



## **Dossier d'Etude Technique**

**Calcul de l'impact dosimétrique des  
retombées de l'essai ARCTURUS à Tureia**

**IDENTITE DU DOCUMENT**

<b>1 - <u>Nature</u></b>	<b>2 - <u>Date</u></b>	<b>3 - <u>Nbre de pages</u></b>
Dossier d'Etude Technique	29/08/06	39

**4 – Titre** : Calcul de l'impact dosimétrique des retombées de l'essai ARCTURUS à Tureia

**5 – Résumé** : Ce document présente les calculs d'impact dosimétrique sur la population de Tureia des retombées de l'essai atmosphérique ARCTURUS, réalisé le 2 juillet 1967. Toutes les voies d'atteinte sont considérées : l'inhalation (doses efficaces et doses à la thyroïde), l'irradiation externe (doses efficaces par le panache et les dépôts), l'ingestion (doses efficaces et doses à la thyroïde).

A partir de mesures d'activités dans l'environnement (dépôt et produits de la chaîne alimentaire) couplées au calcul de terme source, il a été possible de déduire toutes les grandeurs nécessaires aux évaluations d'impact : l'activité de chaque isotope dans le panache, l'activité de chaque radionucléide dans les produits végétaux et animaux et leur évolution au cours du temps. Les calculs de doses par ingestion ont également pris en compte les différentes quantités consommées en fonction de l'âge de l'individu.

Afin d'obtenir les doses enveloppes reçues par les populations, deux vitesses de dépôt des radionucléides ont été prises en compte. Les évaluations de dose par inhalation et de dose externe par le panache les plus élevées sont obtenues en utilisant une vitesse de dépôt de  $0,05 \text{ m.s}^{-1}$ .

La dose efficace maximale pour un enfant de 1 à 2 ans vivant à Tureia est de 4 mSv, due en grande partie à la consommation de mollusques, notamment de bénitier. La dose efficace maximale pour un adulte est de 3,2 mSv.

Les doses internes à la thyroïde pour un enfant âgé de 1 à 2 ans et un adulte de Tureia sont respectivement au plus de 37,5 et 25 mSv.

Lorsque les mollusques sont très contaminés, les doses sont essentiellement dues à la voie ingestion, notamment à la consommation de bénitiers.

**6 – Descripteurs proposés**

Essai nucléaire atmosphérique, impact radiologique, ARCTURUS.

# Calcul de l'impact dosimétrique des retombées de l'essai ARCTURUS à Tureia

## Sommaire

<b>I - INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>II - CONTEXTE</b> .....	<b>6</b>
<b>III - METHODOLOGIE DE CALCUL</b> .....	<b>6</b>
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 - Coefficients de dose .....	9
III.2.2 - Ration alimentaire .....	10
<b>IV - DONNEES METEOROLOGIQUES</b> .....	<b>12</b>
<b>V - TERME SOURCE</b> .....	<b>12</b>
V.1 - ACTIVITES EMISES .....	12
V.2 - ISOTOPES PREPONDERANTS LORS DE L'ARRIVEE A TUREIA.....	12
<b>VI - BILAN DES MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>13</b>
VI.1 - MESURES "PHYSIQUES" .....	13
VI.1.1 - Activités dans l'air .....	13
VI.1.2 - Dépôts.....	13
VI.1.3 - Eaux.....	13
VI.2 - MESURES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES .....	14
VI.2.1 - Végétaux.....	14
VI.2.2 - Mollusques et crustacés .....	14
VI.2.3 - Poissons .....	14
<b>VII - CALCULS DE DOSES</b> .....	<b>15</b>
VII.1 - DOSES PAR INHALATION .....	15
VII.1.1 - Dose efficace par inhalation .....	15
VII.1.2 - Dose à la thyroïde par inhalation .....	15
VII.2 - DOSES PAR IRRADIATION EXTERNE .....	16
VII.2.1 - Irradiation externe par le panache .....	16
VII.2.2 - Irradiation externe par les dépôts .....	16

VII.3 -	DOSES PAR INGESTION AVEC PRISE EN COMPTE DE RATIONS ALIMENTAIRES.....	18
VII.3.1 -	<i>Dose due à la consommation d'eau.....</i>	18
VII.3.2 -	<i>Dose due à la consommation de fruits.....</i>	19
VII.3.3 -	<i>Dose due à la consommation de produits animaux.....</i>	20
<b>VIII -</b>	<b>BILAN DES DOSES ESTIMEES .....</b>	<b>23</b>
<b>IX -</b>	<b>COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS.....</b>	<b>24</b>
<b>X -</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>29</b>
<b>XI -</b>	<b>ANNEXE : DONNEES DE CALCUL.....</b>	<b>30</b>
XI.1 -	ISOTOPES MAJORITAIRES DANS LE TERME SOURCE.....	30
XI.2 -	MESURES DANS LES MILIEUX.....	32
XI.2.1 -	<i>Activité de l'air.....</i>	32
XI.2.2 -	<i>Activité dans l'eau de citerne de Tureia.....</i>	32
XI.2.3 -	<i>Activité dans les aliments.....</i>	33
XI.3 -	COEFFICIENTS DE DOSE.....	35
<b>XII -</b>	<b>REFERENCES.....</b>	<b>39</b>

## Liste des figures

Figure 1 :	Evolution de la dose due au dépôt (mSv) en fonction de la durée d'exposition pour un dépôt initial de $1,6 \cdot 10^7$ Bq.m <sup>-2</sup> – présence des 2/3 à l'extérieur.....	17
Figure 2 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés.....	25
Figure 3 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés.....	25
Figure 4 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments peu contaminés.....	26
Figure 5 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments les plus contaminés.....	26
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.....	27
Figure 7 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés.....	27
Figure 8 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose à la thyroïde – Adultes consommant des aliments peu contaminés.....	28
Figure 9 :	Contribution relative des voies d'atteinte à la dose à la thyroïde – Adultes consommant des aliments les plus contaminés.....	28

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	Débits respiratoires utilisés pour les différentes classes d'âge (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ).....	9
-------------	--	---

Tableau 2 : Rations alimentaires d'origine locale considérées dans cette étude ( $\text{g.j}^{-1}$ ) .....	11
Tableau 3 : Dose efficace par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv) .....	15
Tableau 4 : Dose à la thyroïde par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv) .....	15
Tableau 5 : Dose efficace par irradiation par le panache (mSv).....	16
Tableau 6 : Evolution de la dose efficace par irradiation due aux dépôts en fonction de la durée d'exposition – présence des 2/3 à l'extérieur.....	17
Tableau 7 : Dose efficace (mSv) due à la consommation d'eau.....	18
Tableau 8 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation d'eau .....	18
Tableau 9 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de fruits – calculs à partir d'activités mesurées .....	19
Tableau 10 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de fruits - calculs à partir d'activités mesurées .....	19
Tableau 11 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de poissons .....	20
Tableau 12 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de poissons.....	21
Tableau 13 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de mollusques .....	22
Tableau 14 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de mollusques.....	22
Tableau 15 : Synthèse des doses efficaces (mSv).....	23
Tableau 16 : Synthèse des doses internes à la thyroïde (mSv) .....	23
Tableau 17 : Isotopes présents dans le nuage et le dépôt (hors gaz rares) à H + 11h40 .....	31
Tableau 18 : Activités volumiques dans l'air relevées à Tureia du 01/07/1967 au 09/07/1967 ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) .....	32
Tableau 19 : Activité (mélange de PF) dans l'eau de la citerne de Tureia ( $\text{Bq.l}^{-1}$ ).....	32
Tableau 20 : Activité globale dans des prélèvements réalisés à Tureia ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) en juillet et en août 1967.....	34
Tableau 21 : Coefficients de dose efficace par irradiation par le dépôt et par inhalation .....	36
Tableau 22 : Coefficients de dose efficace par ingestion .....	37
Tableau 23 : Coefficients de dose à la thyroïde par inhalation .....	37
Tableau 24 : Coefficients de dose à la thyroïde par ingestion .....	38

## I - INTRODUCTION

L'objet de ce document est d'évaluer l'impact dosimétrique, sur la population de Tureia, des retombées de l'essai atmosphérique ARCTURUS, réalisé le 2 juillet 1967.

Toutes les voies d'atteinte sont considérées : l'inhalation (doses efficaces et doses à la thyroïde), l'irradiation externe (doses efficaces par le panache et les dépôts), l'ingestion (doses efficaces et doses à la thyroïde).

## II - CONTEXTE

L'essai ARCTURUS, d'une énergie de 22 kt, a été réalisé à partir d'une barge mouillée en lagon.

Cet essai a eu lieu le 2 juillet 1967, à 17h30 TU (07h30 W), à partir de la zone Denise de Mururoa. Les coordonnées géographiques du point "zéro" sont 21°47'11" Sud et 139°53'33" W, c'est-à-dire à 700 m du Poste Enregistrement Avancé (PEA) Denise ; l'altitude du tir était de 3 m.

## III - METHODOLOGIE DE CALCUL

### III.1 - METHODE DE CALCUL

Pour évaluer l'impact des retombées de cet essai, on dispose de mesures d'activités, exprimées en  $\beta$  global, notamment dans des aliments et de l'eau prélevée dans les citernes de Tureia. Cet atoll est situé à environ 120 km au nord-ouest de Mururoa. Le panache y est arrivé environ 8h40 après l'essai. La retombée radioactive s'est poursuivie jusqu'à H+11h40 après l'essai.

Il faut noter que, dans ce document, les calculs d'impact à long terme, prenant en compte la remise en suspension, ne sont pas réalisés.

Les dépôts mesurés et les données dans les échantillons disponibles ont servi aux calculs de doses efficaces par irradiation externe, inhalation et ingestion.

Comme les résultats de mesures sont exprimés en  $\beta$  global, la répartition des radionucléides dans le dépôt ou dans les échantillons prélevés 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 présents initialement dans le terme source, environ 1000 sont des isotopes radioactifs. Après 11h40 de décroissance, délai correspondant à la fin de la retombée à Tureia, 70 isotopes contribuent majoritairement à l'activité globale. La liste de ces isotopes majoritaires en termes d'activité dans le dépôt et dans l'air à Tureia figure dans le Tableau 17 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  $\text{Bq.s.m}^{-3}$ , est déduite du dépôt au sol, exprimé en  $\text{Bq.m}^{-2}$ , à partir de la vitesse de dépôt  $V_d$ , en  $\text{m.s}^{-1}$ .

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

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 deux valeurs possibles de vitesse de dépôt :  $5 \cdot 10^{-2}$  et  $3 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$ . En effet, compte tenu de la répartition en taille des aérosols formés lors d'un essai nucléaire, les vitesses de dépôt de ceux-ci se situent majoritairement entre ces valeurs car le panache radioactif est arrivé rapidement à Tureia (moins d'une journée 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  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , fonction de l'âge de la personne, et du coefficient de dose, soit efficace, soit à la thyroïde,  $CD_{\text{inhal } ij}$ , qui s'exprime en  $\text{Sv.Bq}^{-1}$  inhalé, et est fonction de l'isotope et de sa forme physico-chimique ainsi que de l'âge de la personne :

$$\text{Dose inhal} = \sum_i (\text{Act vol intégrée}_i \times QR_j \times CD_{\text{inhal } ij})$$

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.

Les retombées à Tureia s'étant produites en fin d'après-midi, la dose par inhalation, efficace ou à la thyroïde, est calculée en supposant que l'individu exposé se trouve 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",  $CD_{\text{pch } i}$ , qui s'exprime en  $\text{Sv}/(\text{Bq.s.m}^{-3})$  et est fonction de l'isotope :

$$\text{Dose externe panache} = \sum_i (\text{Act vol intégrée}_i * CD_{\text{pch } i})$$

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  $\text{Sv.h}^{-1}$ , 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",  $\text{CD}_{\text{dépôt}_i}$ , qui s'exprime en  $(\text{Sv.h}^{-1})/(\text{Bq.m}^{-2})$ , et est fonction de l'isotope :

$$\text{Débit de dose externe dépôt} = \sum_i (\text{Dépôt}_i \times \text{CD}_{\text{dépôt}_i})$$

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  $\lambda_{\text{rad}_i}$ . 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.

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

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

### III.1.3 - DOSES PAR INGESTION

Cette dose est due à la consommation d'aliments produits localement, contaminés par les retombées radioactives. Cette dose est fonction de l'âge de l'individu ; elle dépend donc de sa consommation.

Comme pour les doses par inhalation, 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 par ingestion se font à partir des activités, exprimées en  $\beta$  global, effectivement mesurées dans les aliments d'origine locale. La répartition des activités des isotopes dans les différents aliments à la date considérée est supposée identique à la répartition des activités dans le dépôt, calculée à partir de l'évolution dans le temps du terme source.

Lorsqu'on connaît l'activité par isotope dans l'aliment consommé, exprimée en  $\text{Bq.kg}^{-1}$ , la dose par ingestion se calcule par la somme, sur les différents isotopes, des produits de l'activité en  $\text{Bq.kg}^{-1}$ , 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 :

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

## III.2 - ORIGINE DES DONNEES

### III.2.1 - COEFFICIENTS DE DOSE

#### III.2.1.1 - Doses efficaces internes

Pour le calcul des doses efficaces internes, par inhalation et par ingestion, les coefficients de dose proviennent de l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 [2]. Ils sont rappelés dans le Tableau 21 et le Tableau 22, de la page 35 à la page 37.

Dans le cas des doses par inhalation, la forme physico-chimique associée aux différents isotopes est celle recommandée, soit par ce même arrêté, soit par la Directive Européenne [3], soit par la CIPR 71-72 [4]. En ce qui concerne les doses à la thyroïde, les coefficients de dose proviennent de la CIPR 71-72. Pour la voie inhalation, les coefficients de dose correspondent à une granulométrie des aérosols de 1  $\mu\text{m}$ , valeur habituellement utilisée pour les calculs de dose au public.

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

Les coefficients de dose à la thyroïde figurent dans le Tableau 23 et le Tableau 24, pages 37 et 38.

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 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$3,31 \cdot 10^{-5}$	$5,97 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$2,57 \cdot 10^{-4}$

**Tableau 1 : Débits respiratoires utilisés pour les différentes classes d'âge ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )**

#### III.2.1.2 - 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 21, page 35.

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.2.2 - RATION ALIMENTAIRE

Une enquête sur l'alimentation des familles de Tureia indique que, en 1967, la population de Tureia était composée de 58 personnes, dont 15 enfants.

Il apparaît que l'alimentation est variable quantitativement dans une même famille, mais non qualitativement. De plus, il y a peu de différence d'une famille à l'autre. Les bébés (au nombre de 2 en août 1967) consommaient essentiellement du lait concentré.

Dans les documents de base, la ration alimentaire n'est disponible que pour des adultes. 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	Tureia	
		Quantité	
		par aliment	par catégorie
boisson	eau	1000	
	eau de citerne		
	eau de coco	2000	
	lait		
poissons	thon		470
	bonite		
	ature		
	inaa		
	poissons haute mer	30	
	poissons lagon	440	
viandes	poulet	10	30
	porc	10	
	bœuf		
	chien	10	
mollusques	turbo	60	190
	bénitier	100	
	poulpe	30	
	autres mollusques		
crustacés	chevrettes		20
	langouste	20	
coprah		220	220
fruits plantes arborescentes	banane	50	170
	papaye	60	
	citron		
	mangue		
	avocat		
	pamplemousse		
	uru	60	
autres fruits			
fruits plantes herbacées	ananas		
	tomates		
	concombre		
	aubergine		
	autres fruits		

légumes feuilles	salade chou poireau fafa autres légumes		
racines et tubercules	taro patate douce tarua navet carotte manioc autres		
	<b>total origine locale</b>		<b>1100</b>

**Tableau 2 : Rations alimentaires d'origine locale considérées dans cette étude (g.j<sup>1</sup>)**

## IV - DONNEES METEOROLOGIQUES

Pendant l'essai ARCTURUS, le vent venait du nord-nord-est au niveau du sol et de l'ouest-sud-ouest, entre les hauteurs de 5000 et 9000 m, où sa vitesse était de  $15 \text{ m.s}^{-1}$  dans la direction  $250^\circ$ .

La vitesse maximale du vent, observée à 13000 m, était de  $31 \text{ m.s}^{-1}$  ; sa direction était de  $260^\circ$ .

Le 4 juillet, c'est-à-dire 2 jours après l'essai, il a plu à Tureia ; l'intensité relevée était de 2,5 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  $^{97}\text{Sr}$ ,  $^{96}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{103}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Rb}$ ,  $^{102}\text{Nb}$  ..., isotopes de périodes très courtes (inférieures à quelques secondes) et qui ne sont plus présents dans le panache lors de son arrivée à Tureia.

### V.2 - ISOTOPES PREPONDERANTS LORS DE L'ARRIVEE A TUREIA

Le terme source calculé par le CEA/DAM 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 à  $H + 8\text{h}40$ , temps d'arrivée du panache à Tureia.

A la fin de la retombée à Tureia ( $H + 11\text{h}40$ ), les isotopes majoritaires en termes d'activité sont  $^{239}\text{Np}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$  ... qui correspondent chacun à plus de 5% de l'activité globale (cf. Tableau 17).

## VI - BILAN DES MESURES DANS L'ENVIRONNEMENT

### VI.1 - MESURES "PHYSIQUES"

A Tureia, la retombée a été observée de H+8h40 environ à H+11h40 ; elle a duré 3 heures. Le maximum de cette retombée a été observé vers H+10h00.

Le débit de dose associé variait de 30 à 50  $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  (3 à 5  $\text{mrad}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Dans le document de base, il est indiqué que la valeur maximale est probablement surestimée.

#### VI.1.1 - ACTIVITES DANS L'AIR

*On dispose de mesures de l'activité sur filtres APA après l'essai ARCTURUS (cf. Tableau 18, page 32) ; ces mesures ne sont citées ici qu'à titre indicatif ; elles ne sont pas utilisées dans les calculs d'impact ultérieurs car il s'agit de valeurs instantanées, insuffisantes pour le calcul de la dose par irradiation externe par le panache et de la dose interne par inhalation.*

A Tureia, l'activité maximale de l'air mesurée avec un MAC-TROP était de  $9,25 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $250 \text{ pCi}\cdot\text{m}^{-3}$ ) le 2 juillet 1967. L'activité de l'air prélevé par trompe Bertin était inférieure à  $0,37 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $10 \text{ pCi}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

#### VI.1.2 - DEPOTS

A Tureia, des mesures de débits de dose dus aux dépôts réalisées le 4 juillet, c'est-à-dire deux jours après l'essai, indiquent des valeurs de 3 à  $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $0,3$  à  $1 \text{ mrad}\cdot\text{h}^{-1}$ ), respectivement dans le village et la zone "nord" pour la valeur la plus basse et dans la zone "est" pour la valeur la plus élevée. Ces mesures correspondent à des dépôts calculés variant de  $1,3$  à  $4,45 \cdot 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$  ( $3,5 \cdot 10^{-9}$  à  $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ Ci}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), deux jours après l'essai.

Des prélèvements sur bacs à résine indiquaient un dépôt de  $3,3 \cdot 10^5$  à  $3,5 \cdot 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$  ( $9 \cdot 10^{-6}$  à  $9,4 \cdot 10^{-5} \text{ Ci}\cdot\text{m}^{-2}$ ), cohérentes avec une valeur mesurée au CAB/TROP au même endroit, qui est de  $3,5 \cdot 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$  ( $9,4 \cdot 10^{-5} \text{ Ci}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Aucune contamination par des émetteurs  $\alpha$  n'a été détectée. La date de ces mesures n'étant pas connue, les valeurs obtenues sur les bacs à résine ne seront pas utilisées par la suite.

#### VI.1.3 - EAUX

Le 5 juillet, l'activité maximale de l'eau de la citerne du village était de  $2400 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $6,45 \cdot 10^4 \text{ pCi}\cdot\text{l}^{-1}$ ). D'autres mesures indiquent des valeurs plus faibles, de 11 à  $74 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$  le 4 juillet, a priori avant l'arrivée de la pluie qui a contaminé les citernes par ruissellement.

A titre indicatif, l'activité moyenne dans de l'eau de pluie collectée le 4 juillet est de  $4,8 \cdot 10^4 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $1300 \text{ pCi}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

## VI.2 - MESURES DANS LES MILIEUX BIOLOGIQUES

Les mesures dans les milieux biologiques sont limitées. Les données initiales sont exprimées en activité  $\gamma$  et le rapport  $\beta / \gamma$  est de 1,3. Les valeurs indiquées dans le Tableau 20 page 33 en annexe sont exprimées en activité  $\beta$  totale, après multiplication de l'activité  $\gamma$  par 1,3.

Aucune mesure d'activité dans de la viande n'est disponible.

### VI.2.1 - VEGETAUX

Quelques mesures dans de l'uru (fruit de l'arbre à pain) et de la papaye sont disponibles (cf. Tableau 20 page 33).

Le 5 juillet, l'activité  $\beta$  globale maximale dans de l'uru prélevé le 3 juillet est de  $4,72 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

Le 5 juillet, l'activité  $\beta$  globale maximale dans une papaye prélevée le 3 juillet est de  $4,42 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

### VI.2.2 - MOLLUSQUES ET CRUSTACES

L'activité  $\beta$  globale maximale dans de la chair de bénitier (tridacne) prélevé le 3 juillet est de  $6,93 \cdot 10^5 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 5 juillet.

Dans un turbo prélevé le 11 juillet, l'activité  $\beta$  globale est de  $2,02 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 18 juillet. Il s'agit de la seule mesure disponible.

### VI.2.3 - POISSONS

Les différents résultats présentés dans le Tableau 20 montrent une variation importante des activités selon les espèces de poissons.

L'activité maximale a été déterminée dans un acanthuridae (poisson chirurgical).

L'activité  $\beta$  globale la plus élevée a été obtenue le 18 juillet dans un poisson chirurgical prélevé le 11 juillet. Cette activité est de  $1,66 \cdot 10^4 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 18 juillet. Ce prélèvement et cette mesure sont relativement tardifs et plus élevés que les autres mesures disponibles. Elle sera cependant prise en compte dans les calculs, au même titre que toutes les autres mesures disponibles, présentées dans le Tableau 20.

Le 5 juillet, l'activité  $\beta$  globale maximale dans un mulot prélevé le 3 juillet est de  $5,58 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

L'activité  $\beta$  globale maximale mesurée le 11 juillet dans un poisson perroquet prélevé le 6 juillet est de  $3,08 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

L'activité  $\beta$  globale maximale mesurée dans le mérout prélevé le 3 juillet est de  $1,3 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 5 juillet.

Remarque : Sur l'ensemble des milieux biologiques, ce sont dans les bénitiers que les activités mesurées sont les plus fortes.

## VII - CALCULS DE DOSES

La répartition initiale des activités des isotopes dans le dépôt, utilisée par la suite dans les calculs de dose par inhalation et par irradiation externe, est calculée en utilisant une décroissance pendant 11h40, heure de fin de retombée à Tureia.

### VII.1 - DOSES PAR INHALATION

L'activité dans l'air des différents isotopes est estimée en prenant en compte deux vitesses de dépôt :

- une vitesse de dépôt de  $5 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$ , conduisant aux activités dans l'air les plus élevées, et une évaluation maximale de la dose due à l'irradiation externe par le panache et de la dose par inhalation,
- une vitesse de dépôt assez élevée,  $3 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$ , valeur proposée historiquement pour des retombées proches.

L'activité volumique dans l'air, intégrée sur le temps de la retombée, est déduite de la valeur de dépôt la plus élevée estimée à Tureia, à savoir  $4,45 \cdot 10^6 \text{ Bq.m}^{-2}$  deux jours après l'essai, soit  $1,6 \cdot 10^7 \text{ Bq.m}^{-2}$  à H+11h40, heure de fin de retombée. Cette valeur a été utilisée car, bien qu'il s'agisse d'une mesure déduite du débit de dose due au dépôt, elle apparaît comme étant la plus fiable ; en effet, les mesures sur les bacs à résine ne sont pas datées.

Les débits respiratoires sont les débits présentés dans le Tableau 1, page 9. Ils sont rappelés dans les tableaux de résultats ci-dessous.

#### 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 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )		$3,31 \cdot 10^{-5}$	$5,97 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$2,57 \cdot 10^{-4}$
Vitesse de dépôt ( $\text{m.s}^{-1}$ )	$5 \cdot 10^{-2}$	0,08	0,11	0,10	0,10	0,09	0,07
	$3 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$

**Tableau 3 : Dose efficace par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)**

La dose efficace la plus élevée, 0,11 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans en prenant en compte la vitesse de dépôt de  $5 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$ , qui conduit à l'activité volumique intégrée sur le temps de la retombée la plus importante.

#### 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 ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )		$3,31 \cdot 10^{-5}$	$5,97 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-4}$	$1,77 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$	$2,57 \cdot 10^{-4}$
Vitesse de dépôt ( $\text{m.s}^{-1}$ )	$5 \cdot 10^{-2}$	0,87	1,38	1,26	1,04	0,86	0,63
	$3 \cdot 10^{-1}$	0,15	0,23	0,21	0,17	0,14	0,10

**Tableau 4 : Dose à la thyroïde par inhalation pour différentes classes d'âge (mSv)**

La dose à la thyroïde la plus élevée, de l'ordre de 1,4 mSv, est calculée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans, en prenant en compte la vitesse de dépôt de  $5 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$ . En effet, l'activité volumique intégrée sur le temps de la retombée est plus importante avec cette hypothèse de vitesse de dépôt et le produit du coefficient de dose à la thyroïde par inhalation et du débit respiratoire est le plus élevé pour cette classe d'âge.

## VII.2 - DOSES 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 présent à l'extérieur de son habitation pendant le passage du panache.

Pour les aérosols, l'activité volumique de l'air intégrée sur le temps de passage du panache est identique à celle utilisée pour le calcul de la dose par inhalation. Le rapport entre les gaz rares et les autres isotopes du terme source est déduit de celui estimé à partir de l'évolution dans le temps du terme source.

L'isotope qui contribue le plus à la dose, à 19%, est <sup>135</sup>I.

Dépôt (Bq.m <sup>-2</sup> ) à la fin de la retombée	1,6. 10 <sup>7</sup> Bq.m <sup>-2</sup>	
Vitesse de dépôt (m.s <sup>-1</sup> )	5. 10 <sup>-2</sup>	3. 10 <sup>-1</sup>
Dose tous isotopes (mSv)	9,9. 10 <sup>-3</sup>	1,7. 10 <sup>-3</sup>

**Tableau 5 : Dose efficace par irradiation par le panache (mSv)**

La dose par irradiation externe par le panache est très faible, toujours inférieure à 0,01 mSv, quelle que soit la vitesse de dépôt associée au dépôt.

### VII.2.2 - IRRADIATION EXTERNE PAR LES DEPOTS

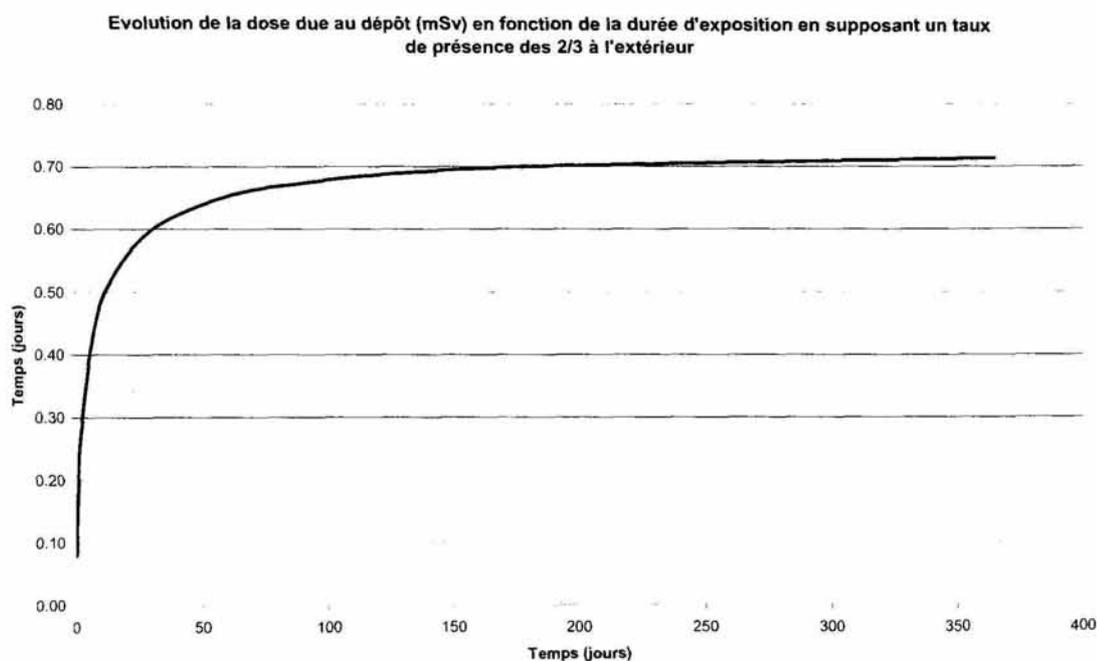
Connaissant l'activité déposée pour les différents isotopes, on peut en déduire, dans un premier temps, le débit de dose dû au dépôt, puis, par intégration pour différents temps d'exposition, la dose due au dépôt. Celle-ci évolue au cours du temps, selon la durée de présence de l'individu considéré sur le dépôt. Elle perdure au-delà du passage du panache.

On a supposé que les personnes passaient 2/3 du temps à l'extérieur, quelle que soit la durée d'exposition.

Le débit de dose calculé à H+11h est de 10 µSv.h<sup>-1</sup>. Cette valeur est environ 3 fois plus faible que la mesure de 30 µGy.h<sup>-1</sup>, effectuée à la fin de la retombée, vers H+11h40.

Dépôt initial	$1,6 \cdot 10^7 \text{ Bq.m}^{-2}$	Isotopes contribuant le plus à la dose
tps présence	dose dépôt (mSv)	
1 jour	0,19	$^{135}\text{I}$ (18%), $^{132}\text{Te}$ (16%), $^{97}\text{Zr}$ (13%), $^{133}\text{I}$ (12%), $^{91}\text{Sr}$ (7%)
2 jours	0,27	$^{132}\text{Te}$ (21%), $^{135}\text{I}$ (14%), $^{97}\text{Zr}$ (13%), $^{133}\text{I}$ (12%), $^{140}\text{Ba}$ (7%)
1 semaine	0,43	$^{132}\text{Te}$ (29%), $^{140}\text{Ba}$ (13%), $^{133}\text{I}$ (9%), $^{97}\text{Zr}$ (9%), $^{135}\text{I}$ (9%)
2 semaines	0,52	$^{132}\text{Te}$ (30%), $^{140}\text{Ba}$ (18%), $^{133}\text{I}$ (8%), $^{97}\text{Zr}$ (8%), $^{135}\text{I}$ (7%)
1 mois	0,60	$^{132}\text{Te}$ (27%), $^{140}\text{Ba}$ (24%), $^{133}\text{I}$ (7%), $^{97}\text{Zr}$ (7%), $^{135}\text{I}$ (6%)
6 mois	0,70	$^{140}\text{Ba}$ (25%), $^{132}\text{Te}$ (23%), $^{95}\text{Zr}$ (6%), $^{103}\text{Ru}$ (6%), $^{133}\text{I}$ (6%), $^{97}\text{Zr}$ (6%), $^{135}\text{I}$ (5%)

**Tableau 6 : Evolution de la dose efficace par irradiation due aux dépôts en fonction de la durée d'exposition – présence des 2/3 à l'extérieur**



**Figure 1 : Evolution de la dose due au dépôt (mSv) en fonction de la durée d'exposition pour un dépôt initial de  $1,6 \cdot 10^7 \text{ Bq.m}^{-2}$  – présence des 2/3 à l'extérieur**

La dose due au dépôt augmente rapidement au début de l'exposition. Par la suite, après la disparition des isotopes à vie courte, elle se stabilise à environ 0,70 mSv après 6 mois, en considérant un taux de présence des 2/3 à l'extérieur.

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

Les quantités ingérées quotidiennement par les adultes sont indiquées dans le Tableau 2, page 11.

Il faut noter qu'à Tureia, il n'y a, ni consommation de légumes feuilles, ni consommation de lait produit localement. Ces voies d'atteinte ne sont donc pas prises en compte dans les calculs.

#### VII.3.1 - DOSE DUE A LA CONSOMMATION D'EAU

Un calcul est réalisé à partir de l'évolution temporelle des mesures d'activités dans les citernes de Tureia :

- du 2 au 4 juillet, consommation d'eau de citerne peu contaminée, dont l'activité est évaluée à partir d'une mesure d'activité  $\beta$  globale de 74 Bq.l<sup>-1</sup> le 4 juillet. L'activité initiale est de 270 Bq.l<sup>-1</sup> à H+11h40, heure de début de consommation.
- après la pluie du 4 juillet, c'est-à-dire à partir du 5 juillet au matin, consommation d'eau de citerne dont l'activité est estimée à partir de la mesure  $\beta$  globale de 2400 Bq.l<sup>-1</sup> le 5 juillet.

La consommation se produit pendant 1 mois à partir de l'arrivée du panache à Tureia, c'est-à-dire H + 11h40.

Les consommations d'eau sont fonction de la classe d'âge.

L'activité de l'eau évolue selon la décroissance radioactive, à partir de l'activité mesurée aux deux dates indiquées. On a supposé que la répartition de l'activité des différents isotopes est identique entre le terme source et l'eau aux différents instants.

##### 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 <sup>-1</sup> )	0,30	0,50	0,50	0,75	1	1
Dose totale (mSv)	0,08	0,11	0,05	0,05	0,04	0,03

**Tableau 7 : Dose efficace (mSv) due à la consommation d'eau**

Compte tenu des hypothèses de quantité d'eau consommée, la dose efficace la plus élevée est calculée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans. Elle est au plus de 0,11 mSv.

##### 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 <sup>-1</sup> )	0,30	0,50	0,50	0,75	1	1
Dose totale (mSv)	0,83	1,24	0,71	0,50	0,45	0,29

**Tableau 8 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation d'eau**

Compte tenu des hypothèses de quantité d'eau consommée, les doses les plus élevées sont calculées pour des enfants âgés de 1 à 2 ans. Cette dose est au plus de l'ordre de 1,25 mSv.

### VII.3.2 - DOSE DUE A LA CONSOMMATION DE FRUITS

Deux calculs ont été réalisés :

- le premier à partir de la mesure de  $4,72 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  en activité  $\beta$  globale le 5 juillet dans de l'arbre à pain prélevé le 3 juillet (cf. Tableau 20). La consommation dure 1 mois à partir de la date de prélèvement, le 3 juillet. L'activité  $\beta$  globale initiale est de  $1,34 \cdot 10^4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .
- le second à partir d'une mesure de  $4,42 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  en activité  $\beta$  globale le 5 juillet dans une papaye prélevée le 3 juillet (cf. Tableau 20), en considérant une consommation pendant 1 mois à partir de la date de prélèvement, le 3 juillet. L'activité  $\beta$  globale initiale est de  $1,25 \cdot 10^4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

La consommation de fruits prend en compte la consommation totale de fruits (cf. Tableau 2) pendant 1 mois à partir de la date de prélèvement, en supposant que l'activité dans les fruits évolue selon la décroissance radioactive.

On considère des consommations fonction de la classe d'âge et on a supposé que le nourrisson ne consomme pas de fruits.

#### VII.3.2.1 - Dose efficace due à la consommation de fruits

Classe d'âge	Aliment	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg.j}^{-1}$ )		0	0,03	0,05	0,10	0,17	0,17
Dose 1 mois (mSv)	Arbre à pain	-	0,019	0,016	0,018	0,019	0,014
Dose 1 mois (mSv)	Papaye	-	0,018	0,015	0,017	0,018	0,013

**Tableau 9 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de fruits – calculs à partir d'activités mesurées**

Quelle que soit la classe d'âge, la dose efficace due à la consommation de fruits est inférieure à 0,02 mSv.

#### VII.3.2.2 - Dose à la thyroïde due à la consommation de fruits

Classe d'âge	Aliment	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg.j}^{-1}$ )		0	0,03	0,05	0,10	0,17	0,17
Dose 1 mois (mSv)	Arbre à pain	-	0,22	0,20	0,19	0,22	0,14
Dose 1 mois (mSv)	Papaye	-	0,20	0,19	0,18	0,20	0,13

**Tableau 10 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de fruits - calculs à partir d'activités mesurées**

Quelle que soit la classe d'âge, la dose à la thyroïde due à la consommation de fruits est inférieure à 0,3 mSv.

### VII.3.3 - DOSE DUE A LA CONSOMMATION DE PRODUITS ANIMAUX

On ne dispose 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.3.3.1 - Consommation de poissons

Deux calculs sont effectués :

- le premier à partir des mesures dans du poisson chirurgien (*acanthuridae*). On prend en compte la mesure de  $7,5 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  obtenue le 5 juillet dans du chirurgien prélevé le 3 juillet (cf. Tableau 20). L'activité  $\beta$  globale de cet échantillon est de  $2,13 \cdot 10^4$  le 3 juillet, date du premier prélèvement et date supposée de début de consommation. Par la suite, on évalue une activité  $\beta$  globale à partir de l'évolution des mesures dans le temps.
- le second à partir de la mesure de  $1,3 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  en activité  $\beta$  globale le 5 juillet, dans du mérrou prélevé le 3 juillet (cf. Tableau 20), conduisant à une dose "minimale". L'activité est de  $3,68 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 3 juillet, date de prélèvement et date supposée de début de consommation. Du 3 juillet au 5 juillet, l'activité évolue selon la décroissance radioactive ; par la suite, à partir du 6 juillet, les mesures montrant peu d'évolution dans le temps, l'activité est supposée constante et égale à  $778 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

Faute d'informations précises sur les transferts des différents isotopes aux poissons, on a supposé que les rapports des activités dans le dépôt et les poissons sont identiques.

La consommation est supposée se produire quotidiennement pendant 1 mois à partir des dates de prélèvement (cf. Tableau 20).

On considère des consommations fonction de la classe d'âge et on suppose que le nourrisson ne consomme pas de poisson.

#### Dose efficace

Classe d'âge	Poisson	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg.j}^{-1}$ )		0	0,15	0,20	0,30	0,47	0,47
Dose 1 mois (mSv)	Chirurgien	-	0,25	0,17	0,14	0,14	0,10
Dose 1 mois (mSv)	Mérrou	-	0,019	0,013	0,011	0,011	0,008

**Tableau 11 : Dose efficace (mSv) due à la consommation de poissons**

La dose efficace due à la consommation de poissons est au plus de l'ordre de 0,25 mSv, pour un enfant âgé de 1 à 2 ans, en supposant une consommation journalière pendant 1 mois de chirurgien.

### Dose à la thyroïde

Classe d'âge	Poisson	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg}\cdot\text{j}^{-1}$ )		0	0,15	0,20	0,3	0,47	0,47
Dose 1 mois (mSv)	Chirurgien	-	2,8	2,1	1,5	1,6	1,0
Dose 1 mois (mSv)	Mérou	-	0,22	0,16	0,11	0,12	0,08

**Tableau 12 : Dose à la thyroïde (mSv) due à la consommation de poissons**

La dose maximale à la thyroïde due à la consommation de poissons est évaluée pour un enfant âgé de 1 à 2 ans et est au plus de 2,8 mSv, en supposant une consommation quotidienne de poisson chirurgien.

### VII.3.3.2 - Consommation de mollusques

Deux calculs ont été effectués à partir de mesures dans des mollusques :

- le premier, à partir d'une mesure de  $6,93 \cdot 10^5 \text{ Bq.kg}^{-1}$  en activité  $\beta$  globale le 5 juillet dans un bénitier prélevé le 3 juillet (cf. Tableau 20), qui permet d'évaluer une dose "maximale". L'activité calculée à l'aide des périodes radioactives est de  $1,96 \cdot 10^6 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 3 juillet, date de prélèvement, supposée égale à la date de début de consommation. Par la suite, on suppose que l'activité dans le bénitier évolue pendant 1 mois, comme les mesures présentées dans le Tableau 20 ;
- le second, à partir d'une mesure de  $2,02 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  en activité  $\beta$  globale le 18 juillet dans du turbo prélevé le 11 juillet, qui permet d'évaluer une dose "minimale". L'activité calculée à l'aide des périodes radioactives est de  $4,7 \cdot 10^3 \text{ Bq.kg}^{-1}$  le 11 juillet, date de prélèvement, supposée égale à la date de début de consommation.

Faute d'informations précises sur l'activité de l'eau et les transferts des différents isotopes aux mollusques, on suppose que les rapports des activités dans le dépôt et les mollusques sont identiques.

On considère des consommations fonction de la classe d'âge et on suppose que le nourrisson ne consomme pas de ce type d'aliment.

On a pris en compte une ration correspondant au total de la quantité consommée en mollusques (cf. Tableau 2).

#### Dose efficace

Classe d'âge	Mollusque	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg.j}^{-1}$ )		0	0,03	0,05	0,10	0,19	0,19
Dose 1 mois (mSv)	Bénitier	-	2,80	2,38	2,68	3,08	2,28
Dose 1 mois (mSv)	Turbo	-	0,030	0,025	0,030	0,034	0,025

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

Quelle que soit la classe d'âge considérée, la dose efficace due à la consommation de mollusques est au plus de l'ordre de 3,1 mSv, en supposant une consommation journalière de bénitiers pendant 1 mois. La dose maximale est évaluée pour les enfants âgés de 12 à 17 ans, qui mangent autant que les adultes. Si on considère 2 mois de consommation en supposant que l'activité continue d'évoluer selon la décroissance radioactive, la dose efficace augmente d'environ 9% ; entre 2 et 6 mois, la dose augmente d'environ 10%.

#### Dose à la thyroïde

Classe d'âge	Mollusque	nourrisson	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	Adulte
Conso ( $\text{kg.j}^{-1}$ )		0	0,03	0,05	0,10	0,19	0,19
Dose 1 mois (mSv)	Bénitier	-	31,8	29,8	27,9	35,3	22,5
Dose 1 mois (mSv)	Turbo	-	0,34	0,33	0,31	0,40	0,26

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

La dose à la thyroïde due à la consommation de mollusques est au plus de l'ordre de 35 mSv en supposant une consommation quotidienne de bénitiers pendant 1 mois. Cette dose est évaluée pour un enfant de 12 à 17 ans. Après 2 mois de consommation, la dose à la thyroïde augmente d'environ 5% ; entre 2 et 6 mois, cette dose augmente de moins de 1%. La dose à la thyroïde est donc essentiellement due à la consommation du premier mois.

## VIII - BILAN DES DOSES ESTIMEES

Le tableau suivant synthétise les doses calculées, en indiquant les valeurs minimales et maximales évaluées pour les enfants âgés de 1 à 2 ans et les adultes.

Valeur de dose	Enfant 1-2 ans		Adulte	
	minimale	maximale	minimale	maximale
dose dépôt 6 mois	0,7	0,7	0,7	0,7
dose panache	0,0017	0,0099	0,0017	0,0099
dose efficace inhalation	0,019	0,11	0,012	0,07
eau de citerne	0,11	0,11	0,03	0,03
végétaux (fruits)	0,018	0,019	0,013	0,014
poissons	0,019	0,25	0,008	0,10
mollusques	0,03	2,8	0,025	2,28
total ingestion	0,18	3,2	0,08	2,4
interne				
(inhalation + ingestion)	0,20	3,3	0,09	2,5
<b>total</b>	<b>0,90</b>	<b>4,0</b>	<b>0,79</b>	<b>3,2</b>

**Tableau 15 : Synthèse des doses efficaces (mSv)**

Valeur de dose	Enfant 1-2 ans		Adulte	
	minimale	maximale	minimale	maximale
dose thyroïde inhalation	0,23	1,38	0,10	0,63
eau de citerne	1,24	1,24	0,29	0,29
végétaux (fruits)	0,20	0,22	0,13	0,14
poissons	0,22	2,8	0,08	1,0
mollusques	0,34	31,8	0,26	22,5
total ingestion	2,0	36,1	0,8	23,9
interne				
(inhalation + ingestion)	2,2	37,4	0,9	24,6

**Tableau 16 : Synthèse des doses internes à la thyroïde (mSv)**

## IX - COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS

Les expositions radiologiques calculées varient fortement selon la contamination des aliments consommés, notamment les mollusques, les poissons et l'eau de boisson.

Les cas minimum et maximum présentés dans le Tableau 15 et le Tableau 16 correspondent à une contamination, soit faible, soit très élevée des aliments.

Lorsque les denrées sont très contaminées, la contribution prédominante à la dose efficace est l'ingestion, notamment de mollusques. Lorsque les denrées sont peu contaminées, la contribution prédominante à la dose efficace est l'irradiation par les dépôts.

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.

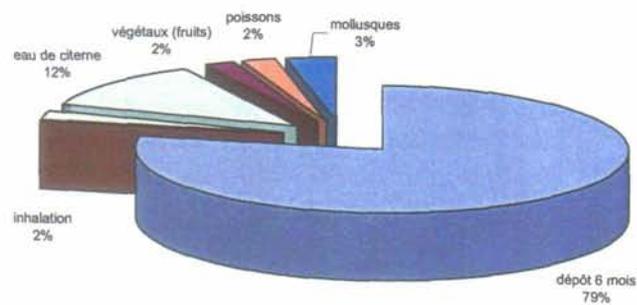
Ainsi, selon le cas, l'irradiation par les dépôts contribue d'environ 80% à moins de 20% à la dose efficace pour un enfant âgé de 1 à 2 ans. Pour cette même classe d'âge, la consommation de mollusques contribue de 3 à 70% à la dose efficace (cf. Figure 2 et Figure 3).

Pour un adulte, la contribution de la consommation de mollusques à la dose efficace varie de 3 à plus de 70% (cf. Figure 4 et Figure 5).

La dose efficace maximale pour un enfant de 1 à 2 ans vivant à Tureia est de 4 mSv, due en grande partie à la consommation de mollusques. La dose efficace maximale pour un adulte est de 3,2 mSv.

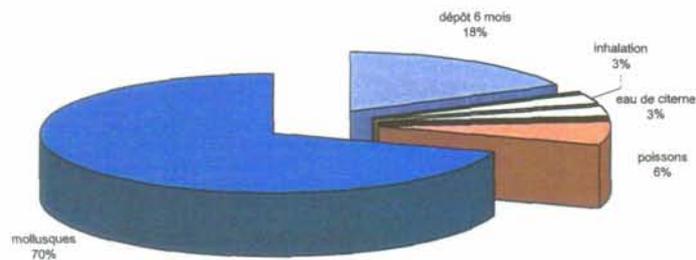
Les doses maximales à la thyroïde les plus importantes sont essentiellement dues à la consommation de mollusques (cf. Figure 7 et Figure 9).

Les doses internes à la thyroïde pour un enfant âgé de 1 à 2 ans et un adulte de Tureia sont respectivement au plus de 37,4 et 24,6 mSv.



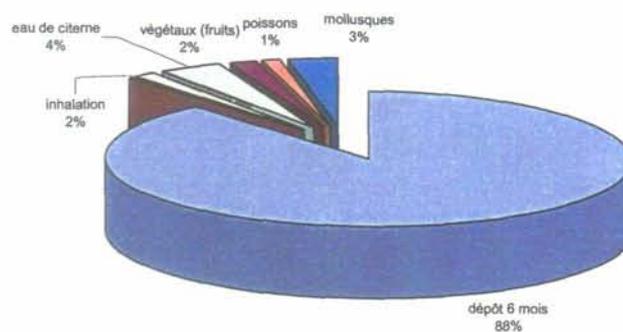
**Figure 2 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés**

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés, la dose efficace est de 0,90 mSv.



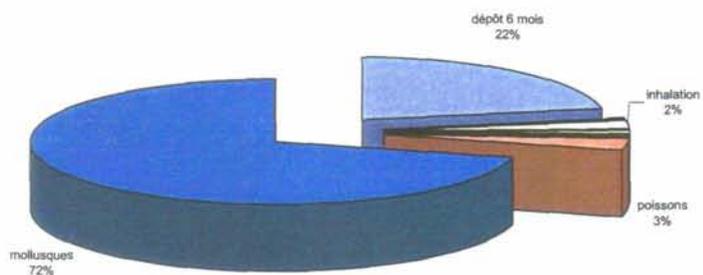
**Figure 3 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés**

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés, la dose efficace est de 4,0 mSv.



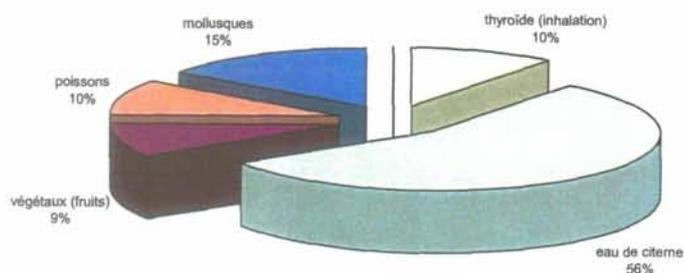
**Figure 4 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments peu contaminés**

Dans le cas des adultes consommant des aliments peu contaminés, la dose efficace est de 0,79 mSv.



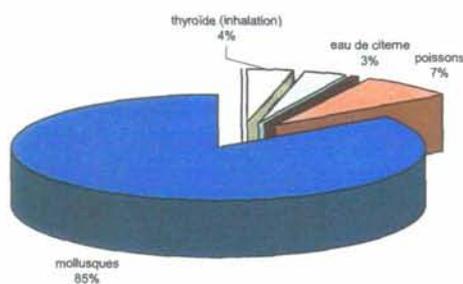
**Figure 5 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose efficace – Adultes consommant des aliments les plus contaminés**

Dans le cas des adultes consommant des aliments les plus contaminés, la dose efficace est de 3,2 mSv.



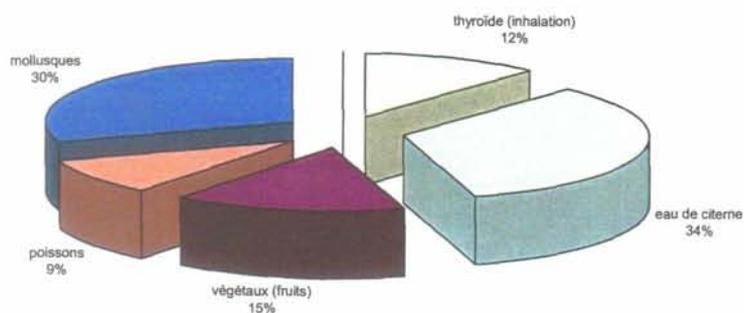
**Figure 6 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments peu contaminés**

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



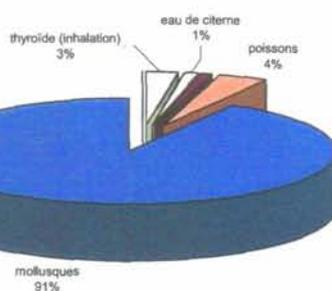
**Figure 7 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose interne à la thyroïde – Enfants de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés**

Dans le cas des enfants âgés de 1 à 2 ans consommant des aliments les plus contaminés, la dose à la thyroïde est 37,4 mSv.



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

Dans le cas des adultes consommant des aliments peu contaminés, la dose à la thyroïde est de 0,90 mSv.



**Figure 9 : Contribution relative des voies d'atteinte à la dose à la thyroïde – Adultes consommant des aliments les plus contaminés**

Dans le cas des adultes consommant des aliments les plus contaminés, la dose à la thyroïde est de 24,6 mSv.

## X - CONCLUSION

Ce document présente les calculs d'impact dosimétrique sur la population de Tureia des retombées de l'essai atmosphérique ARCTURUS, réalisé le 2 juillet 1967. Toutes les voies d'atteinte sont considérées : l'inhalation (doses efficaces et doses à la thyroïde), l'irradiation externe (doses efficaces par le panache et les dépôts), l'ingestion (doses efficaces et doses à la thyroïde).

A partir de mesures d'activités dans l'environnement (dépôt et produits de la chaîne alimentaire) couplées au calcul de terme source, il a été possible de déduire toutes les grandeurs nécessaires aux évaluations d'impact : l'activité de chaque isotope dans le panache, l'activité de chaque radionucléide dans les produits végétaux et animaux et leur évolution au cours du temps. Les calculs de doses par ingestion ont également pris en compte les différentes quantités consommées en fonction de l'âge de l'individu.

Afin d'obtenir les doses enveloppes reçues par les populations, deux vitesses de dépôt des radionucléides ont été prises en compte. Les évaluations de dose par inhalation et de dose externe par le panache les plus élevées sont obtenues en utilisant une vitesse de dépôt de  $0,05 \text{ m.s}^{-1}$ .

La dose efficace maximale pour un enfant de 1 à 2 ans vivant à Tureia est de 4 mSv, due en grande partie à la consommation de mollusques, notamment de bénitier. La dose efficace maximale pour un adulte est de 3,2 mSv.

Les doses internes à la thyroïde pour un enfant âgé de 1 à 2 ans et un adulte de Tureia sont respectivement au plus de 37,5 et 25 mSv.

Lorsque les mollusques sont très contaminés, les doses sont essentiellement dues à la voie ingestion, notamment à la consommation de bénitiers.

## XI - ANNEXE : DONNEES DE CALCUL

### XI.1 - ISOTOPES MAJORITAIRES DANS LE TERME SOURCE

Isotope	Période (s)	% avec GR	% sans GR
<sup>239</sup> Np	2.03E+05	12.40	13.94
<sup>135</sup> Xe	3.29E+04	8.07	-
<sup>135</sup> I	2.37E+04	6.35	7.13
<sup>133</sup> I	7.49E+04	5.30	5.96
<sup>97m</sup> Nb	4.33E+03	4.94	5.56
<sup>92</sup> Y	1.27E+04	4.69	5.27
<sup>97</sup> Zr	6.03E+04	4.59	5.16
<sup>105</sup> Ru	1.60E+04	4.47	5.02
<sup>97</sup> Nb	5.27E+01	4.37	4.91
<sup>141</sup> La	1.41E+04	4.19	4.72
<sup>93</sup> Y	3.66E+04	4.18	4.70
<sup>145</sup> Pr	2.15E+04	3.15	3.54
<sup>91</sup> Sr	3.47E+04	2.90	3.26
<sup>105</sup> Rh	1.27E+05	2.43	2.73
<sup>143</sup> Ce	1.19E+05	2.39	2.69
<sup>99</sup> Mo	2.37E+05	1.88	2.11
<sup>91m</sup> Y	2.98E+03	1.87	2.10
<sup>132</sup> I	8.26E+03	1.49	1.67
<sup>92</sup> Sr	9.76E+03	1.41	1.59
<sup>132</sup> Te	2.77E+05	1.39	1.56
<sup>129</sup> Te	4.18E+03	1.31	1.47
<sup>99m</sup> Tc	2.16E+04	1.28	1.44
<sup>105m</sup> Rh	4.00E+01	1.27	1.43
<sup>129</sup> Sb	1.57E+04	1.15	1.30
<sup>135m</sup> Xe	9.17E+02	1.09	-
<sup>128</sup> Sb	3.24E+04	0.99	1.11
<sup>88</sup> Rb	1.07E+03	0.77	0.87
<sup>88</sup> Kr	1.02E+04	0.69	-
<sup>109m</sup> Ag	3.96E+01	0.60	0.67
<sup>109</sup> Pd	4.93E+04	0.60	0.67
<sup>131m</sup> Te	1.08E+05	0.54	0.60
<sup>149</sup> Pm	1.91E+05	0.50	0.56
<sup>151</sup> Pm	1.02E+05	0.49	0.55
<sup>85m</sup> Kr	1.61E+04	0.42	-
<sup>140</sup> Ba	1.10E+06	0.40	0.44
<sup>142</sup> La	5.47E+03	0.39	0.44
<sup>131</sup> I	6.93E+05	0.37	0.41
<sup>133</sup> Xe	4.53E+05	0.37	-
<sup>83m</sup> Kr	6.59E+03	0.34	-
<sup>237</sup> U	5.83E+05	0.31	0.35
<sup>139</sup> Ba	4.98E+03	0.31	0.35
<sup>112</sup> Ag	1.13E+04	0.21	0.23
<sup>112</sup> Pd	7.31E+04	0.20	0.22

Isotope	Période (s)	% avec GR	% sans GR
<sup>153</sup> Sm	1.67E+05	0.18	0.20
<sup>147</sup> Nd	9.49E+05	0.18	0.20
<sup>149</sup> Nd	6.22E+03	0.17	0.19
<sup>103</sup> Ru	3.39E+06	0.16	0.18
<sup>103m</sup> Rh	3.37E+03	0.16	0.18
<sup>156</sup> Sm	3.38E+04	0.15	0.17
<sup>141</sup> Ce	2.81E+06	0.13	0.15
<sup>127</sup> Sb	3.33E+05	0.13	0.15
<sup>83</sup> Br	8.64E+03	0.13	0.14
<sup>113</sup> Ag	1.93E+04	0.13	0.14
<sup>131</sup> Te	1.50E+03	0.11	0.13
<sup>117m</sup> In	6.97E+03	0.09	0.10
<sup>157</sup> Eu	5.46E+04	0.09	0.10
<sup>121</sup> Sn	9.74E+04	0.09	0.10
<sup>117</sup> In	2.59E+03	0.09	0.10
<sup>127</sup> Sn	7.56E+03	0.08	0.09
<sup>140</sup> La	1.45E+05	0.08	0.09
<sup>95</sup> Zr	5.53E+06	0.07	0.08
<sup>143</sup> Pr	1.17E+06	0.06	0.07
<sup>134</sup> I	3.15E+03	0.06	0.07
<sup>127</sup> Te	3.37E+04	0.06	0.07
<sup>115</sup> Cd	1.92E+05	0.06	0.06
<sup>111</sup> Ag	6.44E+05	0.05	0.06
<sup>115m</sup> In	1.62E+04	0.05	0.05
<sup>133m</sup> Xe	1.89E+05	0.04	-
<sup>87</sup> Kr	4.58E+03	0.04	-
<sup>89</sup> Sr	4.37E+06	0.04	0.04
<sup>117</sup> Cd	8.96E+03	0.04	0.04
<sup>159</sup> Gd	6.65E+04	0.03	0.03
<sup>91</sup> Y	5.06E+06	0.02	0.03
<sup>117m</sup> Cd	1.21E+04	0.02	0.02
<sup>144</sup> Pr	1.04E+03	0.01	0.01
<sup>144</sup> Ce	2.46E+07	0.01	0.01
<sup>133m</sup> Te	3.32E+03	0.01	0.01
<sup>125</sup> Sn	8.33E+05	0.01	0.01
<sup>106</sup> Ru	3.22E+07	0.01	0.01
<sup>106</sup> Rh	3.00E+01	0.01	0.01
<sup>129m</sup> Te	2.90E+06	0.01	0.01
<sup>130</sup> I	4.45E+04	0.01	0.01

**Tableau 17 : Isotopes présents dans le nuage et le dépôt (hors gaz rares) à H + 11h40**

## XI.2 - MESURES DANS LES MILIEUX

### XI.2.1 - ACTIVITE DE L'AIR

Le Tableau 18 présente l'évolution de l'activité relevée sur des filtres d'appareils de prélèvement d'aérosols installés à Tureia.

filtres	APA1		APA 100	
	Bq.m <sup>-3</sup>	Bq	Bq.m <sup>-3</sup>	Bq
01/07/1967	3.7E-02	1.1E+00	6.7E-02	1.5E+02
02/07/1967	6.3E+00	1.9E+02	5.9E+01	1.3E+05
03/07/1967	9.0E-01	2.7E+01	1.4E+00	3.1E+03
04/07/1967	3.4E-01	1.0E+01	2.7E-01	5.9E+02
05/07/1967	1.7E+00	5.2E+01	1.1E+00	2.5E+03
06/07/1967	3.8E-01	1.1E+01	2.2E-01	4.4E+02
07/07/1967	3.0E-01	9.0E+00	4.5E-01	9.6E+02
08/07/1967	8.5E-02	2.6E+00	5.2E-02	1.1E+02
09/07/1967	5.9E-02	1.8E+00	4.4E-02	9.8E+01

**Tableau 18 : Activités volumiques dans l'air relevées à Tureia du 01/07/1967 au 09/07/1967 (Bq.m<sup>-3</sup>)**

### XI.2.2 - ACTIVITE DANS L'EAU DE CITERNE DE TUREIA

L'activité globale en produits de fission dans l'eau de la citerne de Tureia est présentée dans le Tableau 19.

date	Bq.l <sup>-1</sup>
02/07/1967	14,8
05/07/1967	2400
06/08/1967	11,1

**Tableau 19 : Activité (mélange de PF) dans l'eau de la citerne de Tureia (Bq.l<sup>-1</sup>)**

Par ailleurs, on, dispose d'une mesure d'activité dans l'eau de la "petite" citerne extérieure au village prélevée et mesurée le 4 juillet. La valeur indiquée est de 74 Bq.l<sup>-1</sup>.

### XI.2.3 - ACTIVITE DANS LES ALIMENTS

Le Tableau 20 présente l'évolution au cours des mois de juillet et août 1967 de l'activité dans différents produits prélevés à Tureia.

Prélèvement	Espèce	Date de prélèvement	Date de la mesure	Activité à la date de mesure		
				Bq.kg <sup>-1</sup>		
Carica	Papaye	03/07/1967	05/07/1967	4.42E+03		
		07/07/1967	11/07/1967	1.20E+03		
		12/07/1967	21/07/1967	3.94E+02		
		24/07/1967	03/08/1967	1.05E+02		
Artocarpus	Arbre à pain	07/08/1967	10/08/1967	8.66E+01		
		03/07/1967	05/07/1967	4.72E+03		
		07/07/1967	10/07/1967	2.46E+03		
		12/07/1967	18/07/1967	7.50E+02		
		24/07/1967	02/08/1967	2.89E+02		
		07/08/1967	10/08/1967	3.13E+02		
		Acanthuridae	Poisson chirurgien	03/07/1967	05/07/1967	7.50E+03
				06/07/1967	17/07/1967	1.44E+03
		10/07/1967	18/07/1967	2.41E+02		
		11/07/1967	18/07/1967	1.66E+04		
		17/07/1967	07/08/1967	4.90E+02		
		18/07/1967	06/08/1967	8.75E+02		
		06/08/1967	10/08/1967	9.62E+01		
		07/08/1967	11/08/1967	6.73E+02		
		Scaridae	Poisson perroquet	03/07/1967	05/07/1967	1.73E+03
				06/07/1967	11/07/1967	3.08E+03
		10/07/1967	18/07/1967	5.77E+02		
		11/07/1967	21/07/1967	1.20E+03		
		17/07/1967	06/08/1967	3.32E+02		
		18/07/1967	06/08/1967	3.99E+02		
		24/07/1967	04/08/1967	5.97E+02		
		24/07/1967	04/08/1967	4.10E+02		
		Mulet	Poisson	03/07/1967	05/07/1967	5.58E+03
				19/07/1967	06/08/1967	1.73E+02
		24/07/1967	04/08/1967	4.58E+02		
		Mérou	Poisson	03/07/1967	05/07/1967	1.30E+03
				06/07/1967	11/07/1967	2.41E+02
				10/07/1967	18/07/1967	2.41E+02
		17/07/1967	04/08/1967	4.47E+02		
		24/07/1967	06/08/1967	1.44E+02		
		07/08/1967	11/08/1967	1.87E+02		
		07/08/1967	11/08/1967	5.77E+02		
		07/08/1967	23/08/1967	3.94E+02		
		Carangidae	Poisson	07/08/1967	11/08/1967	1.31E+02
		Shyranea barracuda	Poisson	03/07/1967	05/07/1967	2.11E+03

Prélèvement	Espèce	Date de prélèvement	Date de la mesure	Activité à la date de mesure
				Bq.kg <sup>-1</sup>
Chair tridacne	Mollusque bénitier	03/07/1967	05/07/1967	6.93E+05
		11/07/1967	19/07/1967	2.83E+04
		19/07/1967	03/08/1967	9.76E+03
		19/07/1967	07/08/1967	7.22E+03
		07/08/1967	26/08/1967	2.21E+03
Turbo	Mollusque	11/07/1967	18/07/1967	2.02E+03

**Tableau 20 : Activité globale dans des prélèvements réalisés à Tureia (Bq.kg<sup>1</sup>) en juillet et en août 1967**

### XI.3 - COEFFICIENTS DE DOSE

	période	Cd dépôt (Sv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> )	Coefficient dose efficace - inhalation (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
			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

	période	Cd dépôt (Sv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> )	Coefficient dose efficace - inhalation (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
			bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
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
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 21 : Coefficients de dose efficace par irradiation par le dépôt et par inhalation**

	Coefficient dose efficace - ingestion (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
	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

	Coefficient dose efficace - ingestion (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
	bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
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
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 22 : Coefficients de dose efficace par ingestion**

	Période	Cd dépôt (efficace) (Sv/h)/(Bq/m <sup>2</sup> )	Coefficient dose à la thyroïde par inhalation - (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
			bébé	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
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 23 : Coefficients de dose à la thyroïde par inhalation**

	Coefficient dose à la thyroïde par ingestion (Sv.Bq <sup>-1</sup> )					
	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 24 : 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 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.
- 4 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.
- 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.