

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les Travaux du Comité 2

2005-2009

F. Paquet

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Objectifs

- Développement de coefficients de dose pour l'évaluation des expositions internes et externes
- Développement de modèles biocinétiques de référence
- Développement de données de référence pour les travailleurs et les membres du public

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

S’appuie sur des “Task Groups”

*Pilotés par des
membres du C2*

TG on Dose Calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

TG on the Human Alimentary Tract Model (HAT)

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Participe à d'autres TG

Epidémiologie après exposition aux émetteurs alpha (C1)

Doses résultant de l'exposition à des radiopharmaceutiques (C3)

Dosimétrie pour les espèces non-humaines (C5)

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

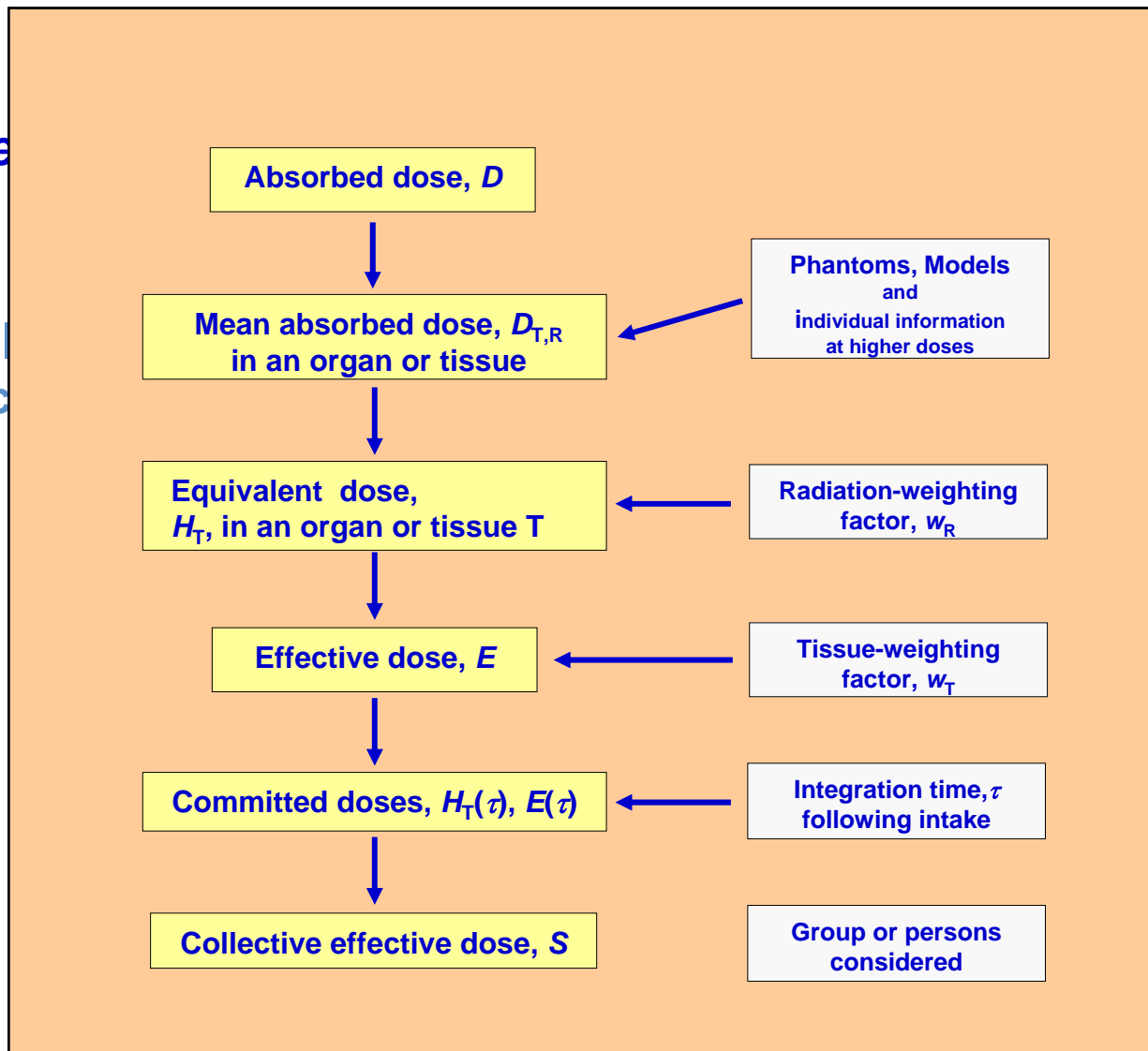
- Décrit les quantités utilisées en Radioprotection
(Fluence → Dose collective)

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document

- Décrit (Fluence)



Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

- Décrit les quantités utilisées en Radioprotection
(Fluence → Dose efficace)
- Décrit applications pratiques des quantités dosimétriques
(Dose engagée, personne de référence, exposition professionnelle, médicale ou pour les membres du public, dose collective)
- Décrit incertitudes et “jugements” en radioprotection

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

3 Points clés

1. Utilisation de la dose efficace

- Concept pas clair. Utilisation abusive pour calculs retrospectifs
- Calcul basé sur valeurs de référence (travailleur adulte ou public à différents ages) et non sur valeurs individuelles (sexe, masse, physiologie sensibilité individuelle). Donne dose pour une personne de référence
- Doit servir à des fins de management, pour démonstration de conformité lorsque les doses sont largement en dessous des limites préconisées

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

3 Points clés

1. Utilisation de la dose efficace

- Ne doit pas être utilisée en cas d'accident, de façon retrospective (utiliser valeurs individuelles)
- Ne doit pas être utilisée en cas d'accident, lorsque les doses reçues risquent de provoquer des réactions tissulaires
- Ne doit pas être utilisée pour l'évaluation des doses en épidémiologie

Dans ces derniers cas utiliser la dose absorbée aux organes avec les RBE adéquats.

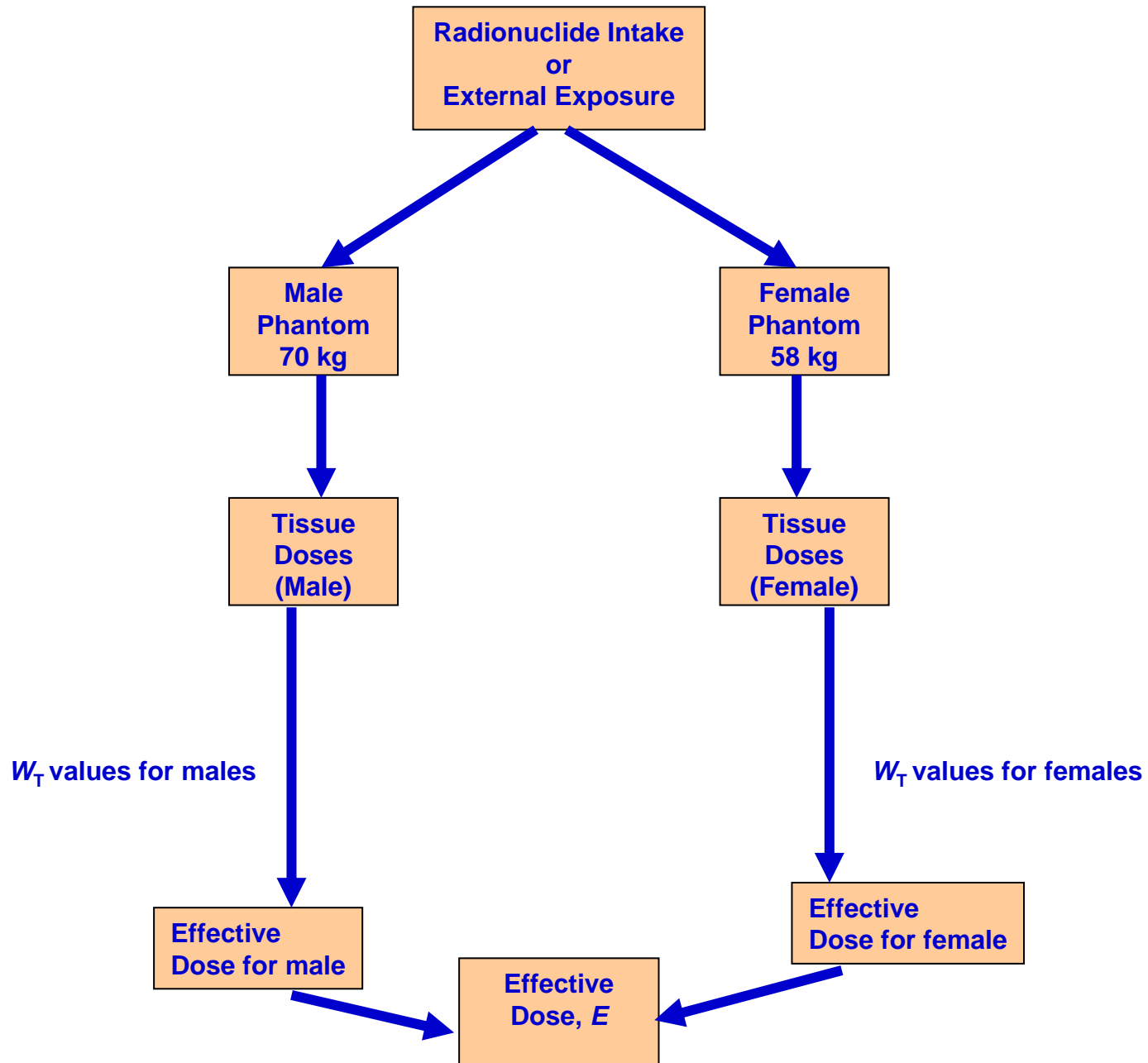
Le Comité 2

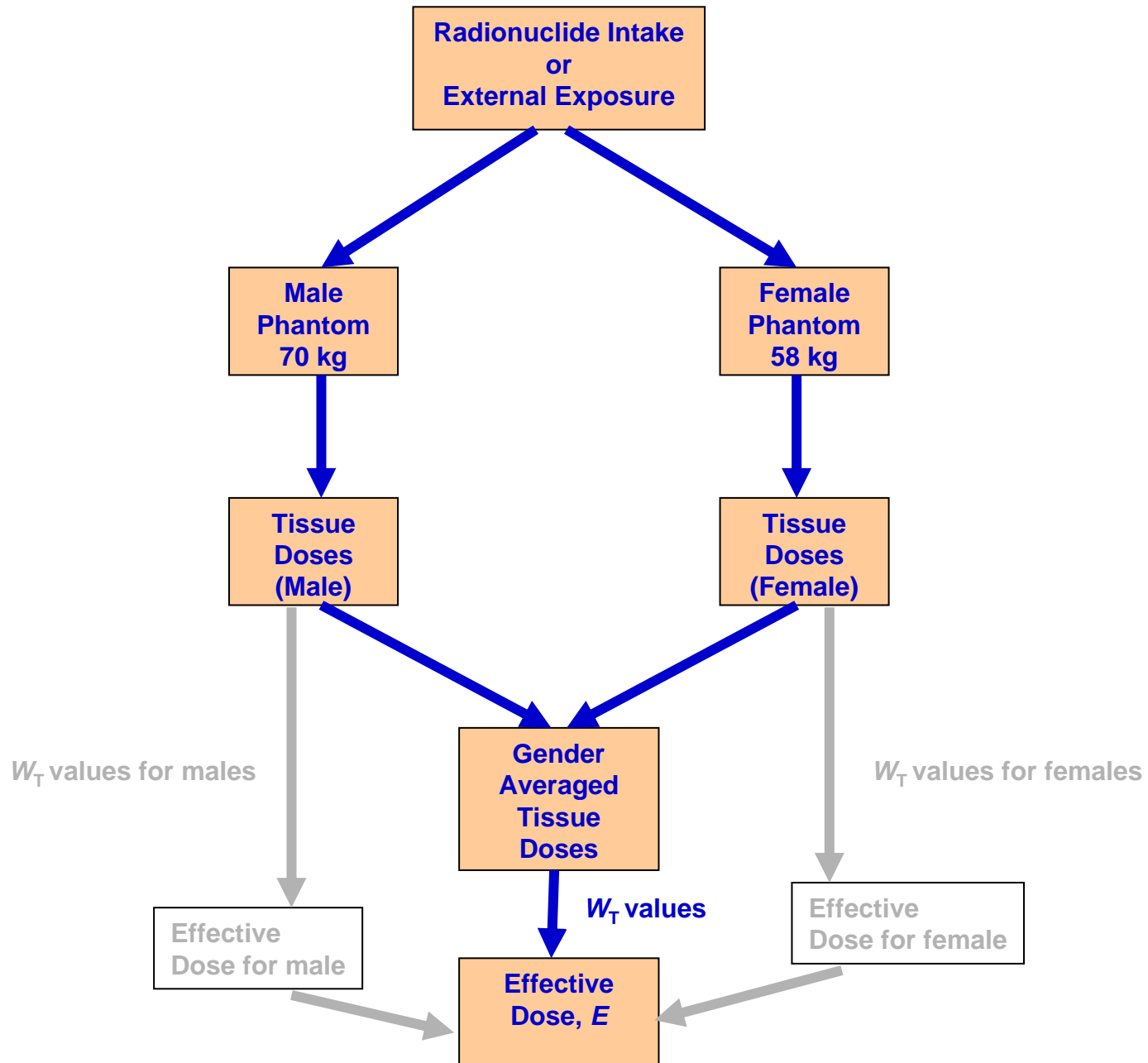
“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

3 Points clés

2. Moyenne des doses Hommes/Femmes





Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

3 Points clés

3. Les incertitudes

Clarifier la notion d'incertitude. La distinguer de la variabilité.

Définition des sources d'incertitudes

- Hétérogénéité du dépôt d'énergie à faibles doses
- Hétérogénéité de distribution des RN
- Localisation des cellules cibles pour cancer
- Validité des modèles biocinétiques (données animales)
- Incorporation des RN à partir de la chaîne alimentaire
- RBE sur animaux et études *in vitro*
- ...

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Le Document Fondateur du Comité 2

**Contenu sera publié en même temps que les
recommandations de la CIPR**

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Travaux au sein des “Task Groups”

TG on Dose calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

TG on the Human Alimentary Tract Model (HAT)

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Travaux au sein des “Task Groups”

*Pilotés par des
membres du C2*

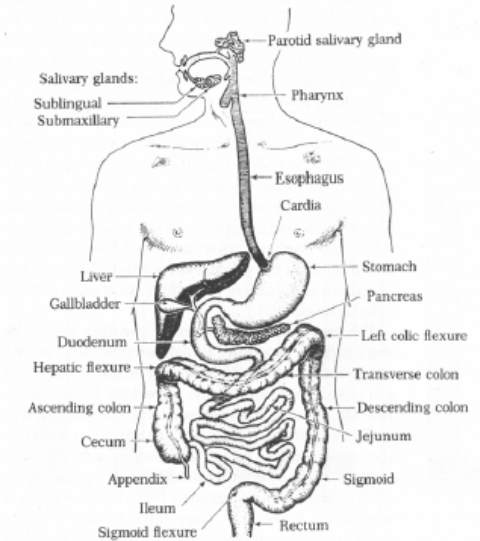
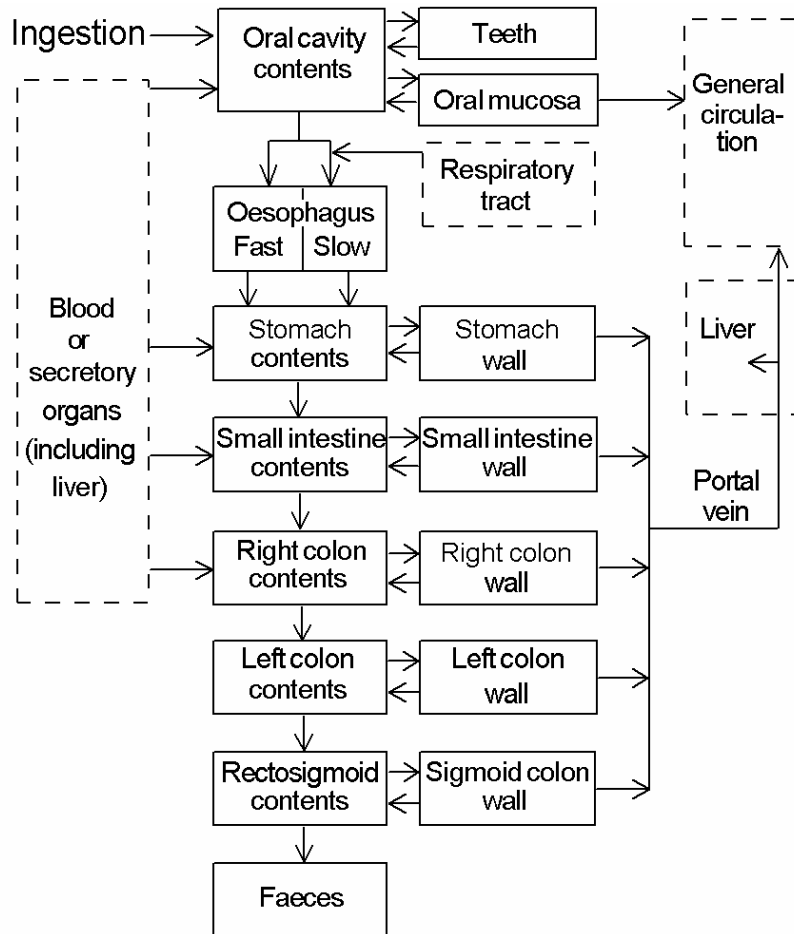
TG on Dose calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

TG on the Human Alimentary Tract Model (HAT)

Human Alimentary Tract Model



ICRP 100, 2006

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Travaux au sein des “Task Groups”

*Pilotés par des
membres du C2*

TG on Dose Calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

TG on the Human Alimentary Tract Model (HAT)

Le Comité 2

TG on Dose Calculation (DOCAL)

Développement de méthodes pour le calcul de doses à partir de sources externes et internes de radiations

$$\bar{D}(r_T, T_P, G, T_C) = \sum_{r_S} \int_0^{T_C} A(r_S, T_P + \tau, G) S(r_T \leftarrow r_S, T_P + \tau, G) d\tau$$

$$\bar{d}(r_T, T_P, G, T_C) = \sum_{r_S} \int_0^{T_C} a(r_S, T_P + \tau, G) S(r_T \leftarrow r_S, T_P + \tau, G) d\tau$$

$$S(r_T \leftarrow r_S, T_P, G) = \sum_i E_i Y_i \Phi(r_T \leftarrow r_S, T_P, G, E_i)$$

DOCAL, Mars 2006

Le Comité 2

TG on Dose calculation (DOCAL)

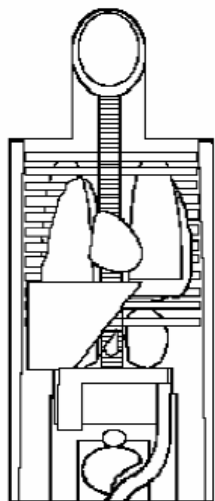
Achèvement des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes

Modèles doivent remplacer les fantômes stylisés utilisés précédemment pour le calcul de doses

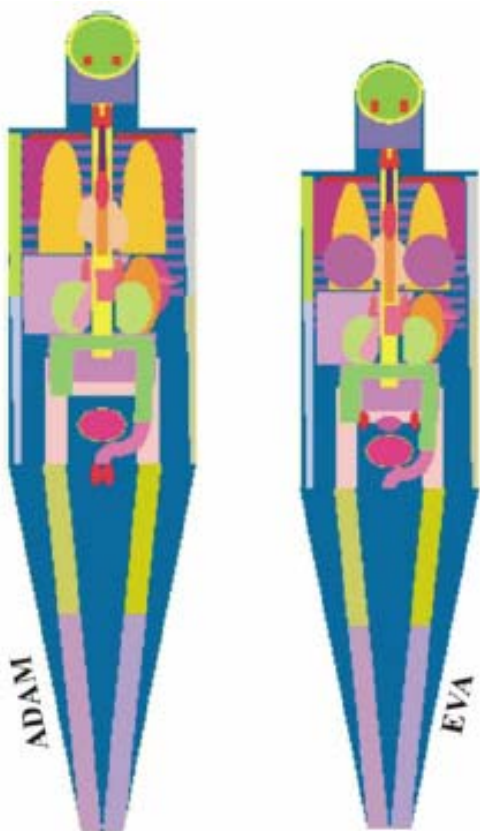
Le Comité 2

Le calcul de dose avec les fantômes anthropomorphes

1970 s Les fantômes mathématiques



68 régions



Permettent de calculer les SAFs qui donnent la fraction de l'énergie émise par la radioactivité d'un organe et absorbée par cet organe et par les tissus avoisinants

Taille et forme du corps et des tissus sont représentés par des équations

The brain is an ellipsoid given by

$$\left(\frac{x}{6}\right)^2 + \left(\frac{y}{9}\right)^2 + \left(\frac{z - 86.5}{6.5}\right)^2 \cong 1,$$

and the volume is 1,470 cm³

Fantomes MIRD5 ou ADAM et EVA

Le Comité 2

Le calcul de dose avec les fantômes anthropomorphes

1985 Les fantômes voxélisés

Basés sur images IRM de personnes réelles



Le Comité 2

Le calcul de dose avec les fantômes anthropomorphes



Thyroid



Pancreas

Ex. du fantôme GOLEM

Processus de segmentation resulte en un modèle voxélisé avec environ 122 organes.

2 millions de voxels de dimension $2 \times 2 \times 8 \text{ mm}^3$

Le dépôt d'énergie de chaque faisceau est calculé pour chaque voxel

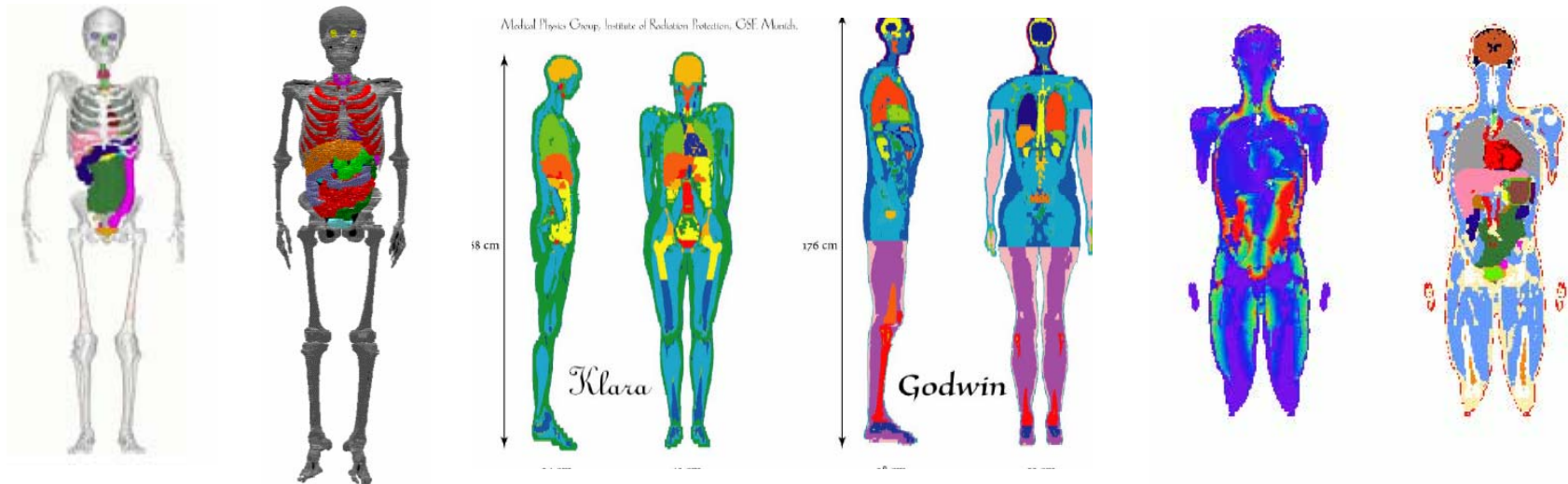
La dose à l'organe est la somme de l'énergie déposée dans chaque voxel

Vue antérieure
de certains organes
d'un fantôme voxélisé

Le Comité 2

Environ 30 fantômes différents, représentant anatomie de personnes réelles

Model	Reference	Images	Race	Age and sex	Subject	Comment
Child	[18]	CT	Caucasian	7-year-old female	Leukemia patient	Small for age (5 to 7-year-old)
Baby	[18]	CT	Caucasian	8-week-old female	Cadaver	
VoxelMan ^a	[49, 50]	CT	Caucasian	Adult male	Diffuse melanoma	Head and torso
NORMAN	[14, 30]	MRI	Caucasian	Adult male		Only 10 ribs
Golem	[26, 42]	CT	Caucasian	38-year-old male	Leukemia patient	
ADELAIDE	[51]	CT	Caucasian	14-year-old female	Patient	Torso
VIP-man	[35]	Colour photos	Caucasian	38-year-old male	Cadaver (VHP ^b)	One testicle only
Otoko	[20]	CT	Japanese	Adult male		
UF newborn	[38]	CT	Caucasian	6-day-old female	Cadaver	
UF 2 month	[38]	CT	Caucasian	6-month-old (=2) male	Cadaver	Small for age
Visible-human	[23]	CT	Caucasian	38-year-old male	Cadaver (VHP)	
Frank	[23, 52]	CT	Caucasian	48-year-old male	Patient	Head and torso
Donna	[17, 52]	CT	Caucasian	40-year-old female	Patient	
Helga	[17, 23]	CT	Caucasian	26-year-old female	Patient	Legs absent below mid-thigh
Irene	[17, 23]	CT	Caucasian	32-year-old female	Patient	
MAX ^c	[24]		Caucasian	Modified VoxelMan		Reference man dimensions
Nagaoka man	[32]	MRI	Japanese	22-year-old male	Volunteer	
Nagaoka woman	[32]	MRI	Japanese	22-year-old female	Volunteer	
KR-man	[37]	MRI	Korean	28-year-old male		
Un-named	[53]	CT		9-month-old male		Head and torso
Pregnant woman	[54]	CT		30 weeks pregnant		Part torso



Le Comité 2

Environ 30 fantômes différents, représentant anatomie de personnes réelles

Nécessité de transformer certains fantômes



1. En leur assignant taille et masse des organismes de référence de la CIPR 89 et en faisant apparaître des régions “invisibles” à l’IRM (voies aériennes respiratoires, moelle “active” du squelette, surface os,...)
2. En introduisant certaines régions déjà définies dans certains modèles de la CIPR (surface nasale dans ET, paroi du colon, cristallin, etc...)
3. En ajoutant certaines modifications supplémentaires
suppression paupières,
modification certaines positions (sujets analysés en position couchée)
identification os cortical, moelle médullaire
identification zone corticale et médullaire dans les reins
identification des ganglions lymphatiques

...

Le Comité 2

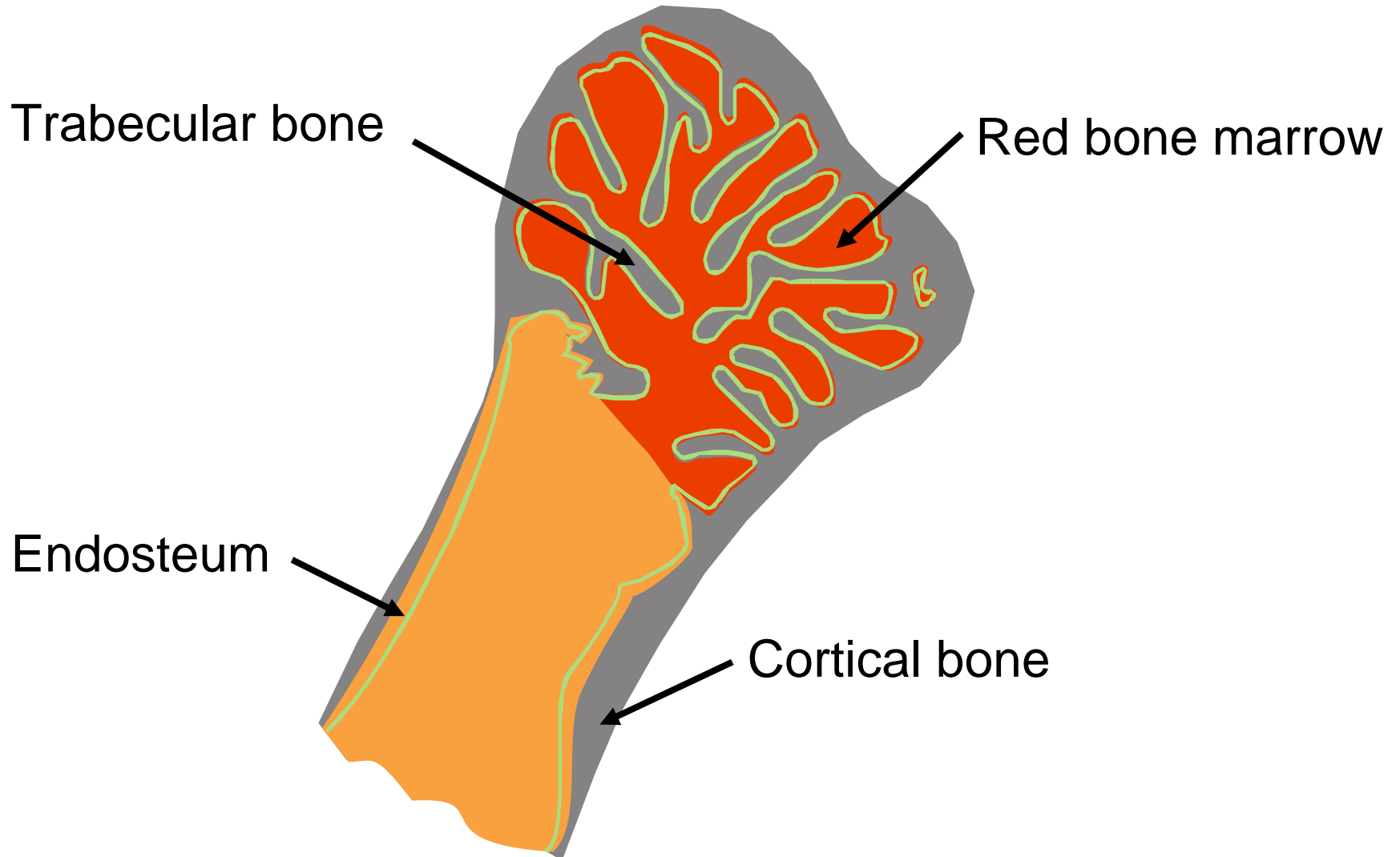
TG on Dose calculation (DOCAL)

Achèvement des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes

Dosimétrie au niveau de l'os

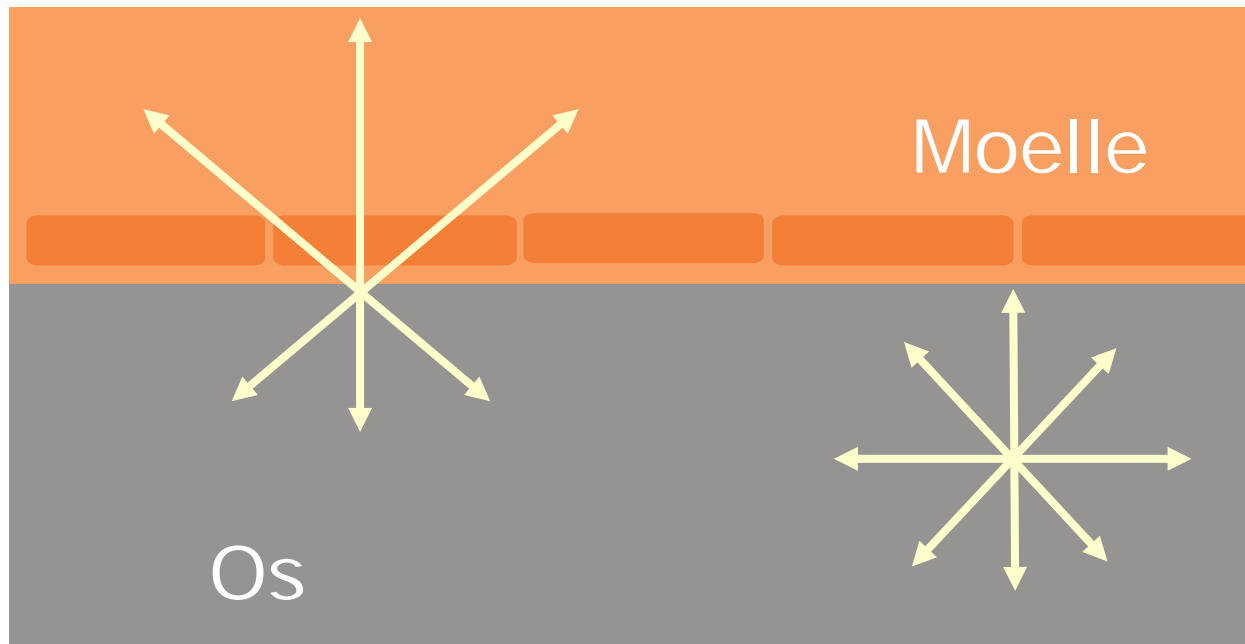
Le Comité 2

Dosimétrie au niveau de l'os



Le Comité 2

Dosimétrie au niveau de l'os

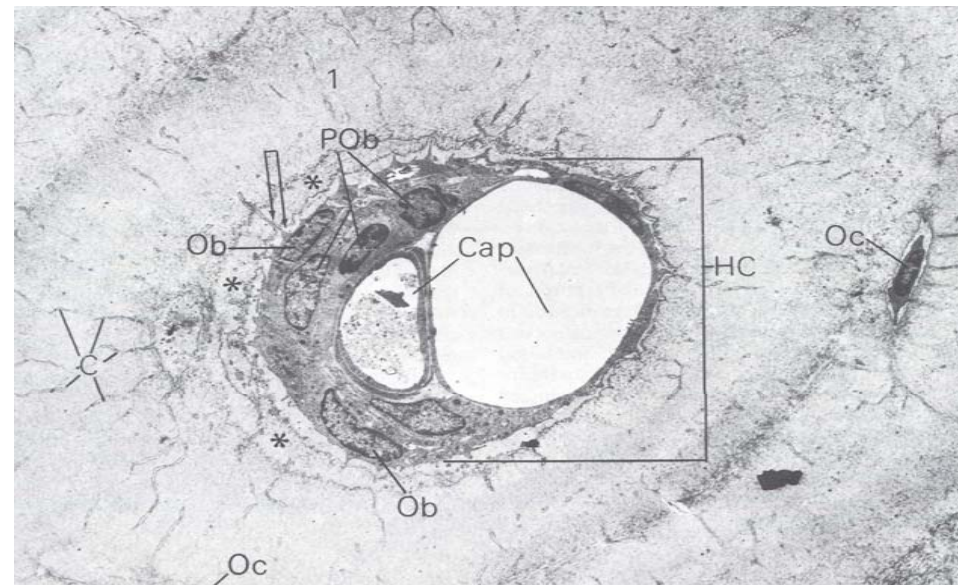
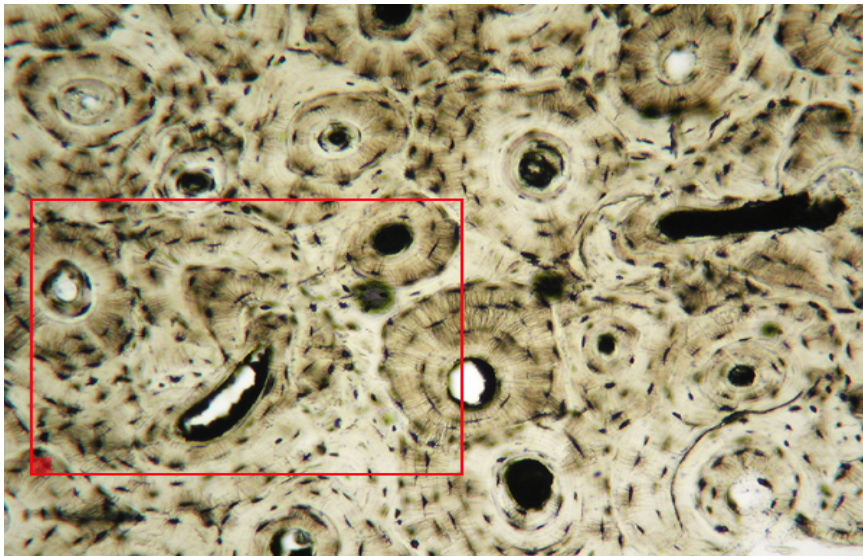


Le Comité 2

Dosimétrie au niveau de l'os



Cellules cibles pour l'induction de cancers osseux réparties sur
Une couche de 50 μm à partir de la surface des os trabéculaires
Rien sur les surfaces de l'os cortical
Partout dans le système Haversien de l'os cortical



Le Comité 2



Dosimétrie au niveau de l'os

Cellules cibles pour l'induction de cancers osseux réparties sur
Une couche de 50 μm à partir de la surface des os trabéculaires
Rien sur les surfaces de l'os cortical
Partout dans le système Haversien de l'os cortical

CIPR disait que une couche de 10 μm sur toutes les surfaces internes de l'os
(sauf surfaces médullaires dans os cortical)
ICRP 23 (1975), ICRP 26 (1977), ICRP 30 (1982)

Cellules cibles pour l'induction de leucémies sont
dans toute la moelle rouge pour l'os trabéculaire de l'adulte
dans toute la moelle pour l'os cortical (Pas défini dans la CIPR 23)

Le Comité 2

TG on Dose calculation (DOCAL)

Achèvement des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes

Dosimétrie au niveau de l'os

Données sur la décroissance radioactive des radioéléments

Le Comité 2

Données sur la décroissance des radioéléments

Révision de la publication 38 de la CIPR

Schéma de décroissance avec table des émissions pour chaque RN.

Spectres de certains émetteurs Auger

Fichiers NUCDECAY

Données sur l'énergie et l'intensité des alphas

Données sur l'énergie et l'intensité des fragents de fission

Données sur radiations beta et gamma et spectres neutrons
pour fission spontanée

Sur CD

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Travaux au sein des “Task Groups”

TG on Dose calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

*Pilotés par des
membres du C2*

Le Comité 2

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

Objectifs

Développement de modèles biocinétiques pour les RN entrant dans le corps par inhalation ou ingestion

Préparation des rapports sur les doses reçues par les travailleurs et les membres du public

Le Comité 2

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

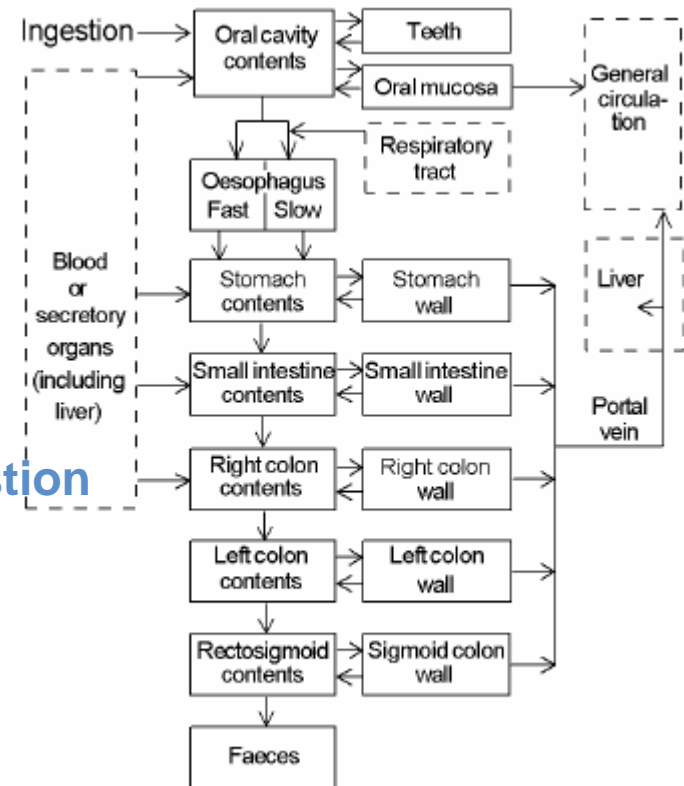
1. Réviser les publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997)

Le Comité 2

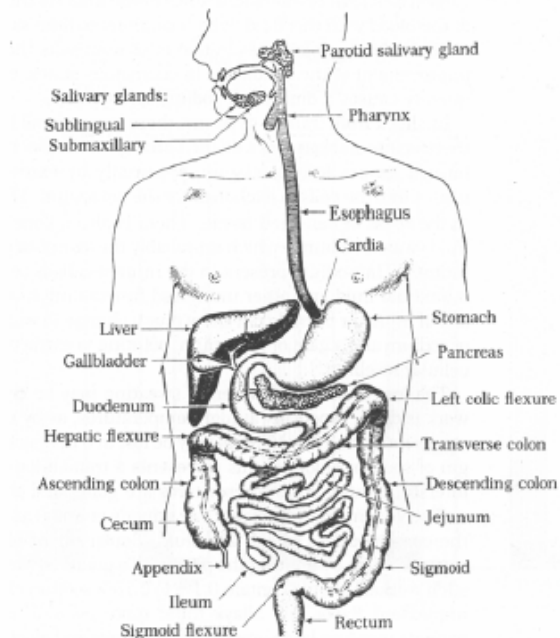
Réviser les publications "travailleur"

Comprend

Mise à jour de données sur transfert après ingestion



Nouveaux f_A



Le Comité 2

Réviser les publications “travailleur”

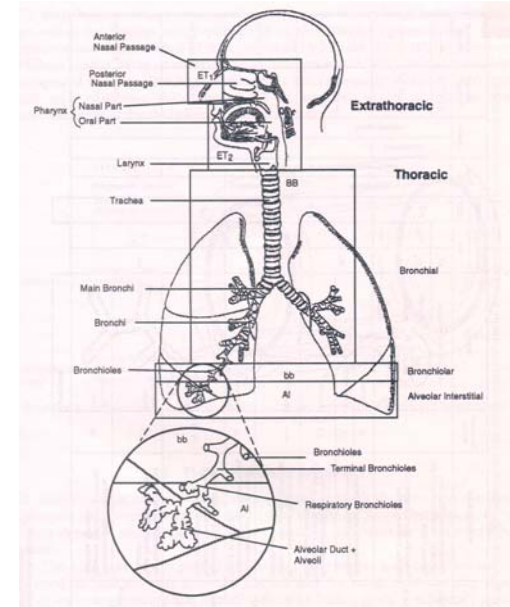
Comprend

Mise à jour de données sur transfert après ingestion

Mise à jour de données sur transferts après inhalation

Quelques changements dans certains paramètres

Introduction de “paramètres spécifiques d’un matériel” à la place des paramètres par défaut, lorsque des données fiables de transfert *in vivo* sont disponibles



Le Comité 2

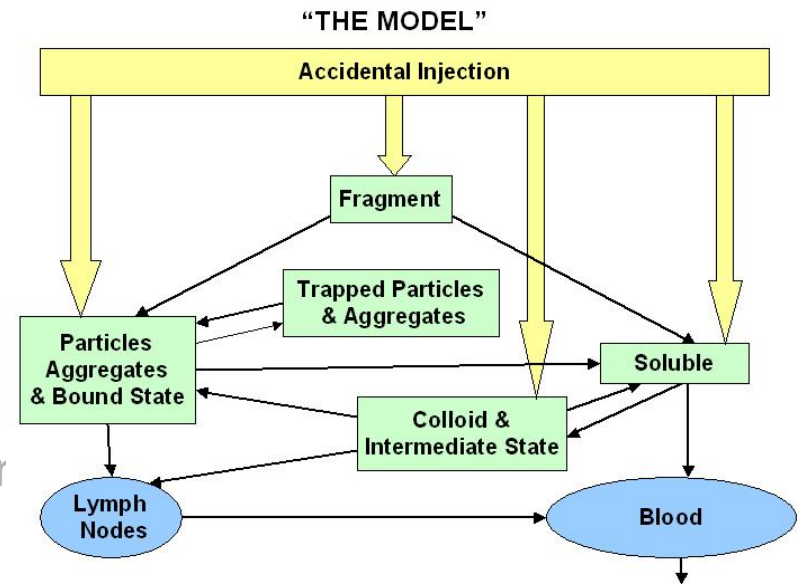
Réviser les publications "travailleur"

Comprend

Mise à jour de données sur transfert après ir

Mise à jour de données sur transferts après inhalation

Nouvelles données après blessure (issues du travail NCRP)



Le Comité 2

Réviser les publications "travailleur"

Comprend

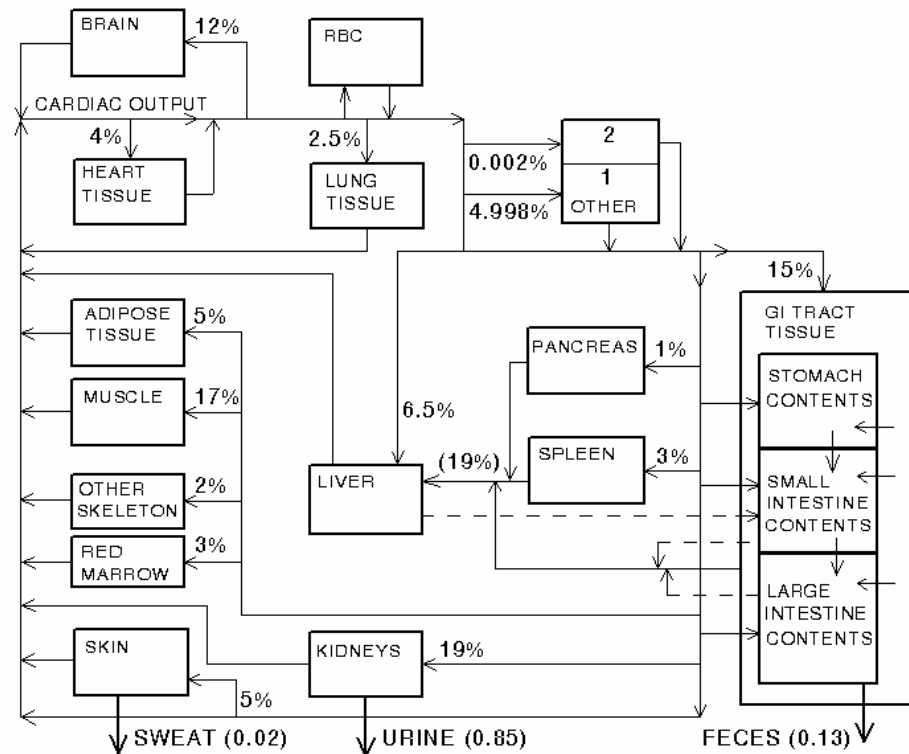
Mise à jour de données sur transfert a p

Mise à jour de données sur transferts a

Nouvelles données après blessure (issu

Mise à jour des modèles biocinétiques

Modèles recyclants pour la plupart des elts



Modèle systémique du césium

Le Comité 2

Publication Occupational Intakes of Radionuclides Part I. Dose assessment and monitoring

Comprendra

Un texte principal avec

- Les recommandations de la commission sur le contrôle des expositions professionnelle et sur la surveillance individuelle
- Les modèles de référence (travailleurs adultes males et femelles)
- Les modalités de calcul de l'exposition interne
- Modèles dosimétriques pour les tractus respiratoire et alimentaire, pour les activités systémiques, pour une immersion dans un nuage radioactif
- L'utilisation des coefficients de dose
- Les sources d'incertitude
- Les méthodes de surveillance individuelle, les programmes de surveillance et l'interprétation des données

Le Comité 2

Publication Occupational Intakes of Radionuclides Part I. Dose assessment and monitoring

Comprendra

Des annexes avec

Les données biocinétiques et les fonctions d'excrétion pour les 31 éléments

(H, C, S, Ca, Fe, Co, Ni, Zn, Se, Sr, Zr, Ni, Mo, Tc, Ru, Ag, Sb, Te, I, Cs, Ba, Ce, Pb, Po, Ra, Th, U, Np, Pu, Am, Cm)

Cérium et lanthanides dans partie 2

Publication prévue en 2008

Le Comité 2

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

1. Réviser les publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995)

2. Produire un guide pour l'interprétation des données de radiotoxicologie

Le Comité 2

L'interprétation des données de radiotoxicologie

Données radiotoxicologie
(RN dans excréments, mesure anthroporadiométrique, etc..)

Voie d'incorporation



Taille des particules



Modèles biocinétiques et
dosimétriques de la CIPR



Durée de contamination
Temps écoulé



Solubilité des composés
Composition, SSA,
Forme chimique,..

Le Comité 2

L'interprétation des données de radiotoxicologie

Données radiotoxicologie
(RN dans excréments, mesure anthroporadiométrique, etc..)

**Méthode acceptée pour
des doses “faibles”**



Calcul retrospectif de dose

Le Comité 2

L'interprétation des données de radiotoxicologie

Troisième exercice d'intercomparaison au niveau européen
Exercice au niveau AIEA

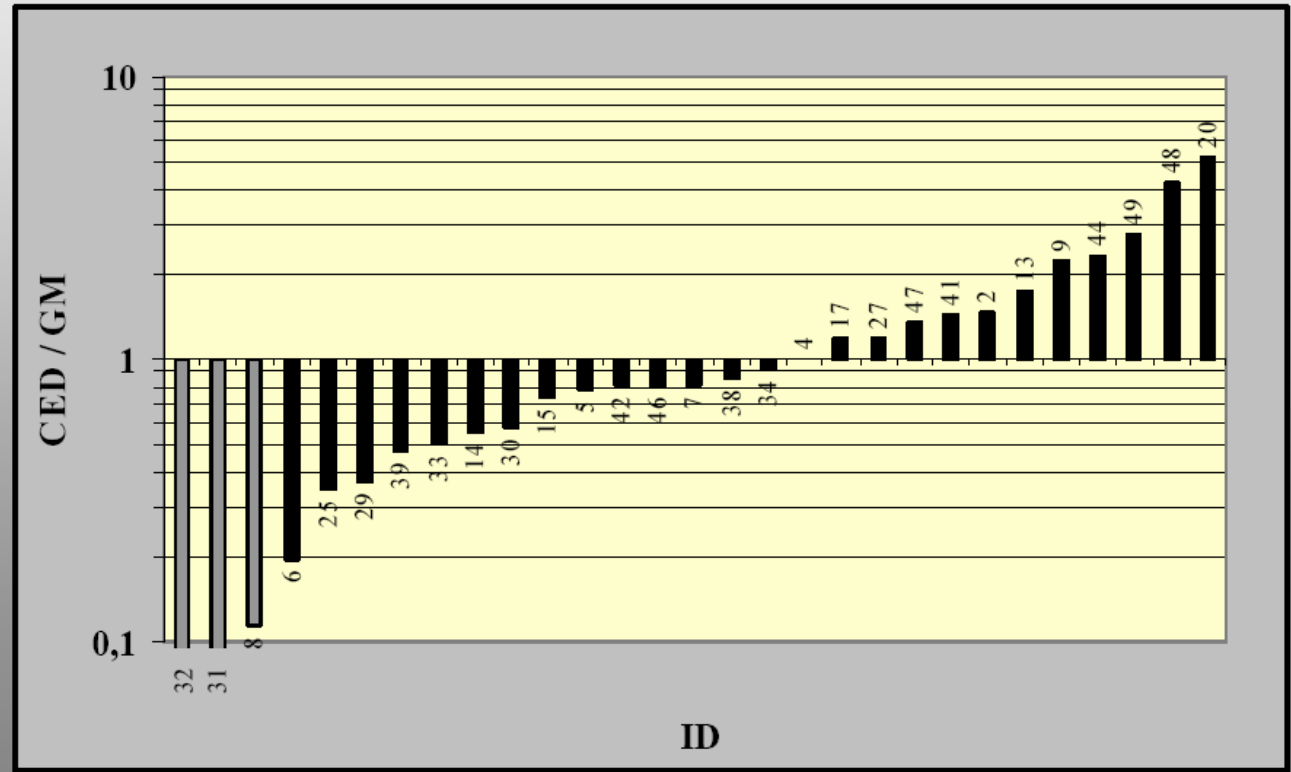
6 cas "types" d'exposition interne
Environ 60 participants

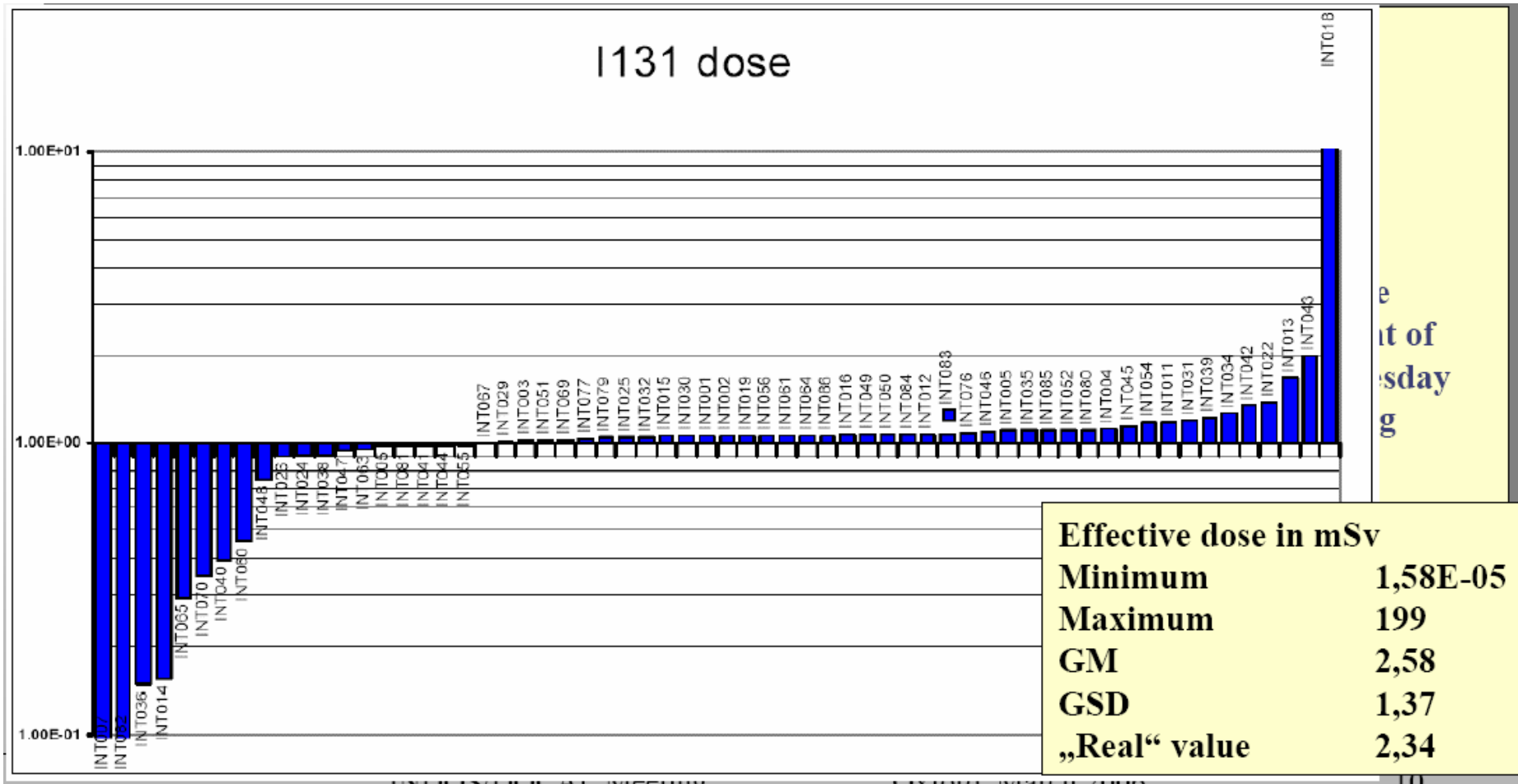
Third European Intercomparison Exercise

Case 7: Pu-239 (II)

29 answers

2,16...131000 mSv





Cas d'une contamination répétée à l'iode

Background

Monitoring data



Intake & Committed Dose

Assumptions:

- Pathway of intake
- Time course of intake
- Biokinetic Model
- Parameter values

Influencing

- Amount and duration of intake
- Skill of the dosimetrist
- Computational tools available

General experience:

When a set of bioassay data is given to two different dosimetrists, it is likely that these data will be interpreted differently, that different methods and dosimetric models will be applied, and therefore different numerical solutions will be obtained.

Le Comité 2

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

1. Réviser les publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995)

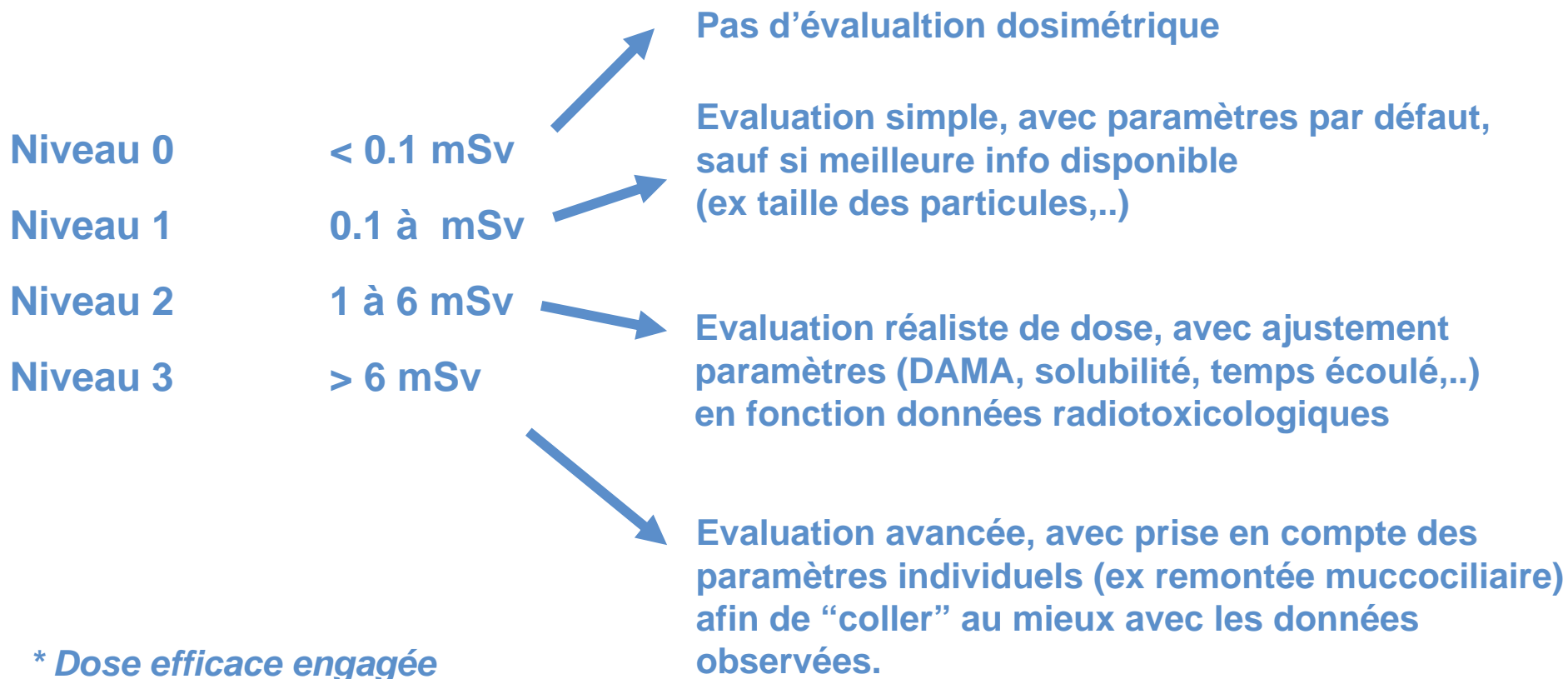
2. Produire un guide pour l'interprétation des données de radiotoxicologie

Fondé sur travail réalisé dans le cadre européen de IDEAS

Le Comité 2

Produire un guide pour l'interprétation des données de radiotoxicologie

I. 4 niveaux d'investigation en fonction de la dose* anticipée



* Dose efficace engagée

Le Comité 2

Produire un guide pour l'interprétation des données de radiotoxicologie

II. Concept de “dose per unit content”

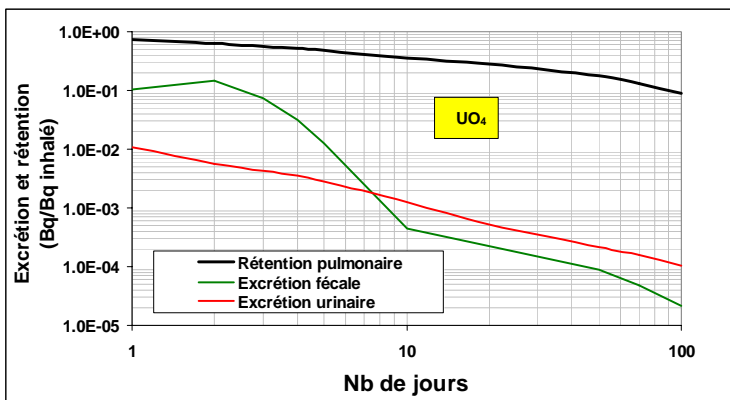
Calcul prospectif de dose



Bq incorporés x DPUI (Sv/Bq)



Calcul rétrospectif de dose



Incorporation (Bq)

DPUI (Bq/Sv)
Dépend de DAMA
Solubilité,..

**Quantité mesurée (Bq)
(organes ou excréats)**

Dose per unit content
indépendant du DAMA et
de la solubilité

Dose (Sv)

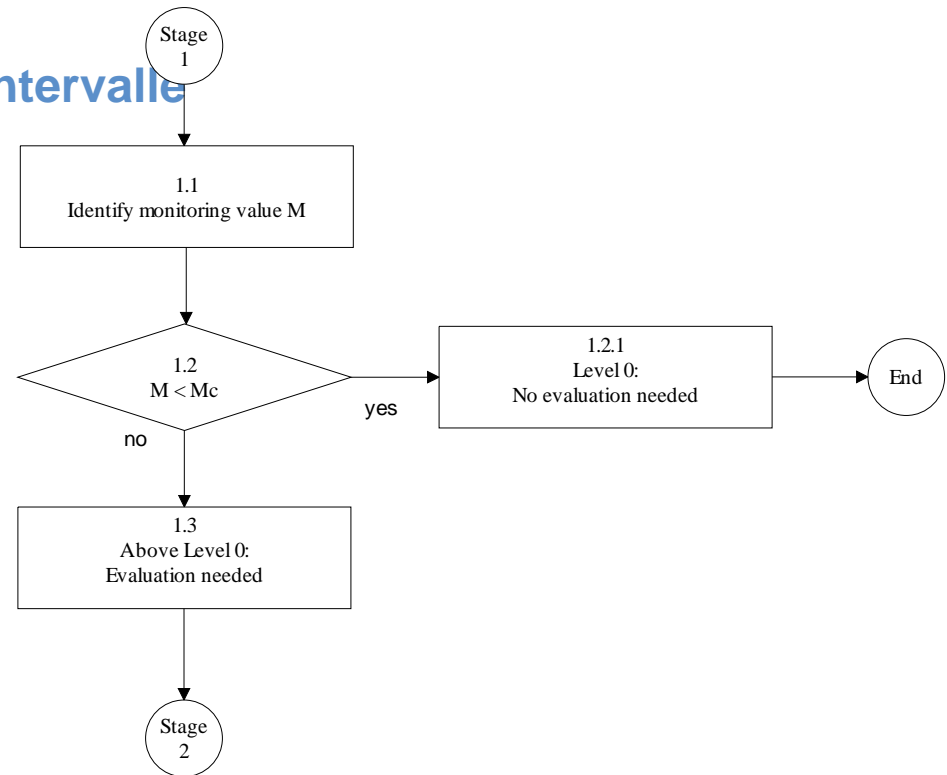
Le Comité 2

Produire un guide pour l'interprétation des données de radiotoxicologie

Structure proposée

Analyse des cas par étapes (1 à 7)

- Identifier la mesure et la durée de l'intervalle de surveillance

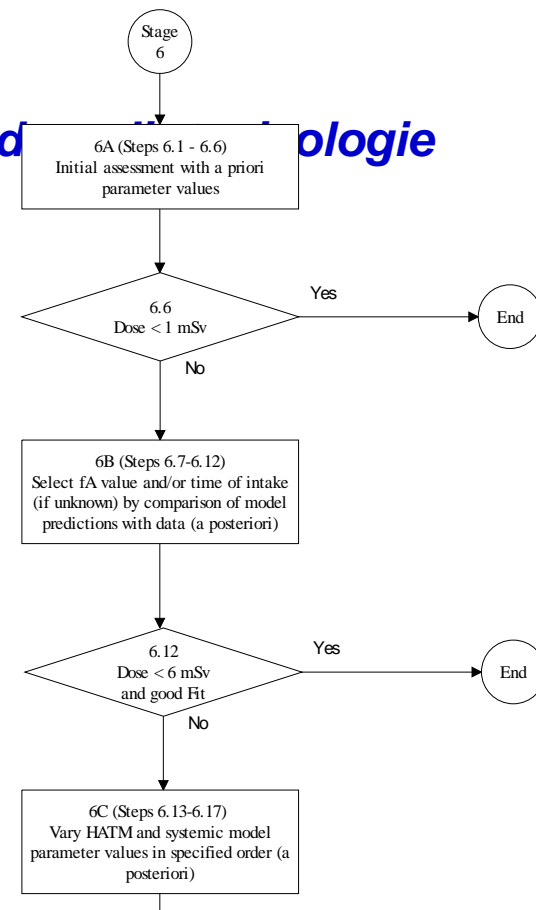


Le Comité 2

Produire un guide pour l'interprétation des données de toxicologie

Analyse des cas par étapes (1 à 7)

- Identifier la mesure et la durée de l'intervalle de surveillance
- Vérification de la consistance des évaluations
- Procédure standard d'évaluation Niveau > 1
- Identification route d'incorporation pour Niveau > 1
- Procédure spéciale pour inhalation Niveau > 1
- Procédure spéciale pour ingestion Niveau > 1
- Procédure spéciale pour inhalation et ingestion Niveau > 1



6.17
Consult other experts

Le Comité 2

“Doses from Radiation Exposure”

Travaux au sein des “Task Groups”

TG on Dose calculation (DOCAL)

TG on Internal Dosimetry (INDOS)

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

*Pilotés par des
membres du C2*



Le Comité 2

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

Travail et maintenance de la station Internationale

Champs de radiation complexe, différent de la Terre
Particules de forte énergie avec fort TLE
Doses annuelles de plusieurs centaines de mSv



But du programme

Analyse et effets des composants à fort TLE
DéTECTEURS pour estimation de dose dans l'espace
Développement de doses de référence
Application du système de radioprotection.

Le Comité 2

TG on Radiation Exposures of Astronauts in Space

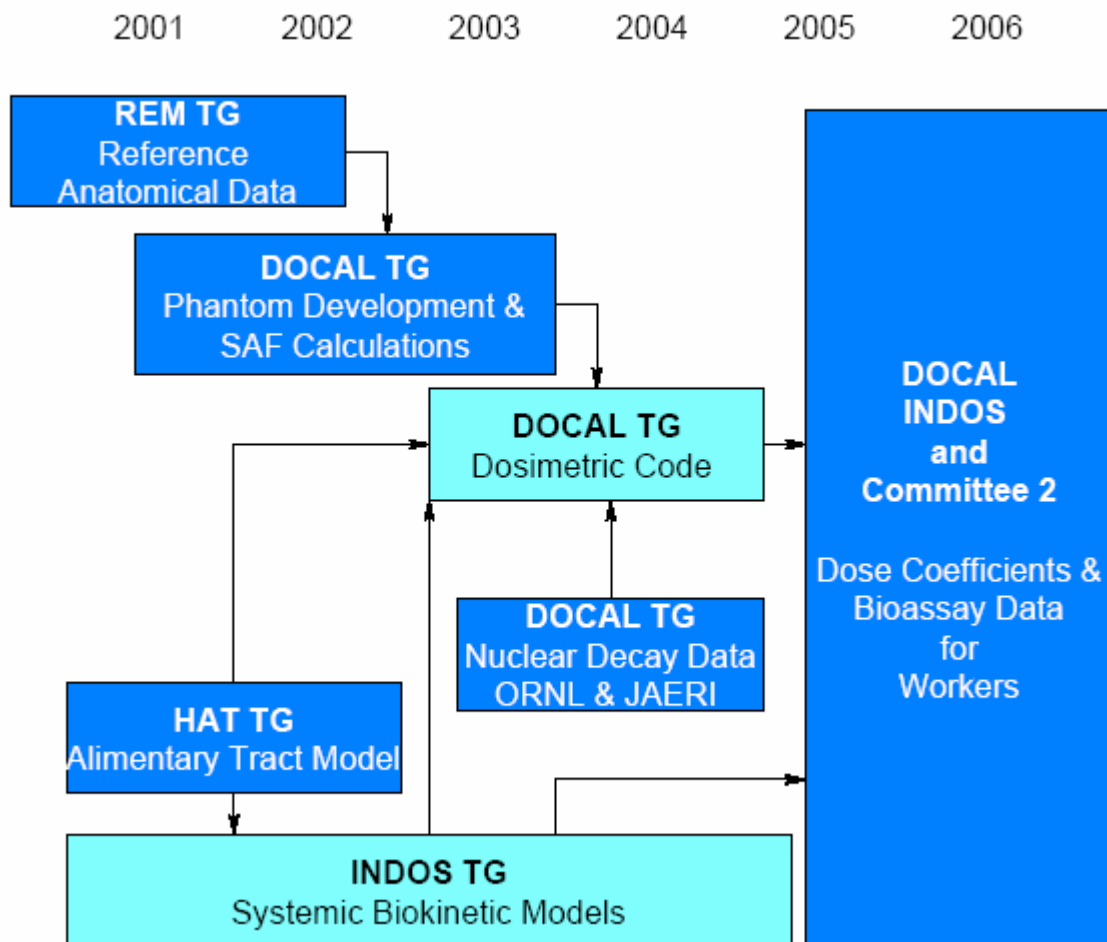
Collaborations

avec la NASA (USA) et IMBP (Russie)

avec NCRP qui a produit un rapport

avec US NAS pour étude de missions vers Mars

Le Comité 2



Le Comité 2

Dernières publications

Publication 88 . Doses to the embryo and fetus from intakes of radionuclides by the mother.
Ann. ICRP 31 (1-3) 2001. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Supporting Guidance 3 . Guide for the practical application of the ICRP Human Respiratory Tract Model.
Ann. ICRP 32 (1-2) 2002. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 89 . Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values
Ann. ICRP 32 (3-4) 2002. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 95 . Doses to infants from ingestion of radionuclides in mothers' milk.
Ann. ICRP 34 (3-4) 2004. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 100 . Human Alimentary Tract Model for radiological protection. Ann. ICRP (in press).