Etat des connaissances de l'impact du tritium sur la santé

Dr Laurence LEBARON-JACOBS
DSV/DIR/Prositon
CEA de Cadarache

Sources

HT
HTO
OBT = T_{orga}

Homme

Biosphère

Impact dosimétrique

↓

Impact sanitaire ??

Mobilité +++
~pas de concentration

Doses et débits élevés ? → *Conditions réelles*

Tritium : Effets sur la cellule

- **Incorporation par inhalation**

  par ingestion

  par voie cutanée

- **Action cellulaire locale**

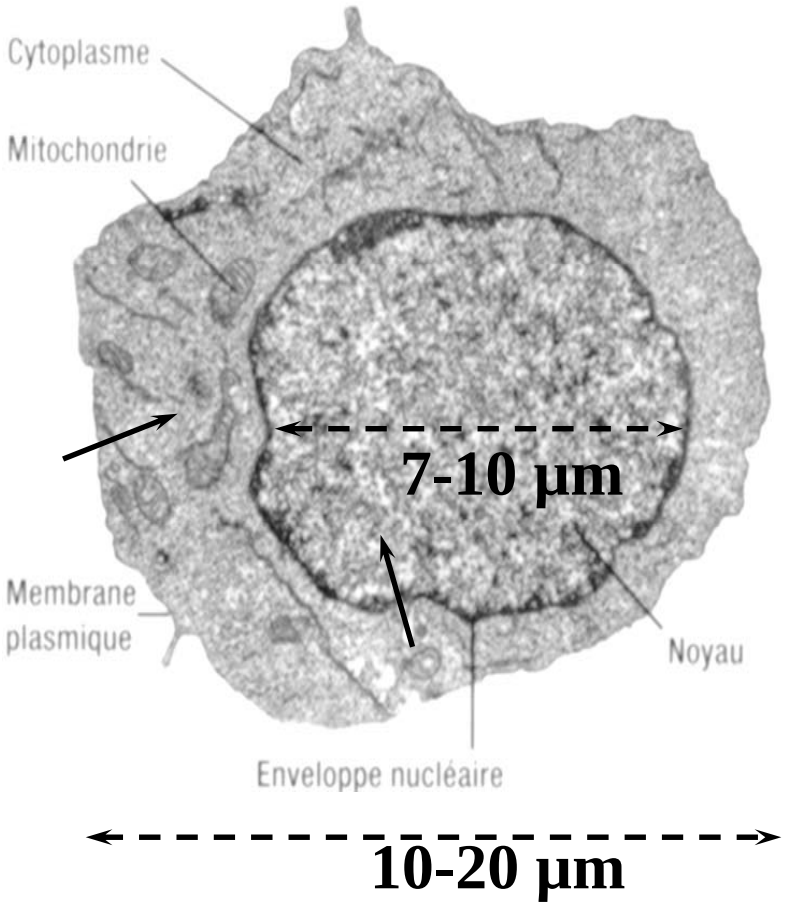
◆ Rayonnement β **de faible énergie** (18 keV)

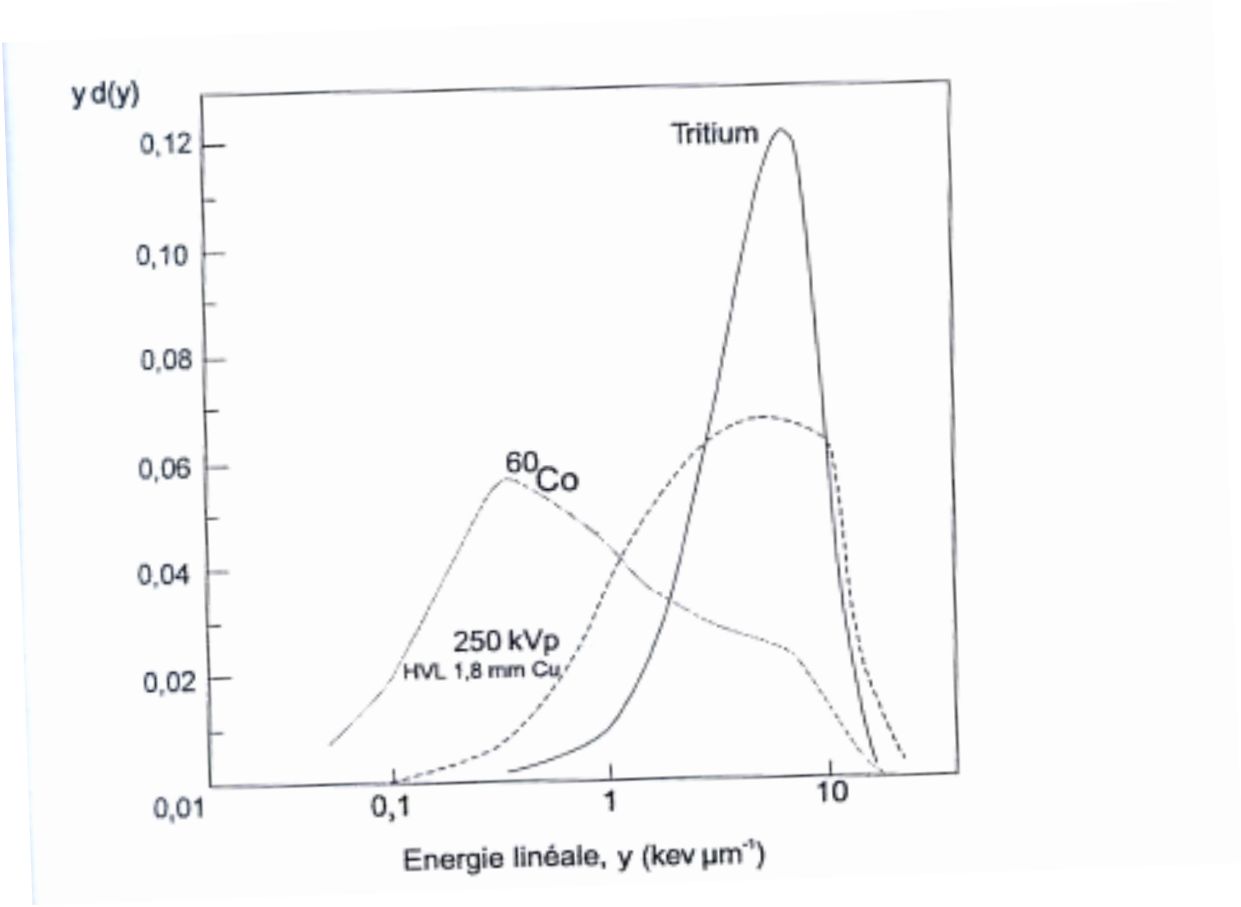
◆ Parcours dans l'eau < taille d'une cellule

max : 6 μm - **moyen 0,56 μm**

◆ **Forte densité d'ionisation, mais peu de cellules lésées**

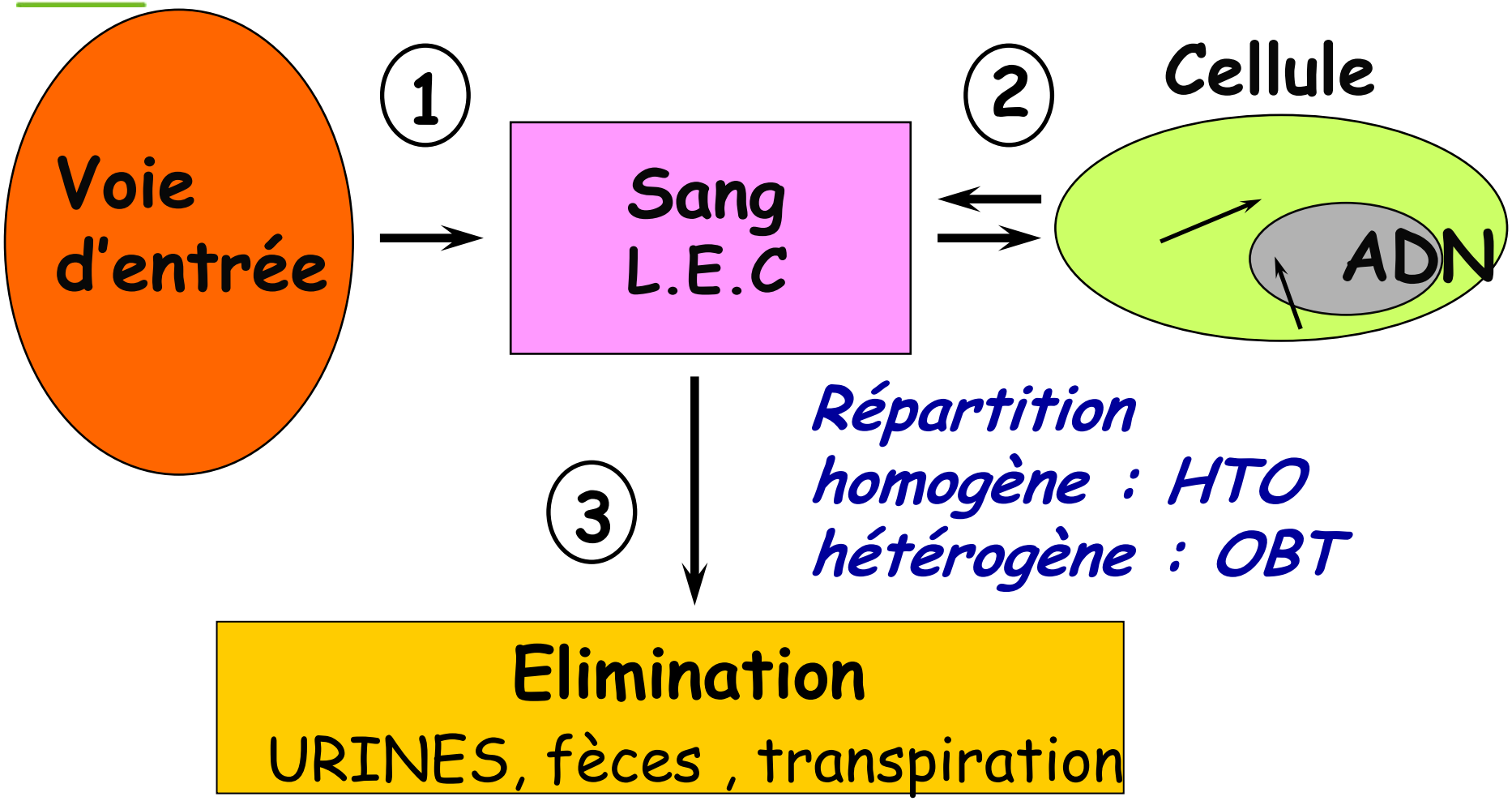
(TLE_{3H}: 11,5 keV/μm / TLE_{α} = 80 keV/μm)



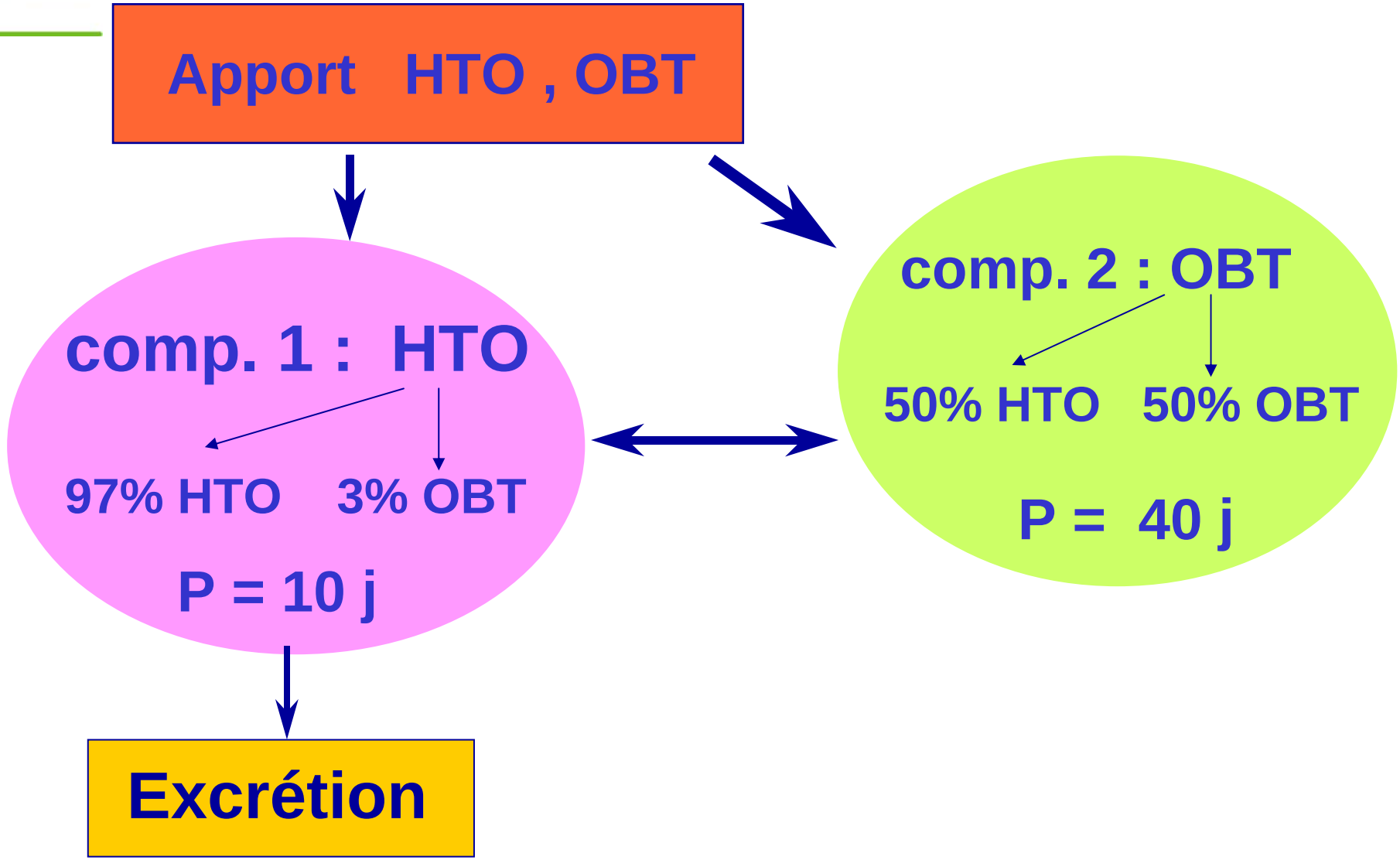


Comparaison de spectres microdosimétriques en terme de distribution de distribution de dose (d'après Ellet et Braby, 1972)

Biocinétique du Tritium

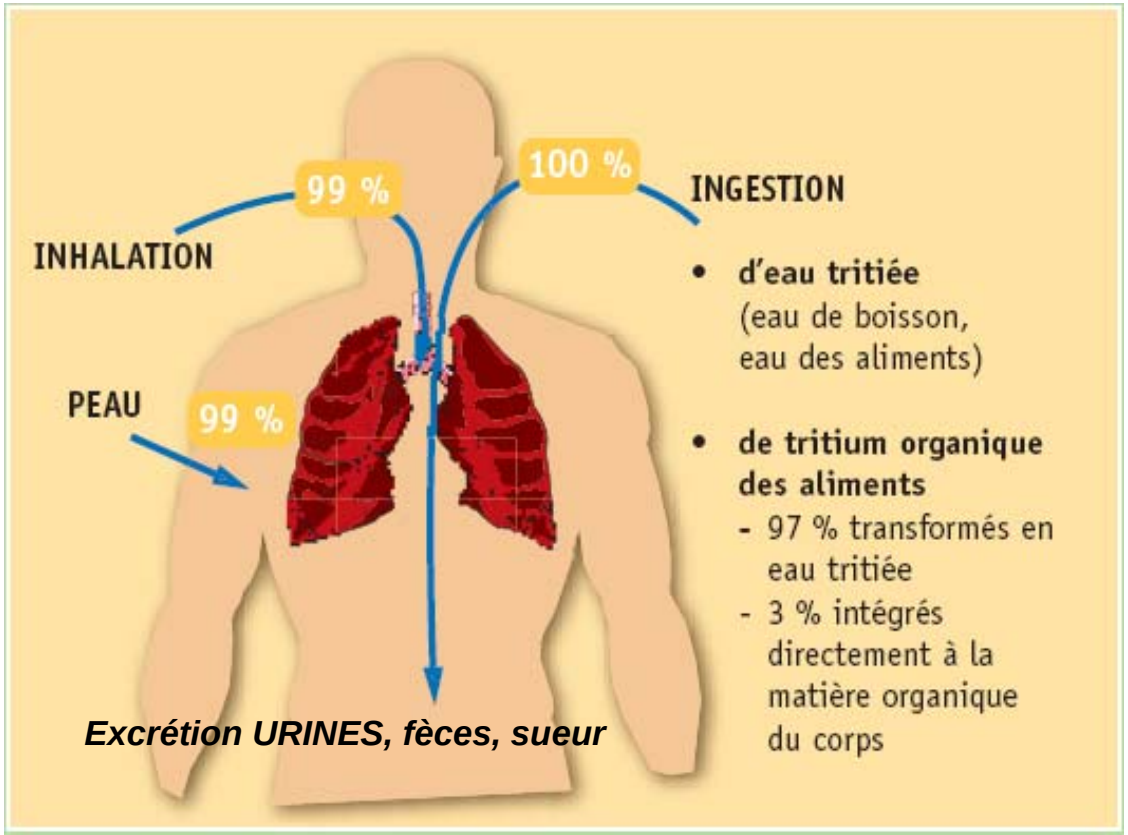


Modèle biocinétique de la CIPR 56



Métabolisme du tritium

HT ~ pas de transfert
HTO transfert rapide (99%) vers le sang: 97% en HTO / 3% en OBT
OBT 50 % oxydés en HTO / 50% restent sous forme d' OBT



Transfert du tritium aux animaux et à l'homme

Pas d'accumulation significative de tritium chez l'homme:

- **> 92% du tritium incorporé: période biologique ~10 j**
- **< 3%: période biologique entre ~0,75 j et 22 j** (composés organiques de renouvellement rapide)
- **< 1%: période biologique ~450 j** (composés organiques de renouvellement lent)

Excrétion urinaire et fécale: HTO ++ (99%), OBT

Coefficients de dose

- Faible radiotoxicité:

  $1,8\ 10^{-11}$ Sv / Bq en cas d'ingestion d'HTO
  $4,1\ 10^{-11}$ Sv / Bq pour les OBT

- Comparaison: ^{40}K ☞ $2,1\ 10^{-9}$ Sv/Bq

- CIPR 56: prise en compte d'un modèle pour OBT et recommandations pour le public (enfant)

- Absence de données spécifiques en fonction de l'âge: chez l'enfant, extrapolation de données obtenues chez l'adulte (HTO, OBT)

Dose annuelle due à l'exposition au tritium d'origine naturelle:
~0,01 µSv/an

Dose maximale essais aériens: 7,2 µSv/an (1962)
0,01 µSv/an (milieu des années 90)

Dose globale installations nucléaires: 0,005 µSv/an
(UNSCEAR 2000)

Voisinage installation nucléaire rejetant 1 gramme d'HTO est de l'ordre du micro Sievert/an.

Rapport de l'Advisory Group on Ionising Radiation (2007)

- Facteur de pondération: w_R = 2 ou plus

  ☞ répartition hétérogène de la dose absorbée, densité d'ionisation élevée, grande hétérogénéité du dépôt d'énergie, forte production et complexité de lésions double brins de l'ADN

- Coefficient de dose

  6×10^{-11} Sv.Bq^{-1} pour OBT *(Hodgson, 2005)*

☞ prise en compte des incertitudes liées à l'EBR du tritium, contrairement à celui de la CIPR n° 60 (1990) qui recommande un EBR identique à celui des gamma ou des rayonnements à faible TLE

- Efficacité Biologique Relative

  EBR = 1 à 2 (rayons X de 250 keV)

  EBR = 2 à 3 (gammas du ^{60}Co)

☞ Études sur cancers induits par le tritium (concentrations et débits de dose ++)

- Effets héréditaires

  Fréquence ~ 1×10^{-6}

  ☞ ovocytes de femmes consommant des produits de la Baie de Cardiff: 20 à 120kBq/kg

  (incidence spontanée: 3%)

Effets biologiques du tritium (1)

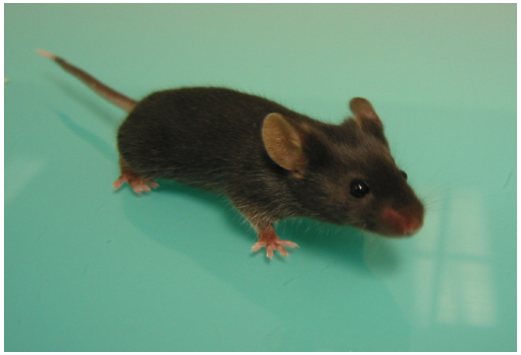
- **Etudes expérimentales *in vitro***

  - effets cellulaires précoces (aberrations chromosomiques, mort cellulaire radio-induite,…) sur des modèles variés, de la levure aux cellules humaines

  - EBR = 1 à 2 (voire 4 à 6)

  - **doses et débits de dose élevés (500MBq/mL ⇨2 cGy/min)**

Effets biologiques du tritium (2)



- **Etudes expérimentales *in vivo***

- **Induction de cancers:**
  - EBR entre 0,8 et 1,3
  - HTO: tumeurs hépatiques (mâles) et ovariennes (femelles) pour de fortes doses injectées (de 0,23 à 3,70 MBq/souris) (Yin, 2002)
  - OBT: fortes disparités expérimentales
- **Effets in utero:**
  - Le tritium (HTO ou OBT) traverse aisément la barrière placentaire
  - Chez le fœtus, HTO se répartit dans tous les tissus
  - études cinétiques, altérations fonctionnelles ou morphologiques du SNC (fonctions cognitives, comportement)
  - difficulté d'établir une réelle relation dose-effet sur la base de ces résultats ☞ différences en fonction des espèces et des protocoles expérimentaux

Effets du tritium chez l'Homme

- **effets non cancérogènes:**

- **intoxications chroniques dans l'industrie horlogère:**
2 décès par aplasie médullaire avec anémie profonde - notion d'exposition à d'autres radionucléides (^{226}Ra, ^{90}Sr)
- **Plusieurs cas d'intoxication aiguë à HTO** (35 GBq) traitées par diurèse forcée ou augmentation de l'apport hydrique (1 GBq) sans conséquence sur la santé
_ **Etude de Hunt et al. (2009):** excrétion urinaire d'HTO et OBT chez 5 volontaires ayant consommé des poissons plats (Solea solea) de la baie de Cardiff et contenant de l'OBT (3 à 6 kBq sur 100 jours)
⇨Période biologique: 4 à 11 j (hydrolyse rapide des OBT)
⇨Coefficient de dose à utiliser avec précaution

- **effets cancérogènes:**

- **études épidémiologiques (UK)**

Conclusions (1)

- **Radionucléide faiblement radiotoxique**

- **Bioaccumulation du tritium non démontrée** ⇨ réévaluation du modèle bio-cinétique actuel afin de prendre en compte la contribution d'OBT lors d'une exposition chronique
  Nouveau modèle biocinétique CIPR *(en cours)*
  3ème compartiment: faible impact sur les coefficients de dose

- **Forte densité d'ionisation de répartition hétérogène du tritium**
  ⇨ valeur de W_R à appliquer lors du calcul de la dose équivalente?
  ⇨ Ne pas inclure les émetteurs β de faible énergie dans des manips de calcul d'EBR classiques: à revoir en fonction du TLE moyen (Lambert, 2007) ⇨ microdosimétrie?
  ⇨ Pertinence de la dose pour estimer le risque d'une exposition au tritium: 5 à 95% d'incertitude (Harrison, 2002)

Conclusions (2)

- **Pas d'observation d'effets sur la santé**
  ☞ expérimentalement, effets + si concentrations élevées

- **Manque de données sur les effets d'expositions chroniques** (HTO ou OBT) **et sur les conséquences d'expositions à des concentrations environnementales** (de l'ordre de la centaine ou du millier de Bq/L).

- **Intérêt d'une analyse plus approfondie des effets du tritium (HTO et OBT) après exposition au cours du développement *in utero*** : difficultés dans l'analyse des études dues aux disparités expérimentales

- Problématique **microparticules tritiées** (ITER)

Merci de votre attention!