



Effets biologiques et sanitaires du Tritium

8 juillet 2021

**Journée d'échanges
IRSN**

ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

**Journée d'échanges
IRSN**

Les enjeux posés par les rejets de Tritium

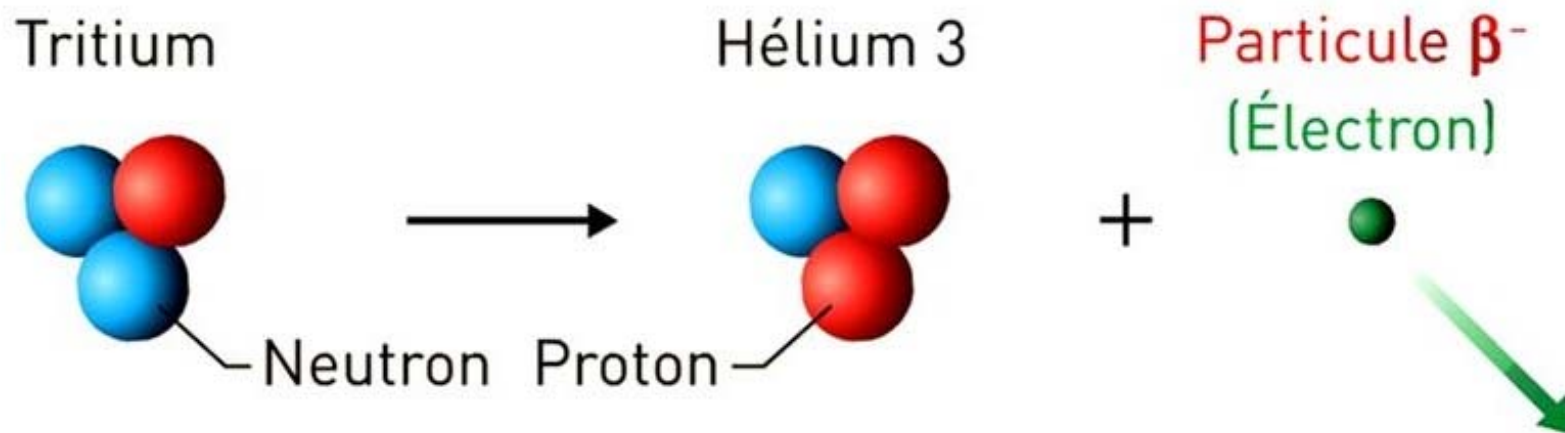
Exemples de rejets liquides en tritium :

Rejets liquides tritium	Installation nucléaire	Limites réglementaires (GBq)	Rejets effectifs 2020 (GBq)
Usine de retraitement	ORANO La Hague	18 500 000	11 400 000
CNPE littoral	PENLY (2x1300 MWe)	80 000	50 600
CNPE continental	Belleville (2x1300 MWe)	60 000	51 376

Exemples de rejets atmosphériques en tritium :

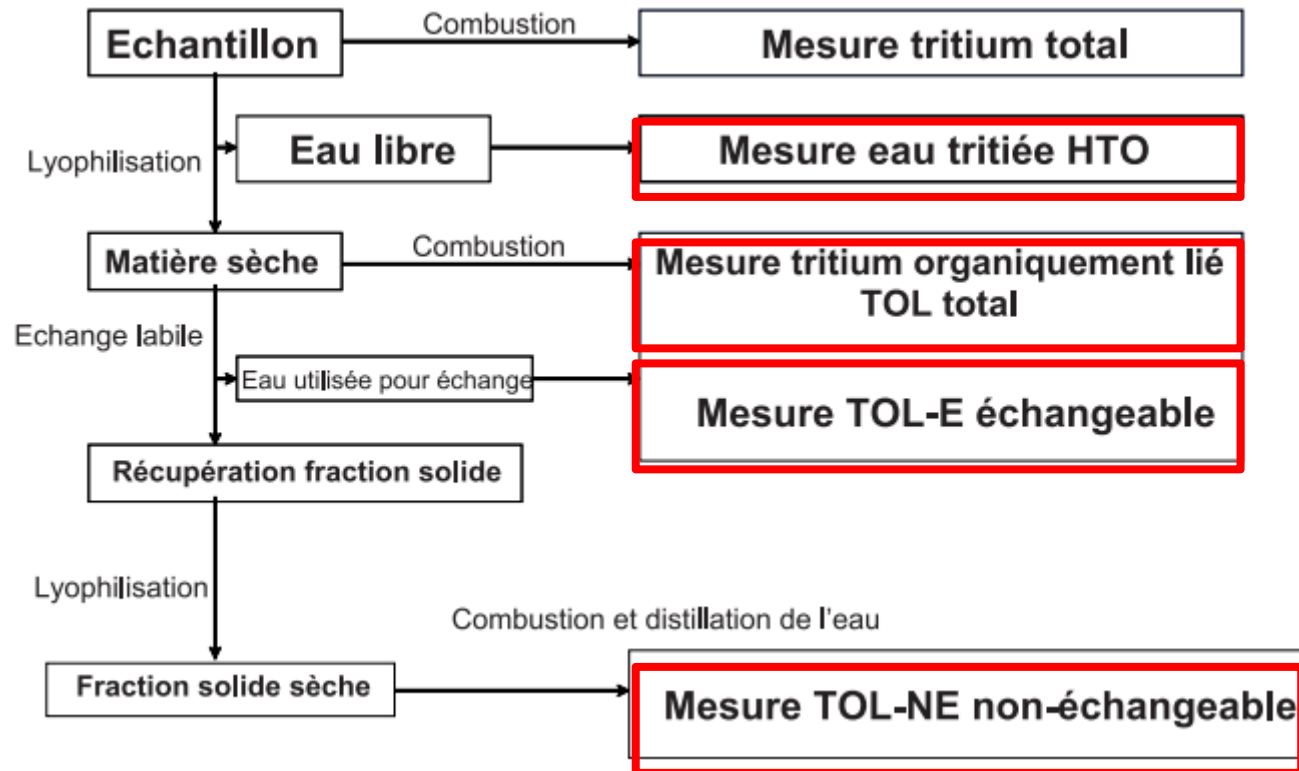
Rejets gazeux tritium	Installation nucléaire	Limites réglementaires (GBq)	Rejets effectifs 2020 (GBq)
Usine de retraitement	ORANO La Hague	150 000	58 100
CNPE littoral	PENLY (2x1300 MWe)	8 000	727
CNPE continental	Belleville (2x1300 MWe)	5 000	1 125

Données physiques sur le Tritium



- ❑ Le tritium est l'isotope radioactif de l'Hydrogène
- ❑ C'est une émetteur Bêta- (avec 100% d'émission)
- ❑ β^- de E_{\max} : 18,6 keV (et E_{moy} : 6 keV)
- ❑ Période physique : 12,3 ans
- ❑ Parcours dans l'air \approx 5 mm
- ❑ Parcours dans l'eau \approx 6 μm

Les différentes formes du Tritium



Pour faire simple, on distinguera :
le ^3H libre [**HTO**] et le ^3H -organique [**TOL**]

Le transfert du Tritium vers le vivant

Bioaccumulation / Bioamplification ?..

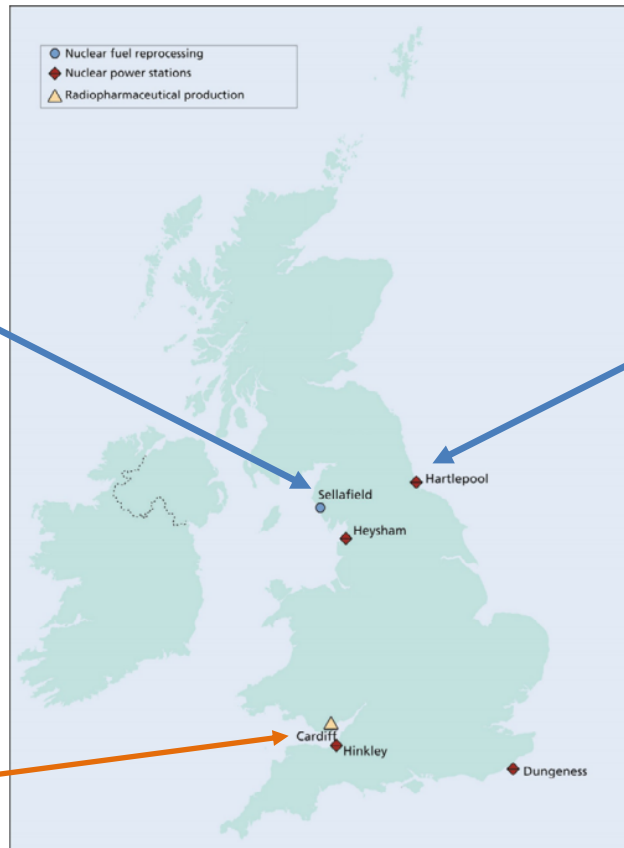
FC : facteur de concentration
[Bq.kg⁻¹/Bq.L⁻¹]

Sellafield

FC ≈ 10 (plies et moules)

Baie de Cardiff

FC > 7000 (carrelets)
FC > 4000 (moules)



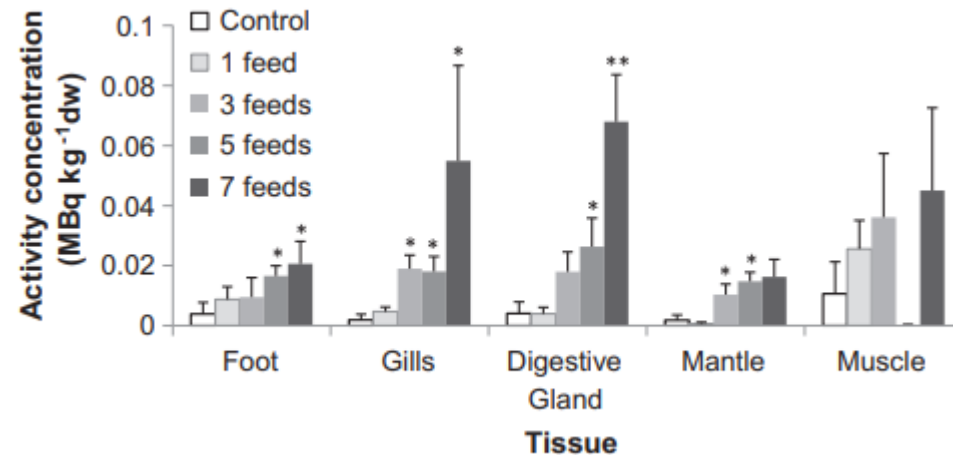
Hartlepool

FC ≈ 5 (plies)
FC ≈ 15 (bigorneaux)
FC > 45 (moules)

Bioaccumulation / Bioamplification ?..

Le concept de **Bioamplification** fait intervenir une **chaîne trophique**

- Culture de phytoplancton en présence de HTO pdt 2 sem.
- Traitement pour conserver TOL
- Alimentation de lots de moules tous les 3 jours



Incorporation du 3H-TOL de façon linéaire en relation avec le nombre de « repas » ⇔ « bioaccumulation »

Bioaccumulation of tritiated water in phytoplankton and trophic transfer of organically bound tritium to the blue mussel, *Mytilus edulis*

Benedict C. Jaeschke*, Clare Bradshaw

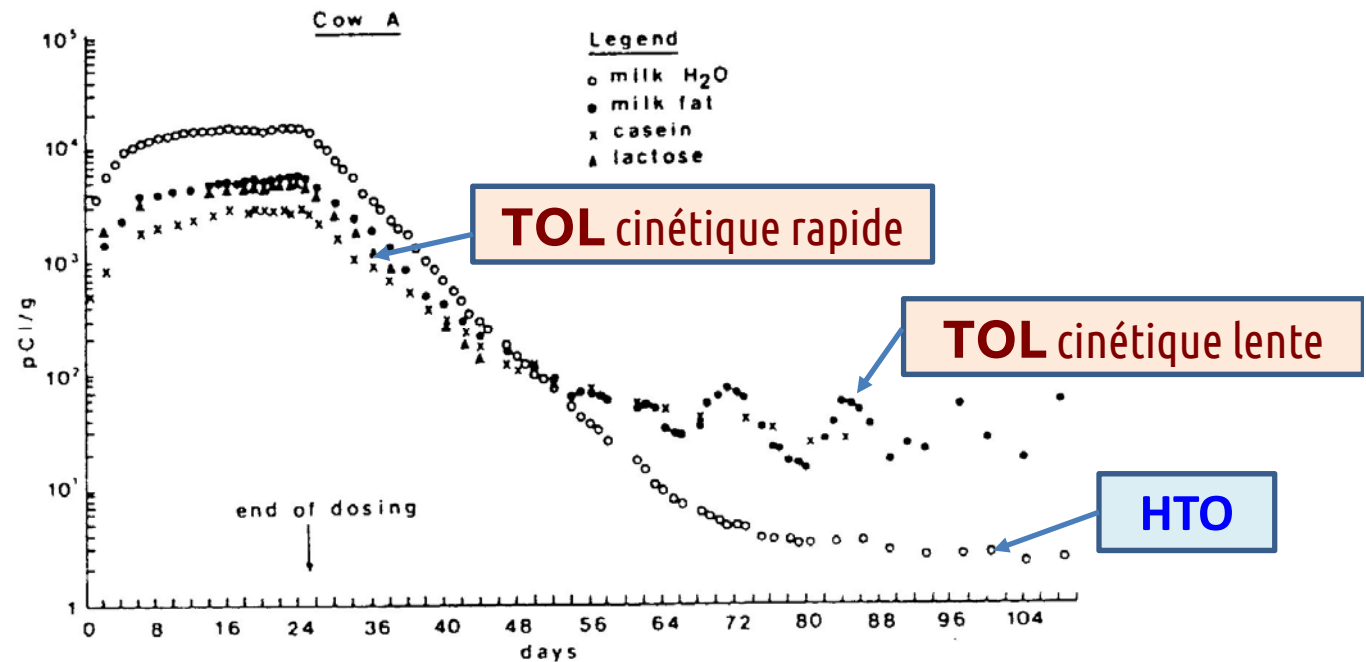
Department of Systems Ecology, Stockholm University, SE-106 91 Stockholm, Sweden

Pour illustration : animal consommant HTO

Deux vaches
allaitantes sont
abreuvées avec HTO
pdt 25 jours

Etat d'équilibre atteint
au bout de 18 jours

La conc ^3H dans les urines
et l'eau du lait $\approx 82\%$
conc ^3H de la boisson



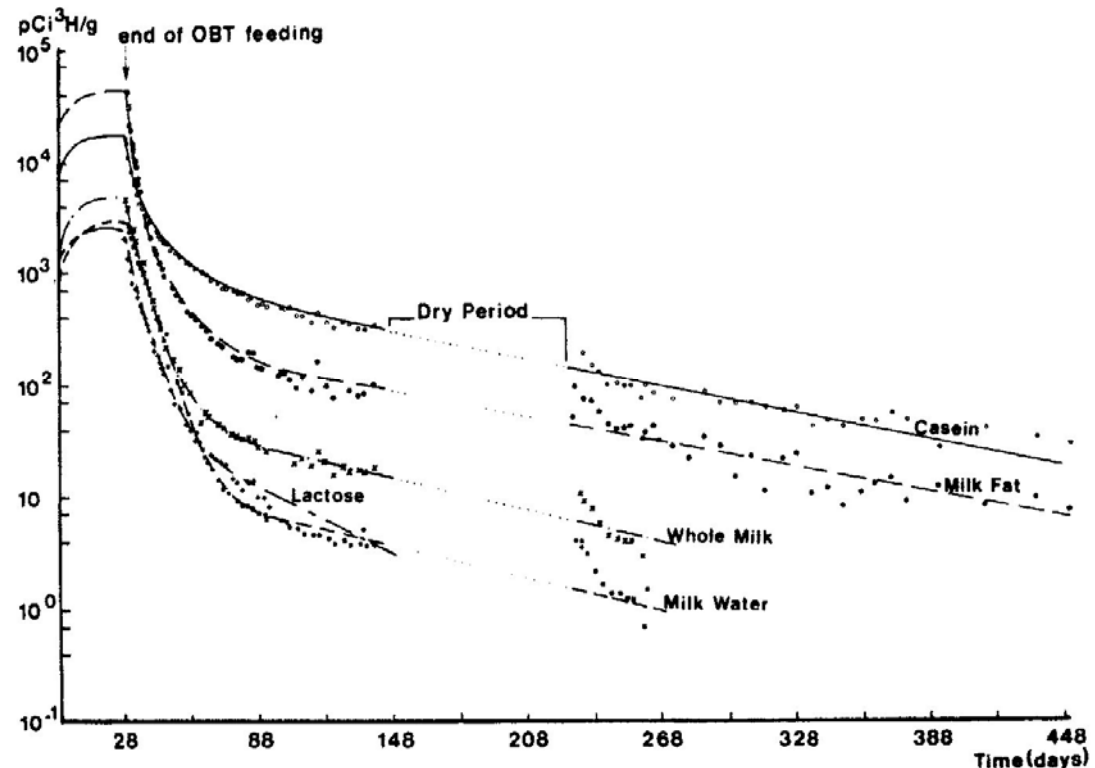
- Chaque jour, 1,5% du ^3H ingéré se retrouve dans 1 L de lait (majoritairement dans la phase aqueuse)
- Pour la cinétique lente => T_B respectives de 44 j. (eau du lait), de 225 j. (matière grasse) et 24 j. (caséine)

Pour illustration : animal consommant OBT

Deux vaches allaitantes
sont nourries avec du
foin TOL pdt 28 jours

Une vache sera suivie
pendant 450 jours (graphe)

Le ^3H continuera d'être
observé dans la caséine
et la matière grasse
durant la seconde
période de lactation



Cinétique d'épuration faisant apparaître 3 composantes.

Pour la composante lente => T_B de **88 j.** (matière grasse), de **82 j.** (caséine), **34 j.** (lactose) et de **68 j.** (eau du lait)

Les effets biologiques du Tritium

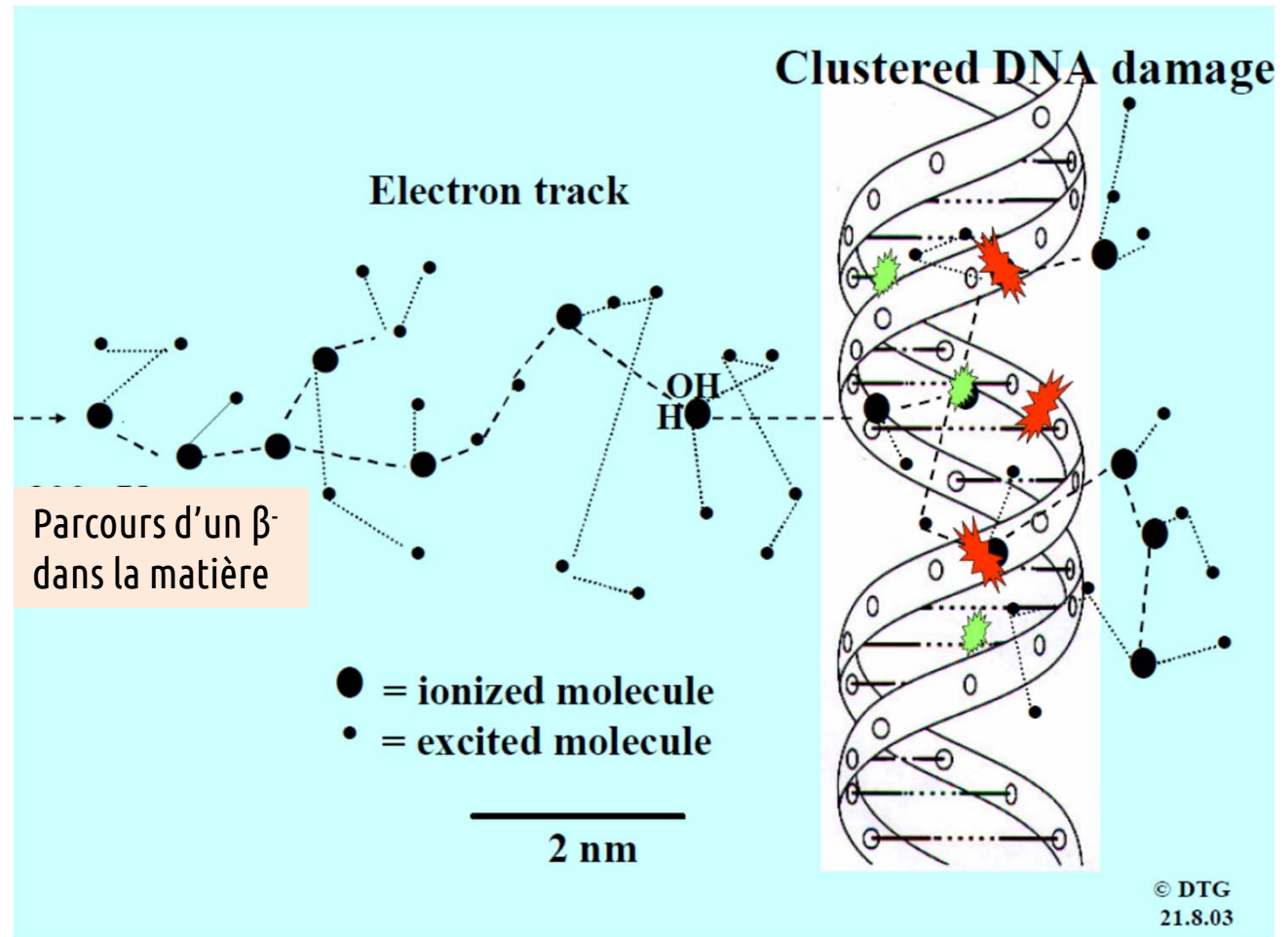
Quelle prise en compte dans le
champ de la radioprotection

L'action moléculaire du Tritium

Les effets biologiques du Tritium à l'échelle moléculaire ne se distinguent pas des effets communément admis pour les radiations ionisantes

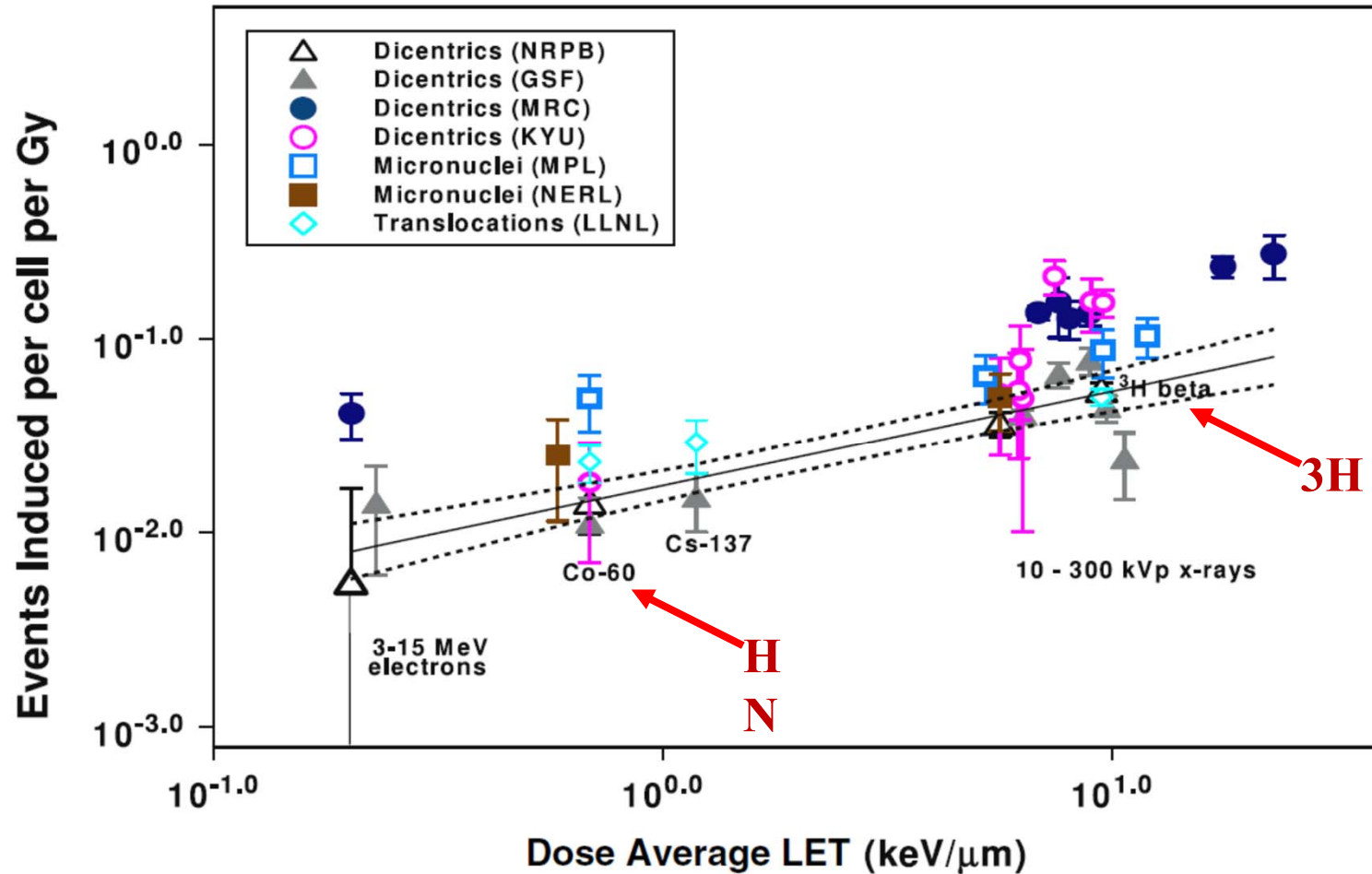
- ❑ Lésions chimiques (directes ou par ROS)
- ❑ Pontages
- ❑ Ruptures SSB et DSB

MAIS la question qui fait débat est celle de son **efficacité biologique relative**

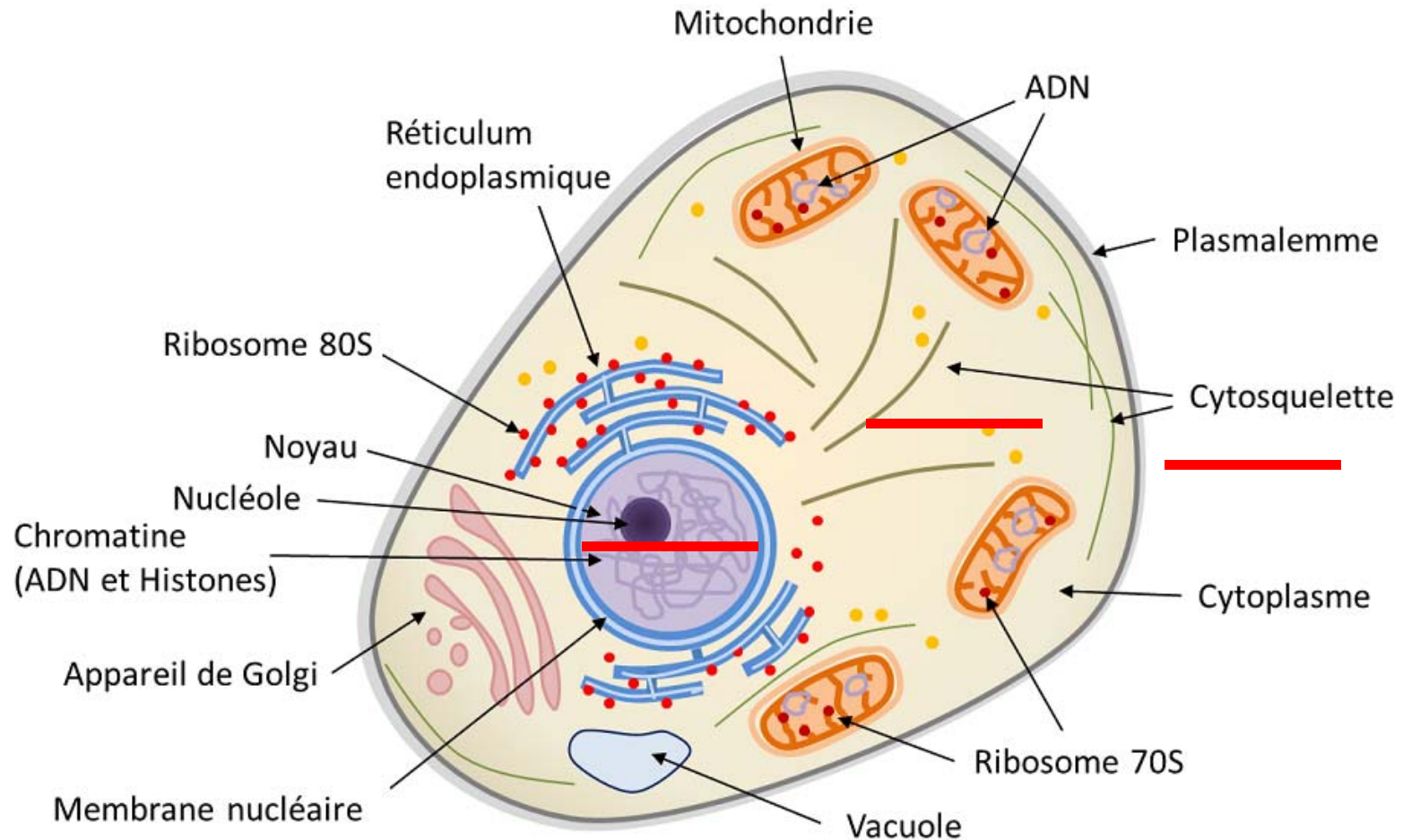


Les facteurs de pondération W_R en question...

Dose
physique
↓
 W_R
↓
Dose
Biologique



Parcours du Tritium



Le facteur de pondération des rayonnements

Dose absorbée
[D (Gy)]

Dose physique



Dose équivalente
[H_T (Sv)]

Dose biologique
(tissu / organe)



Dose efficace
[E (Sv)]

Dose biologique
(corps entier)

Le dépôts d'énergie par ionisations

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Dépôt d'énergie par unité de parcours dans la matière

Nature	Bêtas [³ H]	Ray. X (250 kV)	Gammas [⁶⁰ Co]
TLE (keV/μm)	4,7	1,7	0,22

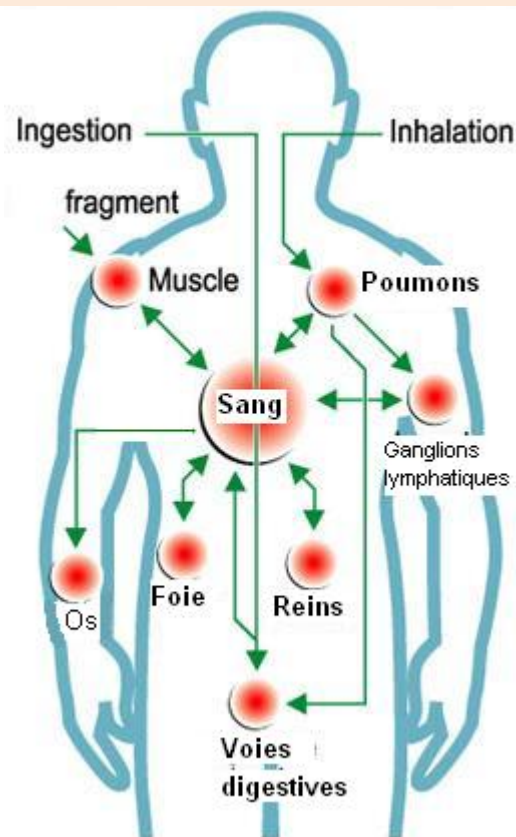
Les données expérimentales indiquent pour ³H :

- ✚ un W_R de 1,5 à 2 (par comparaison aux RX)
- ✚ un W_R de 2 à 4 (par comparaison aux Ray. Gamma)

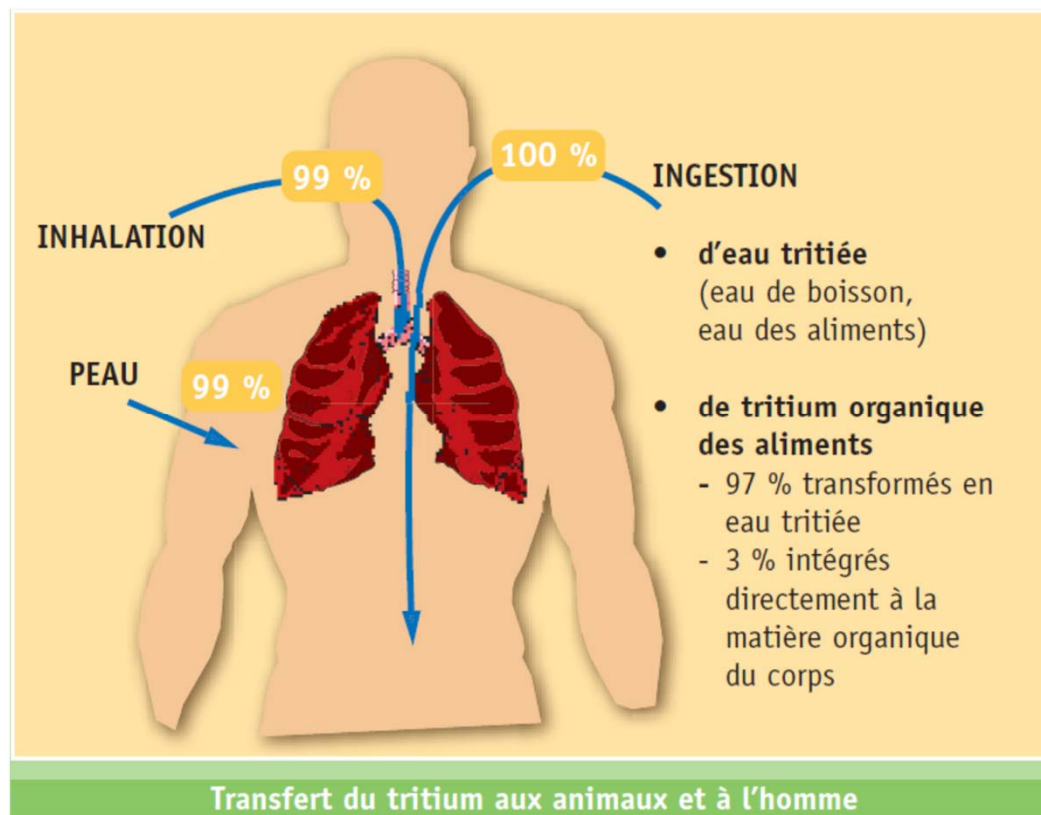
Or, la CIPR a fixé arbitrairement un $W_R = 1$ pour l'ensemble des rayonnements bêta quels qu'ils soient

Le tritium et les autres radionucléides

Nombre de radionucléides ont des tissus cibles dans le corps humain



Quand au Tritium, il se répartit dans tout le corps



La question du Tritium organique

- ^3H peut se comporter comme l'eau et être en équilibre avec l'eau du corps HTO
- ^3H peut aussi s'incorporer dans la matière organique => forme OBT

Données biocinétiques pour l'homme consommant de l'eau tritiée (HTO) selon la CIPR

Compartiment	Fraction incorporée (%)	Période biologique (jours)
A	97% [HTO]	10
B	3% [TOL]	40

Données biocinétiques pour l'homme consommant du ^3H -OBT selon la CIPR

Compartiment	Fraction incorporée	Période biologique
A	50% [HTO]	10 j
B	50% [TOL]	40 j

Baie de Cardiff [HODGSON, 2005]

Période biologique
10 j
100 j

L'ingestion de produits organiques tritiés est un facteur aggravant parfois très élevé
=> la thymidine tritiée est environ 10.000 fois plus radiotoxique que l'eau tritiée

La question des coefficients de dose

Coefficient de dose efficace engagée par unité incorporée par ingestion (Sv.Bq⁻¹) pour la population (*)

	≤ 1 an	1-2 ans	2-7 ans	7-12 ans	12-17 ans	adulte
Eau tritiée	6,4.10 ⁻¹¹	4,8.10 ⁻¹¹	3,1.10 ⁻¹¹	2,3.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹¹	1,8.10 ⁻¹¹
TOL	1,2.10 ⁻¹⁰	1,2.10 ⁻¹⁰	7,3.10 ⁻¹¹	5,7.10 ⁻¹¹	4,2.10 ⁻¹¹	4,2.10 ⁻¹¹

(*) : Directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996

T. Masuda et al. (2021) ont administré à des volontaires des composés organiques marqués au Deutérium (D en substitution de 3H).

Ils en déduisent des coefficients DPUI > à ceux retenus par la CIPR :

- [D]-acide palmitique => de 3,2.10⁻¹¹ à 35.10⁻¹¹ Sv.Bq⁻¹
- [D]-soja => de 1,9.10⁻¹¹ à 18.10⁻¹¹ Sv.Bq⁻¹

Autres questions spécifiques liées au Tritium

La transmutation du tritium

- Lorsqu'un atome [^3H] se désintègre en émettant une particule bêta, il se **transforme en [He]** (hélium)
- Pour le tritium organique, cette transmutation conduit à la formation d'un carbone ionisé
- Des expérimentations portant sur l'incorporation de bases pyrimidiques tritiées dans différents types de cellules ont démontré un **rôle mutagène de cette transmutation**
- Des auteurs utilisant de la thymidine tritiée sur des cellules humaines ont pu établir que 31% des **ruptures monocaténares** produites sur l'ADN seraient associées à ce phénomène de transmutation .

Autres questions spécifiques liées au Tritium

✚ L'effet isotopique du Tritium

- ❑ La différence de masse atomique entre des isotopes d'une même famille conduit à ce qui est communément appelé un « **effet isotopique** »
- ❑ La différence de masse entre le tritium et l'hydrogène (un facteur 3) est susceptible de produire un **effet discriminant entre ces deux éléments**.
- ❑ Données scientifiques suggèrent une **concentration renforcée de tritium** au niveau de la **couche d'hydratation intimement liée à l'ADN**.
- ❑ Des auteurs ont montré un enrichissement d'eau tritiée liée à des macromolécules :
 - ↳ Cet enrichissement en tritium est d'un **facteur 1,4** pour l'eau d'hydratation des **protéines**
 - ↳ et d'un **facteur 2** pour l'eau **d'hydratation de l'ADN**

Impact sanitaire et impact sur l'environnement

Si l'évaluation d'un impact sanitaire est utile, pour l'ACRO, on ne peut admettre un pilotage des rejets radioactifs dans l'environnement (« droit à polluer ») par le seul prisme du risque sanitaire établi ou même suspecté

Tout citoyen et tout être vivant a le droit à un environnement propre

Enfin, l'absence d'une preuve établie dans une relation de cause à effet ne peut constituer la preuve de l'absence de cette même relation

Accords de Sintra (1998)



"Parvenir en 2020 à des niveaux où l'excédent des teneurs en substances radioactives résultant des rejets soit proche de zéro "

Le droit à un environnement propre

Commission européenne - Questions et réponses



Questions-réponses sur le plan d'action «zéro pollution»

Bruxelles, le 12 mai 2021

« Le pacte vert pour l'Europe a fixé l'ambition d'atteindre l'objectif «zéro pollution» d'ici à 2050, afin que nous puissions tous vivre dans un environnement exempt de substances toxiques »





ACRO



ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST



Site Web
acro.eu.org

138 Rue de l'Église
14200 Hérouville St Clair
France



 acro@acro.eu.org

+33 (0)2 31 94 35 34



Laboratoire agréé - Expertise indépendante - Veille citoyenne



acro.eu.org

fukushima.eu.org

