supposé que les nourrissons, c'est-à-dire les enfants âgés de moins de 1 an, ne consommaient pas de poissons, ni de mollusques.

VIII - BILAN DES DOSES ESTIMEES

Le tableau suivant synthétise les doses calculées pour les enfants âgés de 1 à 2 ans, classe d'âge la plus exposée, et pour les adultes des îles Gambier.

Valeur de dose	Enfant 1-2 ans		Adulte	
	Minimale	Maximale	Minimale	Maximale
Dose dépôt 6 mois	0,019	0,019	0,019	0,019
Dose panache	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$
Dose efficace inhalation	$9,4 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$
Eau	0,38	0,64	0,10	0,17
Poissons et mollusques	0,0016	0,033	$6,4 \cdot 10^{-4}$	0,026
Végétaux	0,013	0,013	0,012	0,012
Total ingestion	0,39	0,69	0,11	0,21
Total interne (inhalation + ingestion)	0,40	0,69	0,11	0,21
Total	0,41	0,71	0,13	0,23

Tableau 18 : Synthèse des doses efficaces (mSv)

Valeur de dose	Enfant 1-2 ans		Adulte	
	Minimale	Maximale	Minimale	Maximale
Dose thyroïde inhalation	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$
Eau	4,4	7,3	1,0	1,7
Poissons et mollusques	0,02	0,38	0,0067	0,26
Végétaux	0,13	0,13	0,10	0,10
Total ingestion	4,6	7,8	1,1	2,1
Total interne (inhalation + ingestion)	4,6	7,8	1,1	2,1

Tableau 19 : Synthèse des doses internes à la thyroïde (mSv)

IX - COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS

La classe d'âge la plus exposée est constituée des enfants âgés de 1 à 2 ans, qui ont une alimentation variée, composée des mêmes aliments que les adultes.

La dose est essentiellement due à la voie ingestion, notamment la consommation d'eau (cf. Figure 2 à Figure 9).

La dose efficace maximale pour un enfant de 1 à 2 ans vivant aux îles Gambier est de 0,7 mSv, due en grande partie à la consommation d'eau (cf. Figure 3). La dose efficace maximale pour un adulte est de 0,23 mSv, due à plus de 75% à la consommation d'eau (cf. Figure 5).

Les doses internes à la thyroïde pour un enfant âgé de 1 à 2 ans et un adulte des îles Gambier sont respectivement au plus de 7,8 et 2,1 mSv.

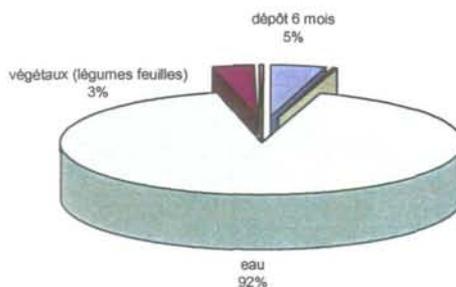


Figure 2 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés, la dose efficace est de 0,41 mSv.

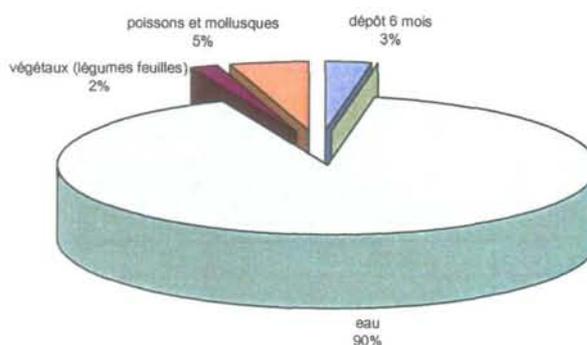


Figure 3 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés, la dose efficace est de 0,71 mSv.

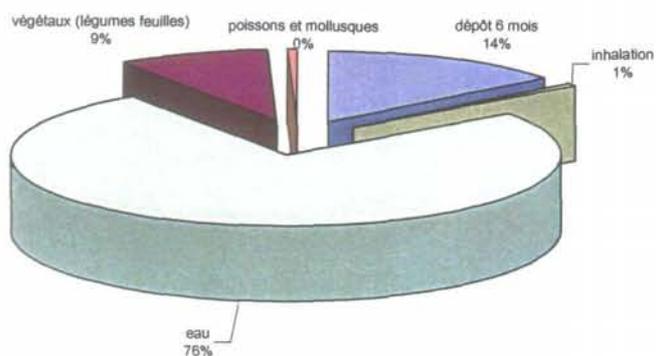


Figure 4 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments peu contaminés

Dans le cas des adultes consommant des aliments peu contaminés, la dose efficace est de 0,13 mSv.

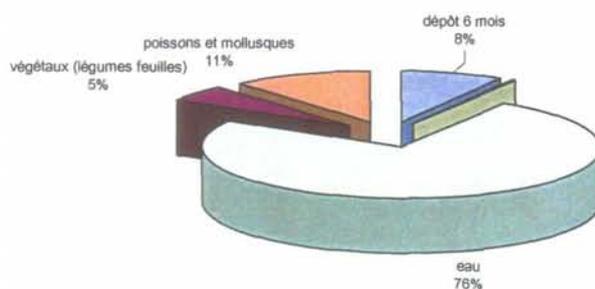


Figure 5 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments très contaminés

Dans le cas des adultes consommant des aliments très contaminés, la dose efficace est de 0,23 mSv.

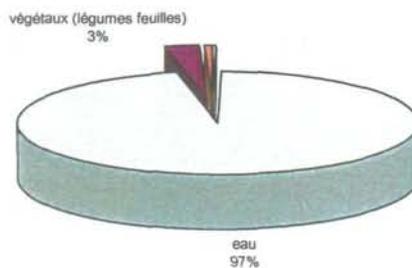


Figure 6 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés, la dose interne à la thyroïde est de 4,6 mSv.

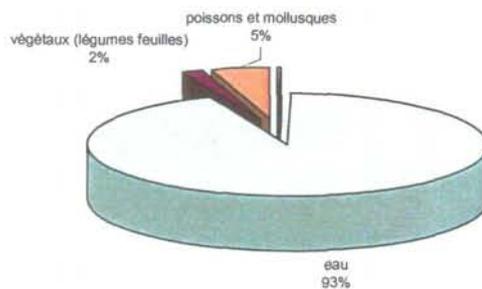


Figure 7 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments très contaminés, la dose interne à la thyroïde est de 7,8 mSv.

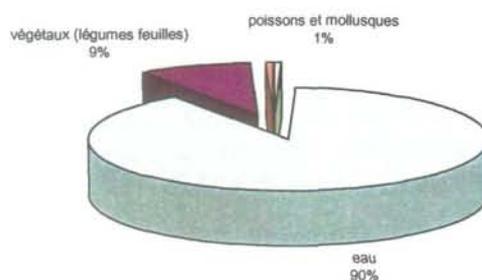


Figure 8 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose à la dose interne à la thyroïde – Adultes consommant des aliments peu contaminés

Dans le cas des adultes consommant des aliments peu contaminés, la dose interne à la thyroïde est de 1,1 mSv.

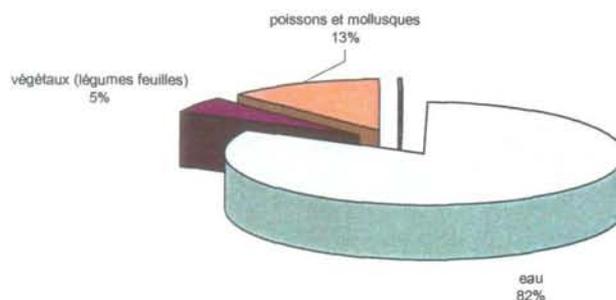


Figure 9 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Adultes consommant des aliments très contaminés

Dans le cas des adultes consommant des aliments très contaminés, la dose interne à la thyroïde est de 2,1 mSv.

X - CONCLUSION

Ce document présente les résultats des calculs d'impact dosimétrique sur la population des îles Gambier des retombées de l'essai atmosphérique RIGEL, réalisé le 24 septembre 1966. Le dépôt a été déduit des mesures des activités de l'eau de pluie et de l'air.

Des activités dans l'eau de boisson ont été obtenues à partir d'une mesure d'activité dans l'eau de pluie, en utilisant les rapports "activité de l'eau de pluie sur activité de l'eau de boisson" déduits des mesures effectuées lors des essais ENCELADE et ARCTURUS.

Les activités dans les légumes feuilles ont été estimées à partir des dépôts.

La dose due à la consommation de poissons et de mollusques a été calculée à partir du dépôt estimé, en utilisant les rapports entre le dépôt mesuré notamment pour les essais ARCTURUS et PHOEBE et les doses dues à la consommation de ces aliments calculées pour ces essais.

A partir des mesures disponibles, couplées au calcul de terme source effectué par le CEA/DAM, il a été possible d'en déduire l'activité de chaque radionucléide dans l'eau de boisson, le dépôt et les aliments des îles Gambier et leur évolution au cours du temps.

Les calculs de doses par ingestion ont pris en compte les différentes quantités consommées en fonction de l'âge de l'individu.

La population la plus exposée est constituée des enfants de 1 à 2 ans.

Les doses efficaces reçues par la population des îles Gambier varient respectivement de 0,1 à 0,25 mSv pour un adulte et de 0,4 à 0,7 mSv pour un enfant âgé de 1 à 2 ans.

Les doses à la thyroïde reçues par la population des îles Gambier varient respectivement de 1,1 à 2,1 mSv pour un adulte et de 4,5 à 8 mSv pour un enfant âgé de 1 à 2 ans.

XI - ANNEXE : DONNEES DE CALCUL

XI.1 - ISOTOPES MAJORITAIRES DANS LE TERME SOURCE

Isotope	Période (s)	pourcentage activité totale	pourcentage activité hors GR
²³⁹ Np	2.03E+05	28,6	31,1
¹³³ I	7.49E+04	6,0	6,5
¹⁰⁵ Rh	1.27E+05	5,7	6,2
⁹⁹ Mo	2.37E+05	4,9	5,3
^{99m} Tc	2.16E+04	4,7	5,1
¹³⁵ Xe	3.29E+04	4,5	0,0
¹⁴³ Ce	1.19E+05	4,3	4,6
⁹⁷ Nb	4.33E+03	4,2	4,6
¹³² I	8.26E+03	3,9	4,3
⁹⁷ Zr	6.03E+04	3,9	4,2
¹³² Te	2.77E+05	3,8	4,1
^{97m} Nb	5.27E+01	3,7	4,0
¹³³ Xe	4.53E+05	3,2	0,0
¹⁴⁰ Ba	1.10E+06	1,4	1,5
¹³¹ I	6.93E+05	1,4	1,5
⁹³ Y	3.66E+04	1,3	1,5
¹⁴⁹ Pm	1.91E+05	1,2	1,3
²³⁷ U	5.83E+05	0,9	1,0
^{131m} Te	1.08E+05	0,9	0,9
¹⁴⁰ La	1.45E+05	0,8	0,9
⁹¹ Sr	3.47E+04	0,8	0,9
¹⁵¹ Pm	1.02E+05	0,8	0,8
¹⁴³ Pr	1.17E+06	0,7	0,8
¹⁴⁷ Nd	9.49E+05	0,6	0,7
¹⁰³ Ru	3.39E+06	0,6	0,7
^{103m} Rh	3.37E+03	0,6	0,6
¹⁴¹ Ce	2.81E+06	0,6	0,6
¹³⁵ I	2.37E+04	0,5	0,6
^{91m} Y	2.98E+03	0,5	0,6
¹⁵³ Sm	1.67E+05	0,4	0,4
¹²⁷ Sb	3.33E+05	0,4	0,4
^{109m} Ag	3.96E+01	0,3	0,4
¹⁰⁹ Pd	4.93E+04	0,3	0,4
¹²⁷ Te	3.37E+04	0,3	0,3
⁹⁵ Zr	5.53E+06	0,3	0,3

Tableau 20 : Produits de fission présents dans le nuage et le dépôt (hors gaz rares) à H + 48 heures

Essai	Dépôt (Bq.m ⁻²)	Conso	efficace					thyroïde				
			1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Encelade	2.20E+07	Poissons	0.24	0.15	0.14	0.13	0.1	2.25	1.74	1.24	1.32	0.84
		Mollusques	0.24	0.19	0.24	0.26	0.2	2.25	2.2	2.1	2.7	1.7
		Dose totale	0.48	0.34	0.38	0.39	0.3	4.5	3.94	3.34	4.02	2.54
		Coefficient	2.18E-08	1.55E-08	1.73E-08	1.77E-08	1.36E-08	2.05E-07	1.79E-07	1.52E-07	1.83E-07	1.15E-07
Aldébaran	5.90E+07	Poissons	0.64	0.32	0.29	0.43	0.32	7	4.1	2.9	5	3.2
		Mollusques	1.24	0.95	0.72	0.65	0.48	15.8	13.4	8.4	8.5	5.4
		Dose totale	1.88	1.27	1.01	1.08	0.8	22.8	17.5	11.3	13.5	8.6
		Coefficient	3.19E-08	2.15E-08	1.71E-08	1.83E-08	1.36E-08	3.86E-07	2.97E-07	1.92E-07	2.29E-07	1.46E-07
Arcturus	1.60E+07	Poissons	0.25	0.17	0.14	0.14	0.1	2.8	2.1	1.5	1.6	1
		Mollusques	2.8	2.38	2.68	3.08	2.28	31.8	29.8	27.9	35.3	22.5
		Dose totale	3.05	2.55	2.82	3.22	2.38	34.6	31.9	29.4	36.9	23.5
		Coefficient	1.91E-07	1.59E-07	1.76E-07	2.01E-07	1.49E-07	2.16E-06	1.99E-06	1.84E-06	2.31E-06	1.47E-06
Phoebe	5.20E+06	Poissons	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04	< 1E-04
		Mollusques	4.80E-02	3.70E-02	2.80E-02	2.60E-02	1.90E-02	0.58	0.5	0.32	0.32	0.2
		Dose totale	4.80E-02	3.70E-02	2.80E-02	2.60E-02	1.90E-02	0.58	0.5	0.32	0.32	0.2
		Coefficient	9.23E-09	7.12E-09	5.38E-09	5.00E-09	3.65E-09	1.12E-07	9.62E-08	6.15E-08	6.15E-08	3.85E-08

Tableau 21 : Dépôts (Bq.m⁻²) et doses par ingestion (mSv) pour les quatre essais déjà étudiés

XI.2 - COEFFICIENTS DE DOSE

	période	Cd dépôt (Sv/h)/(Bq/m ²)	Coefficient de dose efficace - inhalation (Sv.Bq ⁻¹)					
			bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
C14 aérosols	5.73E3 a	5.80E-17	1.90E-08	1.70E-08	1.10E-08	7.40E-09	6.40E-09	5.80E-09
Br83	2.39 h	2.93E-14	3.50E-10	2.30E-10	1.10E-10	7.70E-11	5.90E-11	4.80E-11
Rb88	0.297 h	2.14E-12	1.90E-10	1.20E-10	5.20E-11	3.20E-11	1.90E-11	1.60E-11
Sr91	9.50 h	3.52E-12	3.10E-09	2.20E-09	1.10E-09	6.90E-10	4.40E-10	3.70E-10
Sr92	2.71 h	4.50E-12	1.90E-09	1.40E-09	6.50E-10	4.10E-10	2.50E-10	2.10E-10
Y91 m	0.828 h	1.88E-12	7.40E-11	5.90E-11	3.10E-11	2.00E-11	1.40E-11	1.10E-11
Y92	3.54 h	9.11E-13	1.90E-09	1.20E-09	5.50E-10	3.50E-10	2.10E-10	1.80E-10
Y93	10.1 h	3.28E-13	4.60E-09	3.00E-09	1.40E-09	8.50E-10	5.00E-10	4.20E-10
Zr97	16.9 h	3.05E-12	7.80E-09	5.30E-09	2.80E-09	1.80E-09	1.10E-09	9.20E-10
Nb97	1.20 h	2.32E-12	3.70E-10	2.50E-10	1.20E-10	7.70E-11	5.20E-11	4.30E-11
Mo99	2.75 j	5.29E-13	6.00E-09	4.40E-09	2.20E-09	1.50E-09	1.10E-09	8.90E-10
Tc99 m	6.02 h	4.36E-13	1.30E-10	9.90E-11	5.10E-11	3.40E-11	2.40E-11	1.90E-11
Ru103	39.3 j	1.67E-12	1.10E-08	8.40E-09	5.00E-09	3.50E-09	3.00E-09	2.40E-09
Ru105	4.44 h	2.77E-12	1.30E-09	9.20E-10	4.50E-10	3.00E-10	2.00E-10	1.70E-10
Rh105	1.47 j	2.74E-13	2.40E-09	1.70E-09	8.00E-10	5.60E-10	4.50E-10	3.50E-10
Rh103 m	0.935 h	4.50E-15	2.00E-11	1.30E-11	6.70E-12	4.30E-12	3.20E-12	2.70E-12
Pd109	13.4 h	4.03E-14	2.70E-09	1.90E-09	9.30E-10	6.30E-10	4.60E-10	3.70E-10
Ag112	3.12 h	2.28E-12	9.80E-10	6.40E-10	2.80E-10	1.70E-10	9.10E-11	7.60E-11
Sb129	0.173 h	6.98E-12	2.00E-09	1.40E-09	6.80E-10	4.40E-10	2.90E-10	2.30E-10
Te129	1.16 h	2.16E-13	3.30E-10	2.20E-10	9.90E-11	6.50E-11	4.40E-11	3.70E-11
Te131	0.417 h	1.48E-12	2.60E-10	1.70E-10	8.10E-11	5.20E-11	3.50E-11	2.80E-11
Te131 m	1.25 j	5.26E-12	7.90E-09	5.80E-09	3.00E-09	1.90E-09	1.20E-09	9.40E-10
Te132	3.26 j	8.78E-12	1.60E-08	1.30E-08	6.40E-09	4.00E-09	2.60E-09	2.00E-09
I131 vapeur	8.04 j	1.35E-12	1.70E-07	1.60E-07	9.40E-08	4.80E-08	3.10E-08	2.00E-08
I132 vapeur	2.30 h	7.96E-12	2.80E-09	2.30E-09	1.30E-09	6.40E-10	4.30E-10	3.10E-10
I133 vapeur	20.8 h	2.15E-12	4.50E-08	4.10E-08	2.10E-08	9.70E-09	6.30E-09	4.00E-09
I134 vapeur	0.876 h	9.11E-12	8.20E-09	6.90E-10	3.90E-10	2.20E-10	1.60E-10	1.50E-10
I135 vapeur	6.61 h	5.29E-12	9.70E-09	8.50E-09	4.50E-09	2.10E-09	1.40E-09	9.20E-10
Cs134	2.06 a	5.47E-12	1.10E-08	7.30E-09	5.20E-09	5.30E-09	6.30E-09	6.60E-09
Cs134m	2.90 h	9.32E-14	1.30E-10	8.60E-11	3.80E-11	2.50E-11	1.60E-11	1.40E-11
Cs135	2.30E6 a	1.20E-16	1.70E-09	9.90E-10	6.20E-10	6.10E-10	6.80E-10	6.90E-10
Cs135m	0.883 h	5.54E-12	9.20E-11	7.80E-11	4.10E-11	2.40E-11	1.50E-11	1.20E-11
Cs136	13.1 j	7.52E-12	7.30E-09	5.20E-09	2.90E-09	2.00E-09	1.40E-09	1.20E-09
Cs137	30.0 a	2.00E-12	8.80E-09	5.40E-09	3.60E-09	3.70E-09	4.40E-09	4.60E-09
Cs138	0.536 h	7.88E-12	2.60E-10	1.80E-10	8.10E-11	5.00E-11	2.90E-11	2.40E-11
Ba139	1.38 h	1.65E-13	5.40E-10	3.50E-10	1.60E-10	1.00E-10	6.60E-11	5.60E-11
Ba140	12.7 j	8.42E-12	2.70E-08	2.00E-08	1.10E-08	7.60E-09	6.20E-09	5.10E-09
La141	3.93 h	1.63E-13	1.40E-09	9.30E-10	4.30E-10	2.80E-10	1.80E-10	1.50E-10
La142	1.54 h	8.86E-12	8.10E-10	5.70E-10	2.70E-10	1.70E-10	1.10E-10	8.90E-11
Ce141	32.5 j	2.66E-13	1.40E-08	1.10E-08	6.30E-09	4.60E-09	4.10E-09	3.20E-09
Ce143	1.38 j	1.00E-12	5.60E-09	3.90E-09	1.90E-09	1.30E-09	9.30E-10	7.50E-10
Pr145	5.98 h	5.62E-14	1.60E-09	1.10E-09	4.90E-10	3.20E-10	2.00E-10	1.70E-10
Nd147	11.0 j	5.00E-13	1.20E-08	8.60E-09	4.90E-09	3.50E-09	3.00E-09	2.40E-09
Nd149	1.73 h	1.36E-12	7.10E-10	4.80E-10	2.30E-10	1.50E-10	1.10E-10	8.90E-11
Pm149	2.21 j	4.07E-14	5.30E-09	3.60E-09	1.80E-09	1.20E-09	9.00E-10	7.30E-10
Pm151	1.18 j	1.13E-12	3.40E-09	2.60E-09	1.30E-09	7.90E-10	5.70E-10	4.60E-10
Sm153	1.95 j	2.24E-13	4.20E-09	2.90E-09	1.50E-09	1.00E-09	7.90E-10	6.30E-10
Sm156	9.40 h	4.21E-13	1.60E-09	1.10E-09	5.80E-10	3.50E-10	2.70E-10	2.20E-10
U237	6.75 j	4.79E-13	7.80E-09	5.70E-09	3.30E-09	2.40E-09	2.10E-09	1.70E-09
Np237	2.14E6 a	8.05E-13	4.40E-05	4.00E-05	2.80E-05	2.20E-05	2.20E-05	2.30E-05
Np239	2.36 j	5.87E-13	5.90E-09	4.20E-09	2.00E-09	1.40E-09	9.30E-10	9.30E-10
Pu238	87.7 a	3.02E-15	7.80E-05	7.40E-05	5.60E-05	4.40E-05	4.30E-05	4.60E-05
Pu239	2.41E4 a	1.32E-15	8.00E-05	7.70E-05	6.00E-05	4.80E-05	4.70E-05	5.00E-05

	période	Cd dépôt (Sv/h)/(Bq/m ²)	Coefficient de dose efficace - inhalation (Sv.Bq ⁻¹)					
			bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Pu240	6.54E3 a	2.89E-15	8.00E-05	7.70E-05	6.00E-05	4.80E-05	4.70E-05	5.00E-05
Pu241	14.4 a	1.87E-17	9.10E-07	9.70E-07	9.20E-07	8.30E-07	8.60E-07	9.00E-07
Pu242	3.76E5 a	2.40E-15	7.60E-05	7.30E-05	5.70E-05	4.50E-05	4.50E-05	4.80E-05
Am241	432 a	9.90E-14	7.30E-05	6.90E-05	5.10E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.20E-05

Tableau 22 : Coefficients de dose efficace par inhalation

	Coefficient de dose efficace - ingestion (Sv.Bq ⁻¹)					
	bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
C14 aérosols	1.40E-09	1.60E-09	9.90E-10	8.00E-10	5.70E-10	5.80E-10
Br83	5.30E-10	3.00E-10	1.40E-10	8.30E-11	5.50E-11	4.30E-11
Rb88	1.10E-09	6.20E-10	3.00E-10	1.70E-10	1.20E-10	9.00E-11
Sr91	5.20E-09	4.00E-09	2.10E-09	1.20E-09	7.40E-10	6.50E-10
Sr92	3.40E-09	2.70E-09	1.40E-09	8.20E-10	4.80E-10	4.30E-10
Y91 m	9.20E-11	6.00E-11	3.30E-11	2.10E-11	1.40E-11	1.10E-11
Y92	5.90E-09	3.60E-09	1.80E-09	1.00E-09	6.20E-10	4.90E-10
Y93	1.40E-08	8.50E-09	4.30E-09	2.50E-09	1.40E-09	1.20E-09
Zr97	2.20E-08	1.40E-08	7.30E-09	4.40E-09	2.60E-09	2.10E-09
Nb97	7.70E-10	4.50E-10	2.30E-10	1.30E-10	8.70E-11	6.80E-11
Mo99	5.50E-09	3.50E-09	1.80E-09	1.10E-09	7.60E-10	6.00E-10
Tc99 m	2.00E-10	1.30E-10	7.20E-11	4.30E-11	2.80E-11	2.20E-11
Ru103	7.10E-09	4.60E-09	2.40E-09	1.50E-09	9.20E-10	7.30E-10
Ru105	2.70E-09	1.80E-09	9.10E-10	5.50E-10	3.30E-10	2.60E-10
Rh105	4.00E-09	2.70E-09	1.30E-09	8.00E-10	4.60E-10	3.70E-10
Rh103 m	4.70E-11	2.70E-11	1.30E-11	7.40E-12	4.80E-12	3.80E-12
Pd109	6.30E-09	4.10E-09	2.00E-09	1.20E-09	6.80E-10	5.50E-10
Ag112	4.90E-09	3.00E-09	1.50E-09	8.90E-10	5.40E-10	4.30E-10
Sb129	4.30E-09	2.80E-09	1.50E-09	8.80E-10	5.30E-10	4.20E-10
Te129	7.50E-10	4.40E-10	2.10E-10	1.20E-10	8.00E-11	6.30E-11
Te131	9.00E-10	6.60E-10	3.50E-10	1.90E-10	1.20E-10	8.70E-11
Te131 m	2.00E-08	1.40E-08	7.80E-09	4.30E-09	2.70E-09	1.90E-09
Te132	4.80E-08	3.00E-08	1.60E-08	8.30E-09	5.30E-09	3.80E-09
I131 vapeur	1.80E-07	1.80E-07	1.00E-07	5.20E-08	3.40E-08	2.20E-08
I132 vapeur	3.00E-09	2.40E-09	1.30E-09	6.20E-10	4.10E-10	2.90E-10
I133 vapeur	4.90E-08	4.40E-08	2.30E-08	1.00E-08	6.80E-09	4.30E-09
I134 vapeur	1.10E-09	7.50E-10	3.90E-10	2.10E-10	1.40E-10	1.10E-10
I135 vapeur	1.00E-08	8.90E-09	4.70E-09	2.20E-09	1.40E-09	9.30E-10
Cs134	2.60E-08	1.60E-08	1.30E-08	1.40E-08	1.90E-08	1.90E-08
Cs134m	2.10E-10	1.20E-10	5.90E-11	3.50E-11	2.50E-11	2.00E-11
Cs135	4.10E-09	2.30E-09	1.70E-09	1.70E-09	2.00E-09	2.00E-09
Cs135m	1.30E-10	8.60E-11	4.90E-11	3.20E-11	2.30E-11	1.90E-11
Cs136	1.50E-08	9.50E-09	6.10E-09	4.40E-09	3.40E-09	3.00E-09
Cs137	2.10E-08	1.20E-08	9.60E-09	1.00E-08	1.30E-08	1.30E-08
Cs138	1.10E-09	5.90E-10	2.90E-10	1.70E-10	1.20E-10	9.20E-11
Ba139	1.40E-09	8.40E-10	4.10E-10	2.40E-10	1.50E-10	1.20E-10
Ba140	3.20E-08	1.80E-08	9.20E-09	5.80E-09	3.70E-09	2.60E-09
La141	4.30E-09	2.60E-09	1.30E-09	7.60E-10	4.50E-10	3.60E-10
La142	1.90E-09	1.10E-09	5.80E-10	3.50E-10	2.30E-10	1.80E-10
Ce141	8.10E-09	5.10E-09	2.60E-09	1.50E-09	8.80E-10	7.10E-10
Ce143	1.20E-08	8.00E-09	4.10E-09	2.40E-09	1.40E-09	1.10E-09
Pr145	4.70E-09	2.90E-09	1.40E-09	8.50E-10	4.90E-10	3.90E-10
Nd147	1.20E-08	7.80E-09	3.90E-09	2.30E-09	1.30E-09	1.10E-09
Nd149	1.40E-09	8.70E-10	4.30E-10	2.60E-10	1.60E-10	1.20E-10
Pm149	1.20E-08	7.40E-09	3.70E-09	2.20E-09	1.20E-09	9.90E-10
Pm151	8.00E-09	5.10E-09	2.60E-09	1.60E-09	9.10E-10	7.30E-10

	Coefficient de dose efficace - ingestion (Sv.Bq ⁻¹)					
	bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Sm153	8.40E-09	5.40E-09	2.70E-09	1.60E-09	9.20E-10	7.40E-10
Sm156	2.80E-09	1.80E-09	9.00E-10	5.40E-10	3.10E-10	2.50E-10
U237	8.30E-09	5.40E-09	2.80E-09	1.60E-09	9.50E-10	7.60E-10
Np237	2.00E-06	2.10E-07	1.40E-07	1.10E-07	1.10E-07	1.10E-07
Np239	8.90E-09	5.70E-09	2.90E-09	1.70E-09	1.00E-09	8.00E-10
Pu238	4.00E-06	4.00E-07	3.10E-07	2.40E-07	2.20E-07	2.30E-07
Pu239	4.20E-06	4.20E-07	3.30E-07	2.70E-07	2.40E-07	2.50E-07
Pu240	4.20E-06	4.20E-07	3.30E-07	2.70E-07	2.40E-07	2.50E-07
Pu241	5.60E-08	5.70E-09	5.50E-09	5.10E-09	4.80E-09	4.80E-09
Pu242	4.00E-06	4.00E-07	3.20E-07	2.60E-07	2.30E-07	2.40E-07
Am241	3.70E-06	3.70E-07	2.70E-07	2.20E-07	2.00E-07	2.00E-07

Tableau 23 : Coefficients de dose efficace par ingestion

	période	Cd dépôt (efficace) (Sv/h)/(Bq/m ²)	Coefficient de dose à la thyroïde par inhalation (Sv.Bq ⁻¹)					
			bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Te119	0.383 h	6.34E-12						
Te121	17.0 j	2.05E-12						
Te121 m	154 j	7.56E-13	7.70E-09	5.70E-09	3.10E-09	1.60E-09	1.10E-09	8.70E-10
Te123	1.00E13 a	7.02E-14	1.00E-09	7.80E-10	4.50E-10	2.70E-10	2.20E-10	2.00E-10
Te123 m	120 j	5.15E-13	5.50E-09	3.90E-09	1.90E-09	8.90E-10	5.80E-10	4.10E-10
Te125 m	58.0 j	1.30E-13	4.40E-09	3.00E-09	1.40E-09	6.20E-10	3.90E-10	2.50E-10
Te127	9.35 h	1.86E-14	5.90E-11	3.40E-11	1.50E-11	7.10E-12	4.10E-12	2.80E-12
Te127 m	109 j	5.89E-14	1.40E-08	9.80E-09	4.70E-09	2.00E-09	1.30E-09	8.60E-10
Te129	1.16 h	2.16E-13	4.50E-12	2.80E-12	1.30E-12	7.40E-13	4.40E-13	3.50E-13
Te129 m	33.6 j	2.77E-13	1.90E-08	1.20E-08	5.70E-09	2.50E-09	1.50E-09	1.00E-09
Te131	0.417 h	1.48E-12	6.80E-10	4.60E-10	2.40E-10	1.20E-10	7.30E-11	4.80E-11
Te131 m	1.25 j	5.26E-12	3.70E-08	2.50E-08	1.30E-08	6.60E-09	4.10E-09	2.70E-09
Te132	3.26 j	8.78E-12	8.70E-08	5.30E-08	2.40E-08	1.10E-08	6.60E-09	4.30E-09
Te133	0.207 h	3.22E-12	7.30E-10	4.50E-10	2.10E-10	9.40E-11	5.00E-11	3.60E-11
Te133 m	0.923 h	8.41E-12	3.30E-09	2.00E-09	9.40E-10	4.20E-10	2.50E-10	1.60E-10
Te134	0.696 h	3.12E-12	3.80E-10	2.80E-10	1.30E-10	6.10E-11	3.80E-11	2.60E-11
I121	2.12 h	1.47E-12	3.80E-09	8.40E-09	4.90E-09	2.60E-09	1.80E-09	1.20E-09
I123	13.2 h	5.98E-13	3.90E-08	3.50E-08	1.90E-08	8.60E-09	5.70E-09	3.70E-09
I125	60.1 j	1.54E-13	9.30E-07	1.00E-06	7.50E-07	5.60E-07	4.00E-07	2.70E-07
I128	0.416 h	3.16E-13	1.90E-09	1.70E-09	8.60E-10	3.70E-10	2.40E-10	1.50E-10
I129	1.57E7 a	9.29E-14	3.30E-06	3.90E-06	3.10E-06	3.40E-06	2.50E-06	1.90E-06
I130	12.4 h	7.56E-12	3.60E-07	3.30E-07	1.70E-07	8.00E-08	5.20E-08	3.30E-08
I131	8.04 j	1.35E-12	3.30E-06	3.20E-06	1.90E-06	1.10E-07	6.20E-07	3.90E-07
I132	2.30 h	7.96E-12	4.30E-08	3.80E-08	2.00E-08	8.90E-09	5.80E-09	3.60E-09
I132 m	1.39 h	1.13E-12	3.90E-08	3.50E-08	1.80E-08	8.20E-09	5.30E-09	1.30E-09
I133	20.8 h	2.15E-12	8.90E-07	8.00E-07	4.20E-07	1.90E-07	1.20E-07	7.60E-08
I134	0.876 h	9.11E-12	8.20E-09	7.30E-09	3.80E-09	1.70E-09	1.10E-09	7.00E-10
I135	6.61 h	5.29E-12	1.80E-07	1.60E-07	8.00E-09	3.80E-08	2.40E-08	1.50E-08

Tableau 24 : Coefficients de dose à la thyroïde par inhalation

	Coefficient de dose à la thyroïde par ingestion (Sv.Bq ⁻¹)					
	bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Te121	3.80E-09	1.70E-09	9.70E-10	5.30E-10	3.80E-10	2.80E-10
Te121 m	3.00E-08	1.30E-08	7.30E-09	3.60E-09	2.50E-09	1.80E-09
Te123	4.00E-09	1.80E-09	1.10E-09	7.10E-10	5.80E-10	4.90E-10
Te123 m	2.70E-08	1.20E-08	6.40E-09	2.90E-09	1.90E-09	1.20E-09
Te125 m	2.50E-08	1.10E-08	5.80E-09	2.60E-09	1.60E-09	1.00E-09
Te127	4.50E-10	1.70E-10	8.90E-11	4.10E-11	2.60E-11	1.70E-11
Te127 m	7.60E-08	3.40E-08	1.80E-08	7.70E-09	4.90E-09	3.10E-09
Te129	2.40E-11	6.30E-12	3.10E-12	1.70E-12	1.00E-12	7.50E-13
Te129 m	1.10E-07	5.10E-08	2.60E-08	1.10E-08	7.40E-09	4.60E-09
Te131	7.60E-09	7.30E-09	4.30E-09	2.10E-09	1.40E-09	8.90E-10
Te131 m	2.60E-07	1.50E-07	8.90E-08	4.50E-08	2.90E-08	1.80E-08
Te132	6.50E-07	3.20E-07	1.70E-07	7.50E-08	1.49E-07	3.10E-08
Te133	9.50E-09	8.50E-09	4.50E-09	2.00E-09	1.30E-09	8.10E-10
Te133 m	3.90E-08	3.40E-08	1.80E-08	8.00E-09	5.10E-09	3.20E-09
Te134	6.30E-09	5.50E-09	2.90E-09	1.30E-09	8.30E-10	5.20E-10
I121	8.80E-09	8.30E-09	4.90E-09	2.60E-09	1.80E-09	1.20E-09
I123	4.10E-08	3.70E-08	2.00E-08	9.20E-09	6.10E-09	3.90E-09
I125	1.00E-06	1.10E-06	8.20E-07	6.20E-07	4.40E-07	3.00E-07
I128	1.10E-09	1.00E-09	5.10E-10	2.20E-10	1.40E-10	8.90E-11
I129	3.70E-06	4.30E-06	3.40E-06	3.80E-06	2.80E-06	2.10E-06
I130	3.90E-07	3.50E-07	1.90E-07	8.50E-08	5.60E-08	3.60E-08
I131	3.70E-06	3.60E-06	2.10E-06	1.00E-06	6.80E-07	4.30E-07
I132	4.00E-08	3.50E-08	1.90E-08	8.30E-09	5.40E-09	3.40E-09
I132 m	3.80E-08	3.40E-08	1.80E-08	8.00E-09	5.20E-09	3.30E-09
I133	9.60E-07	8.60E-07	4.60E-07	2.00E-07	1.30E-07	8.20E-08
I134	6.30E-09	5.60E-09	2.90E-09	1.30E-09	8.50E-10	5.40E-10
I135	1.90E-07	1.70E-07	8.70E-08	3.90E-08	2.50E-08	1.60E-08

Tableau 25 : Coefficients de dose à la thyroïde par ingestion

XII - REFERENCES

-
- 1 Base de données JEFF - Joint Evaluation Fission and Fusion File – AEN – février 2005.
 - 2 Arrêté du 01/09/2003 pour le calcul des doses efficaces définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.
 - 3 CIPR 71: Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4. Inhalation dose coefficients; Volume 25, n° 3-4, 1995 / CIPR 72: Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 5. Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients.
 - 4 Directive Euratom 96-29 - Nouvelle directive fixant les normes de base n°96/29/Euratom du 13/05/96 – Journal Officiel de la Communauté Européenne L159 du 29 juin 1996.
 - 5 ICRP Publication 66: Human respiratory tract model for radiological protection – 1993.
 - 6 External Exposure to Radionuclides in air, water and soil - Federal Guidance Report N° 12, 1993.