

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Tritium : Origine et comportement dans l'environnement

Philippe Renaud

Réunion publique sur le tritium organisée par la CLI de Cadarache le

3 octobre 2008



Système de management  
de la qualité IRSN certifié

# Le tritium

## ■ Un des trois isotopes de l'hydrogène

PROTIUM $^1\text{H}$	(hydrogène)	99,98 %	stable
DEUTÉRIUM $^2\text{H}$	ou D	0.02 %	stable
TRITIUM $^3\text{H}$	ou T	1 $^3\text{H}$ cosmogénique pour $10^{18}$ $^1\text{H}$ (définition de l'UT)	radioactif

■ Émetteur  $\beta^-$  de faible énergie : 18 keV ( $^{137}\text{Cs}$  : 510 keV)

■ Période radioactive : 12,43 ans

## ■ Origine

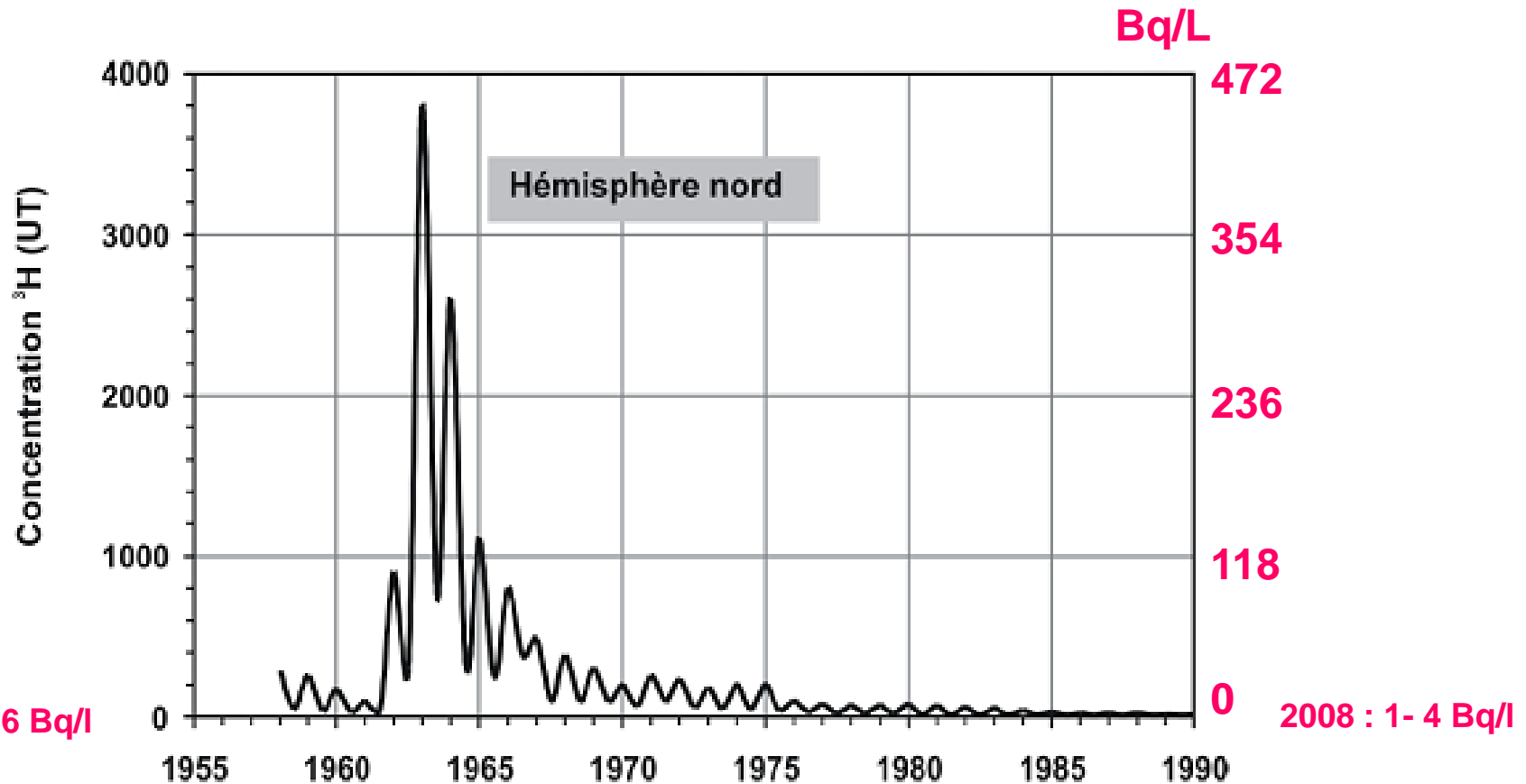
- naturelle : Action des rayonnements cosmiques sur l'azote, l'oxygène et l'argon de l'air  
⇒ 74 PBq/an
- Origine artificielle :
  - Explosions nucléaires atmosphériques ⇒ 186 000 PBq (1954-1963)
  - Industrie nucléaires civile et militaire ⇒ 14 PBq/an (actuellement)

**Rejets annuels français = 1/5<sup>ème</sup> du cosmogénique (naturel)**

**= 1/10 000<sup>ème</sup> des essais nucléaires**

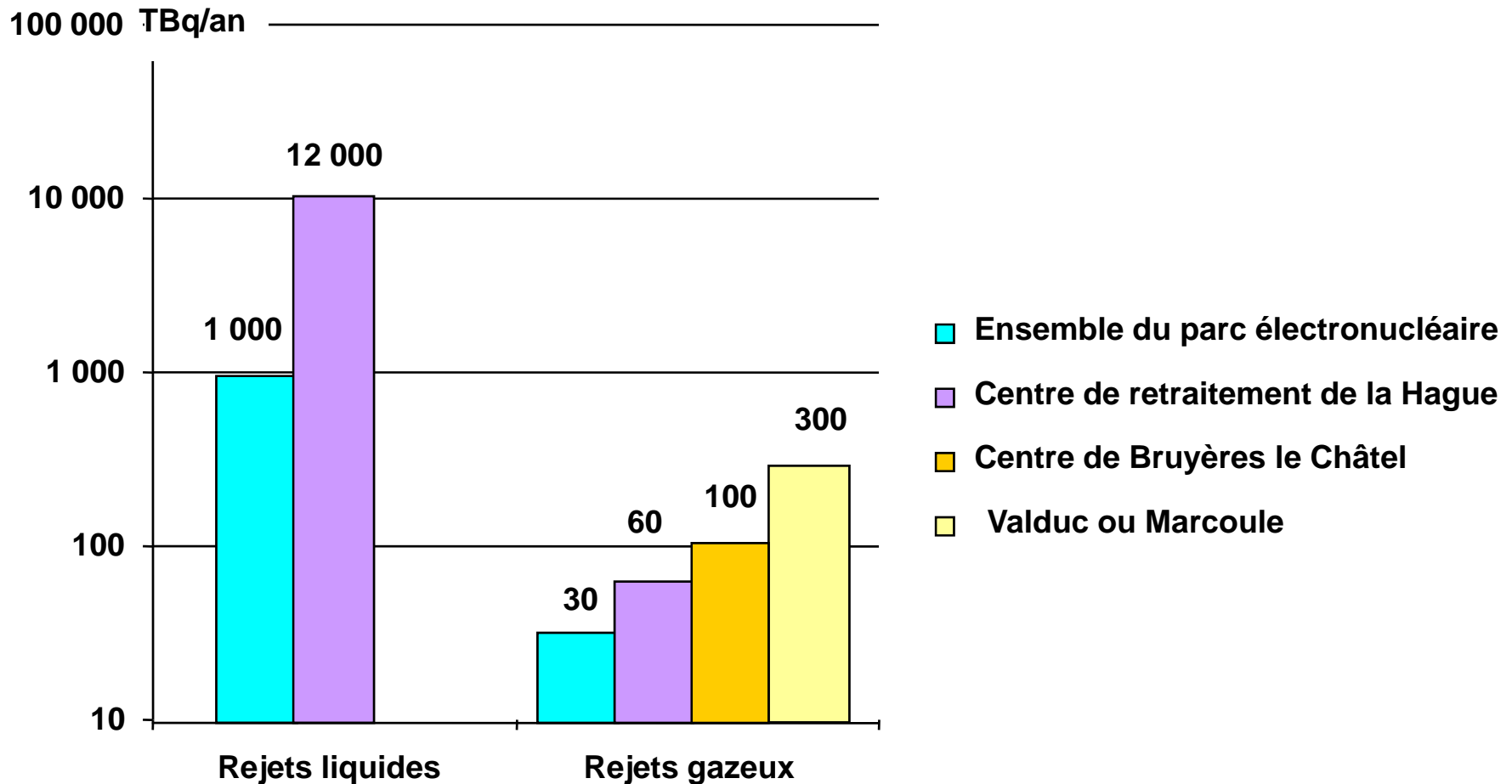
(1 PBq =  $10^{15}$  Bq = un million de milliard de Bq)

# Évolution du tritium atmosphérique depuis 1945



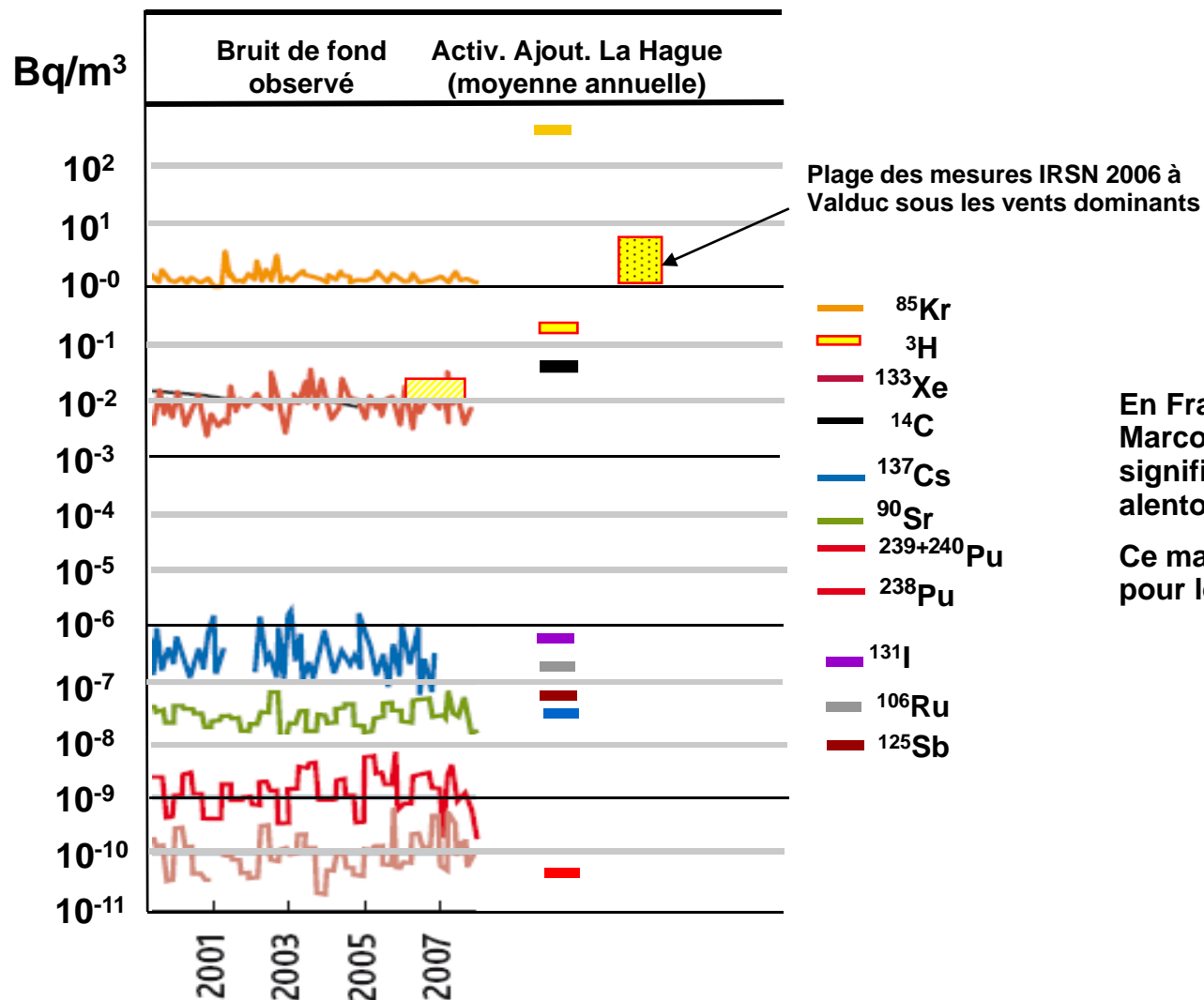
Courbe lissée représentant la teneur moyenne en  $^3\text{H}$  des précipitations au-dessus de la surface continentale de l'hémisphère Nord. *Source = AIEA Isotope hydrology, 2006*

# Tritium rejeté par l'industrie nucléaire française



Téra-becquerel : 1 TBq =  $1 \times 10^{12}$  Bq (1 000 milliards)

# La situation atmosphérique actuelle : Bruit de fond observé / marquage mesuré ou potentiel



En France, les installations de Valduc, Marcoule et La Hague marquent très significativement l'air en tritium aux alentours (et donc leur environnement)

Ce marquage n'est pas clairement visible pour les CNPE

# Comportement (et formes) du tritium dans l'environnement

- **L'hydrogène est un constituant de l'eau (H<sub>2</sub>O)**
- **L'hydrogène est un constituant majeur de la matière organique (CHONP)**

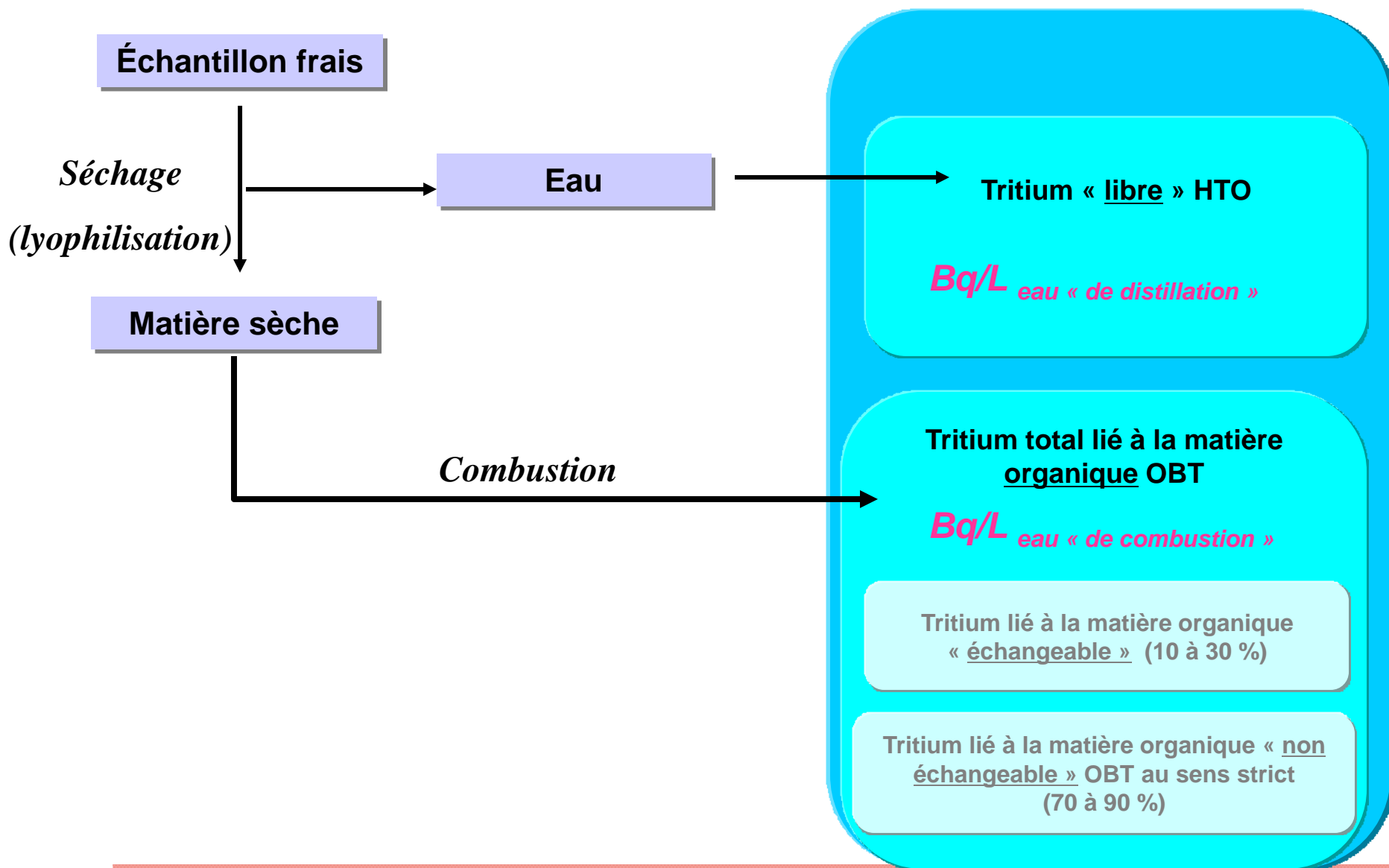
Dans un organisme vivant le tritium est donc présent sous 2 formes :

- **l'eau tritiée (HTO) ou « tritium libre »,  
en anglais « TFWT pour Tissue Free Water Tritium »**
- **La matière organique tritiée ou « tritium lié »  
en anglais « OBOT pour Organically Bound Tritium »,  
ou « TBT pour Tissue-Bound-Tritium »**

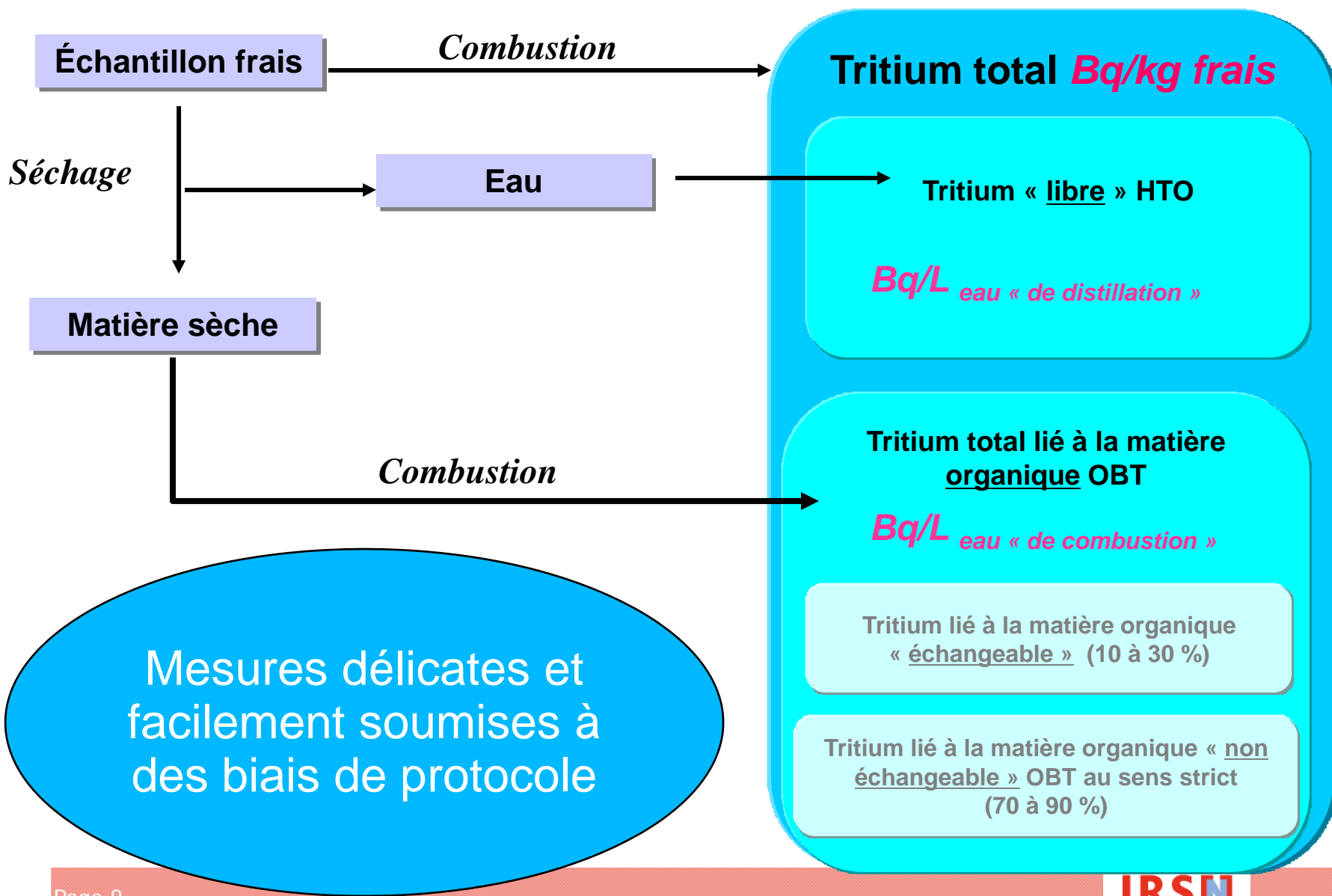
Une partie de ce tritium « lié » à la matière organique peut « passer » facilement dans l'eau, il est dit « échangeable » ; il est souvent assimilé au tritium libre

L'appellation de « tritium liée, OBOT » est alors réservée à la fraction « non échangeable »

# Formes du tritium dans l'environnement et protocoles de mesure

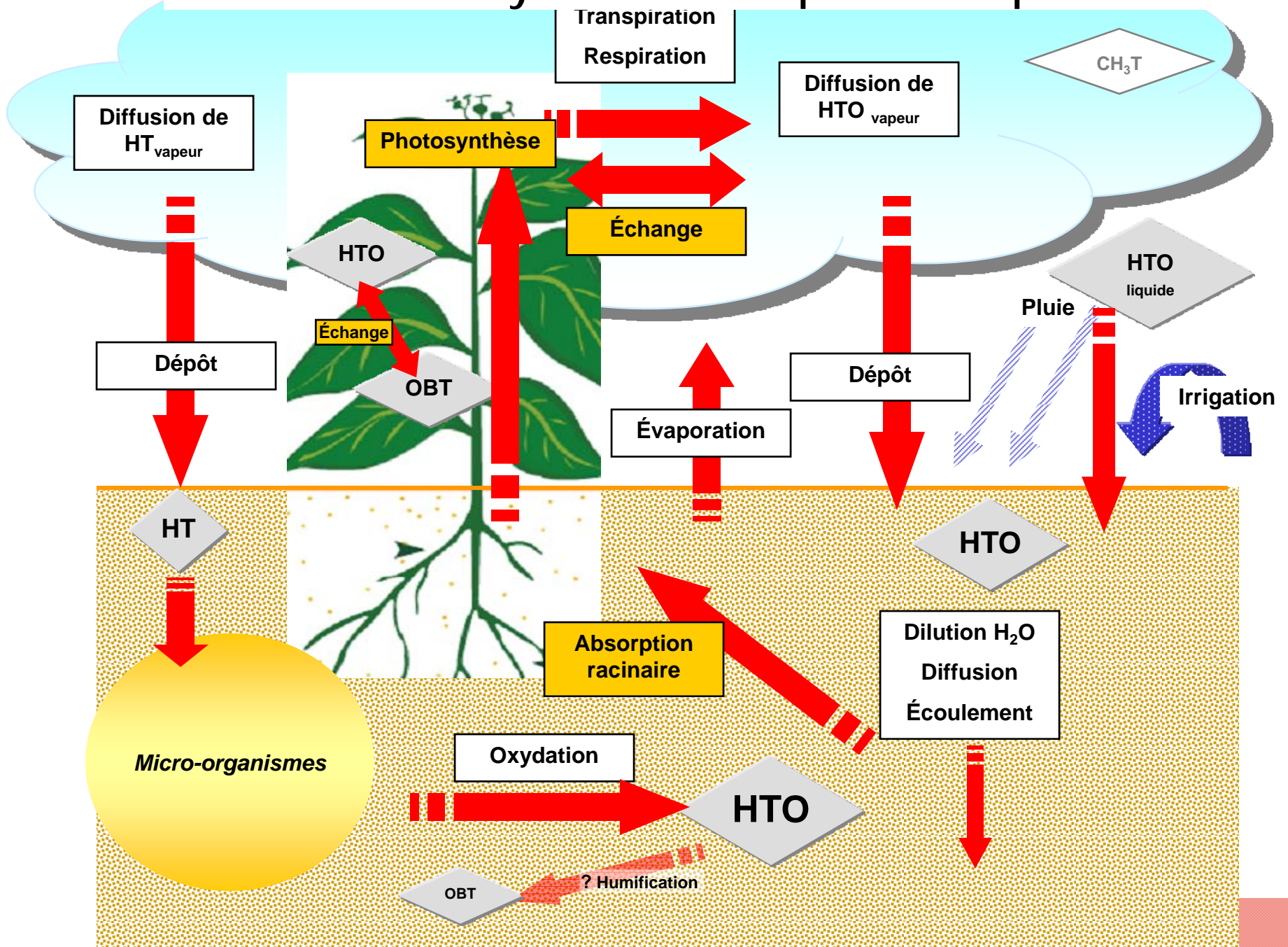


# Formes du tritium dans l'environnement et protocoles de mesure





# Tritium dans le système atmosphère-sol- plante...



## Le tritium dans les milieux physiques (air et eau) et dans les végétaux (terrestres ou aquatiques)

- Échanges permanents ( $^3\text{H} / ^1\text{H}$ ) vers l'équilibre avec des cinétiques rapides (minutes, heures), et variabilité avec de nombreux paramètres agro-climatiques (températures, humidités, saison, jour-nuit...)
- Suit le cycle de l'eau
- Incorporation à la matière organique lors de la photosynthèse
- Un rapport OBT/HTO (Bq/l d'eau de combustion par Bq/l d'eau de desiccation), de l'ordre de 1
- Si déséquilibre OBT/HTO  $\Rightarrow$  Rémanence (litière des sols, cernes des arbres)

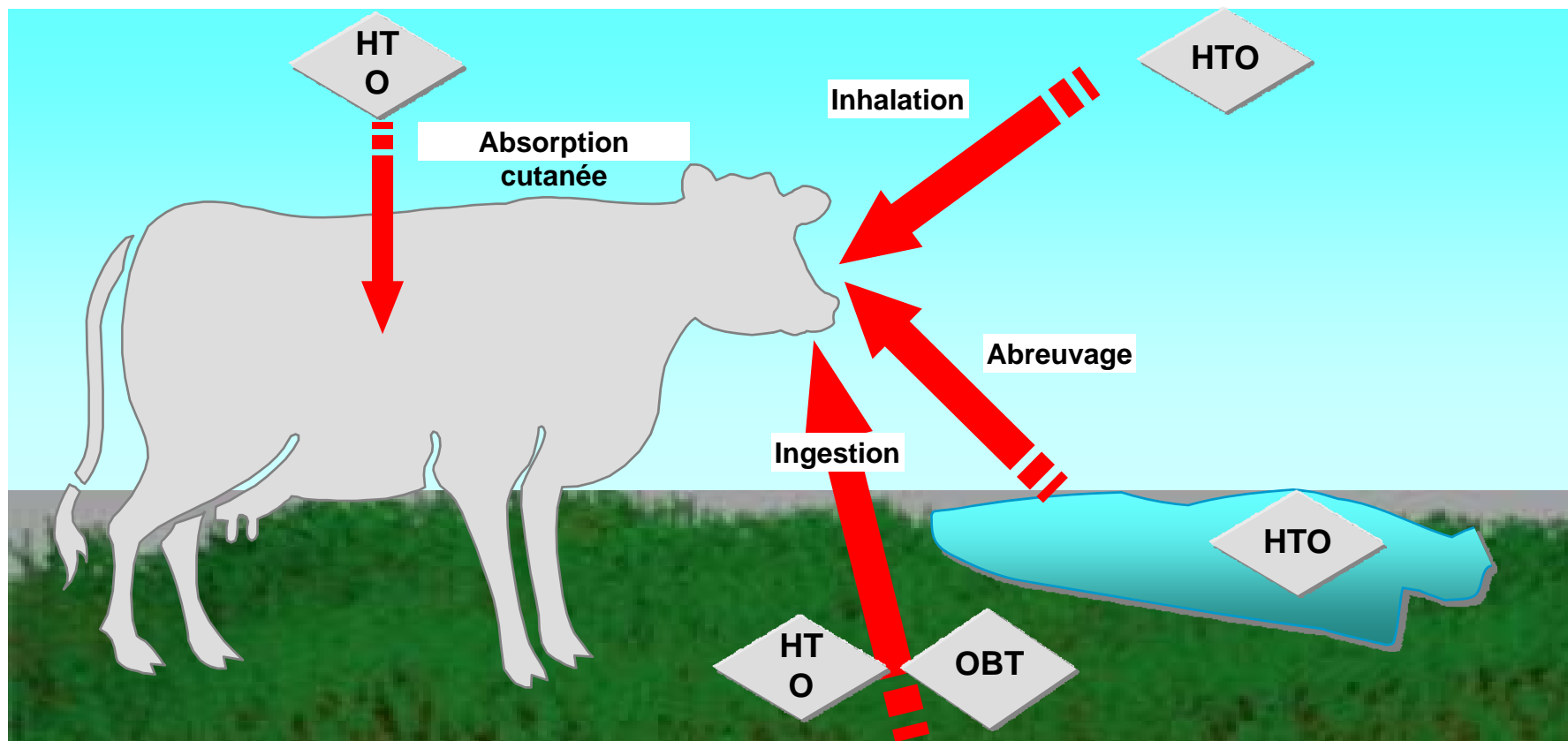
Connaissances satisfaisantes (mais pas pléthoriques),

Bonne cohérence entre la compréhension des mécanismes, les modèles déduits et les observations (mesures) faites dans l'environnement

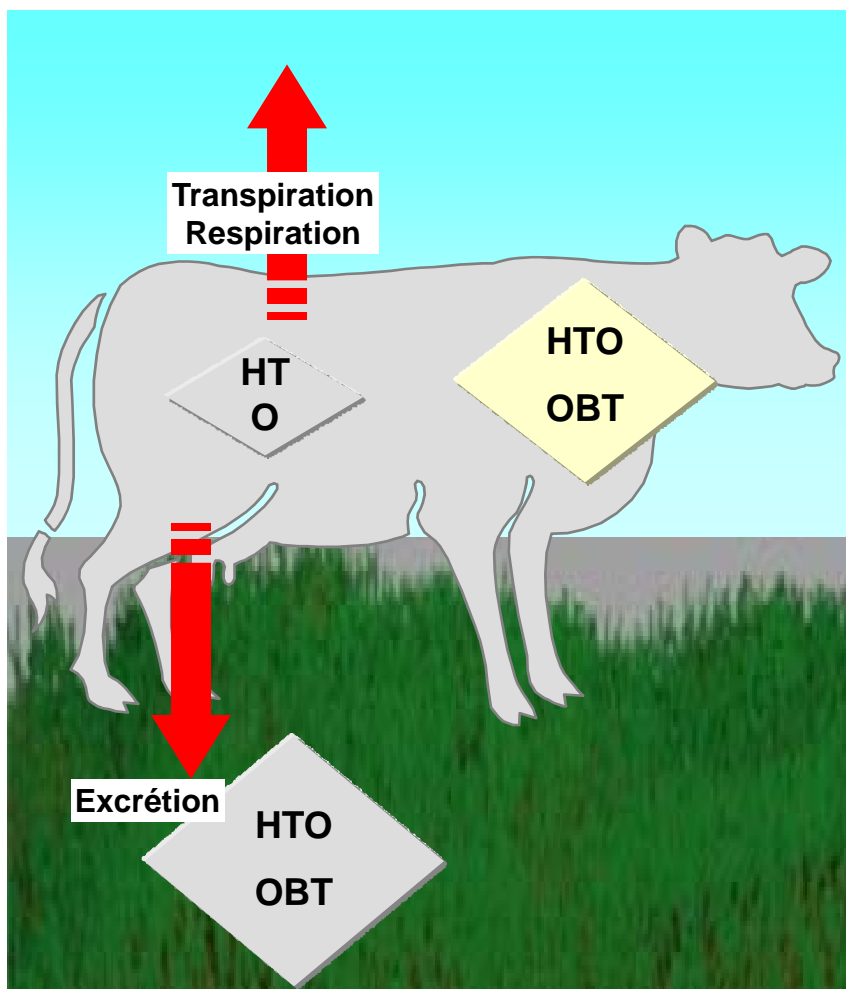
Point faible :

- Comportement de l'hydrogène tritié (HT) et du méthane tritié ( $\text{CH}_3\text{T}$ ) : cinétique vers HTO mal connue

# Le tritium dans les animaux : incorporation



# Le tritium dans les animaux : assimilation, élimination



## Incorporation de HTO

- La majeure partie (près de 100%) du HTO incorporé, est assimilée rapidement et transférée à l'ensemble de l'organisme,
- Une petite fraction (1%) du HTO assimilé se lie à la matière organique (devient OBT)

## Ingestion d'OBT

- La fraction de l'OBT ingérée qui est assimilée, l'est sous la forme d'eau tritiée (après oxydation) ou de petites molécules organiques
- Quelques % (4%) de l'OBT assimilé reste incorporée à la matière organique

## Élimination HTO + OBT

- 97% du tritium assimilé (OBT+HTO) est éliminé avec une période de quelques jours : urine, fèces, vapeur d'eau exhalée et transpirée
- 3% avec une période de quelques dizaines à quelques centaines de jours

## Le tritium dans les animaux : Grandes lignes et points faibles

- Peu de données (beaucoup moins que pour l'air, le sol et les végétaux) au regard de la complexité et de la variabilité
- Variabilité importante d'une espèce animale à l'autre, en fonction de l'âge de l'individu, des denrées consommées...
- Le plus souvent relatives à des incorporations expérimentales ponctuelles (pas chroniques)

Néanmoins sur la base des connaissances disponibles et dans les conditions d'activités environnementales "normales"

- Une élimination rapide (qq jours) de l'essentiel du tritium ingéré (seulement qq % avec une période plus longue)
- Pas de phénomènes susceptibles d'engendrer à terme une "bio accumulation" significative

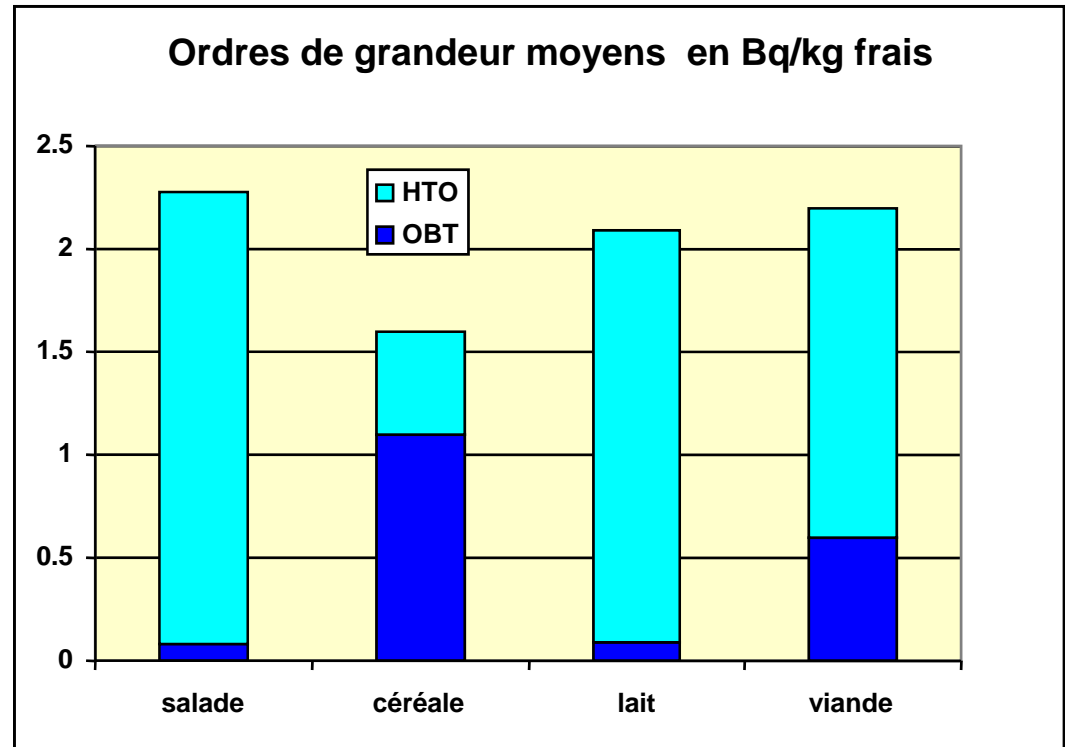
# Tritium en « Bq/kg frais » dans les denrées

## Concentrations en HTO et OBT

de l'ordre de 1 à 3 Bq/L d'eau de distillation ou de combustion

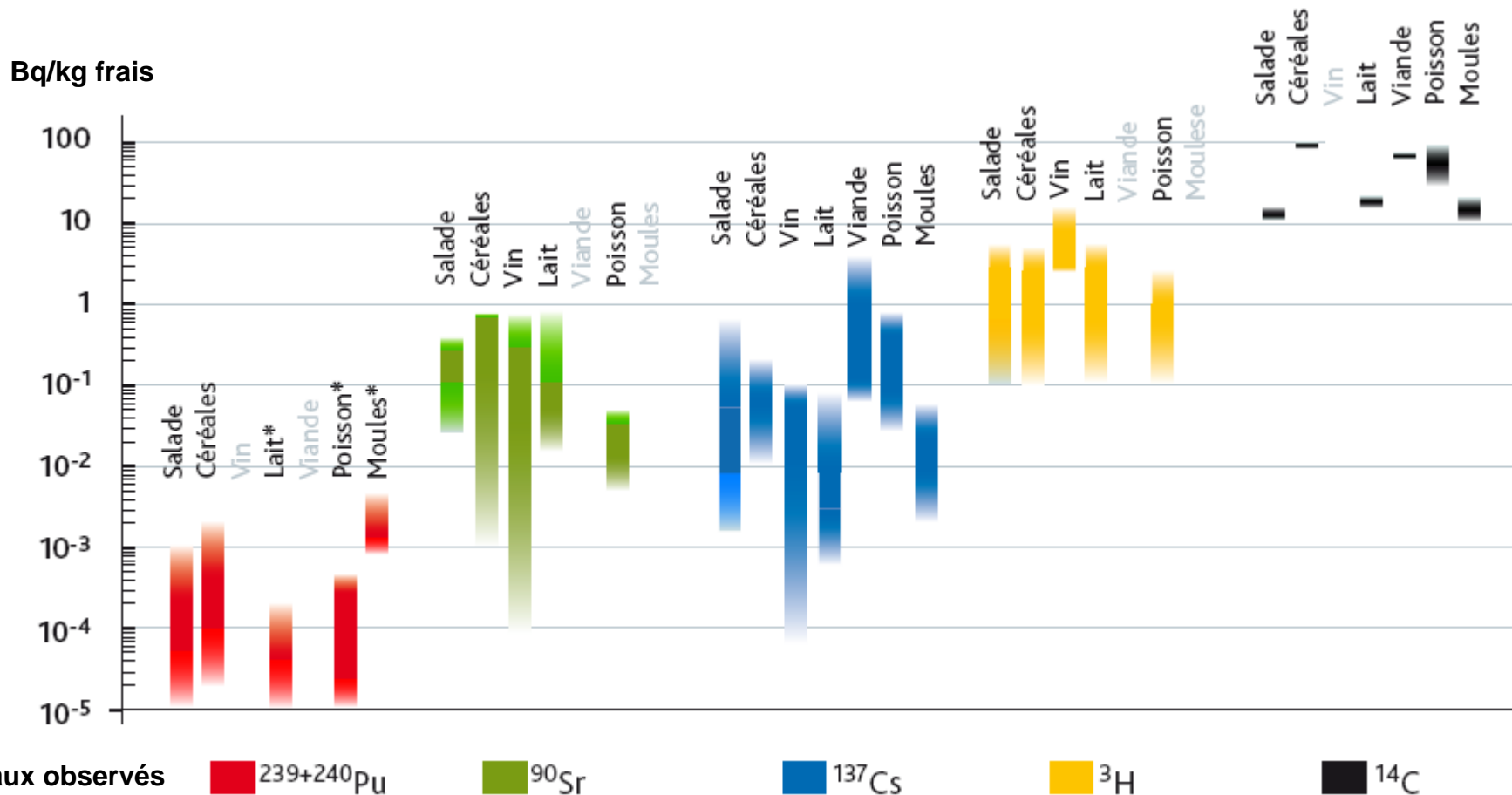
(bruit de fond, plus sous influence d'une installation nucléaire)

En moyenne, 1 à 3 Bq/kg frais



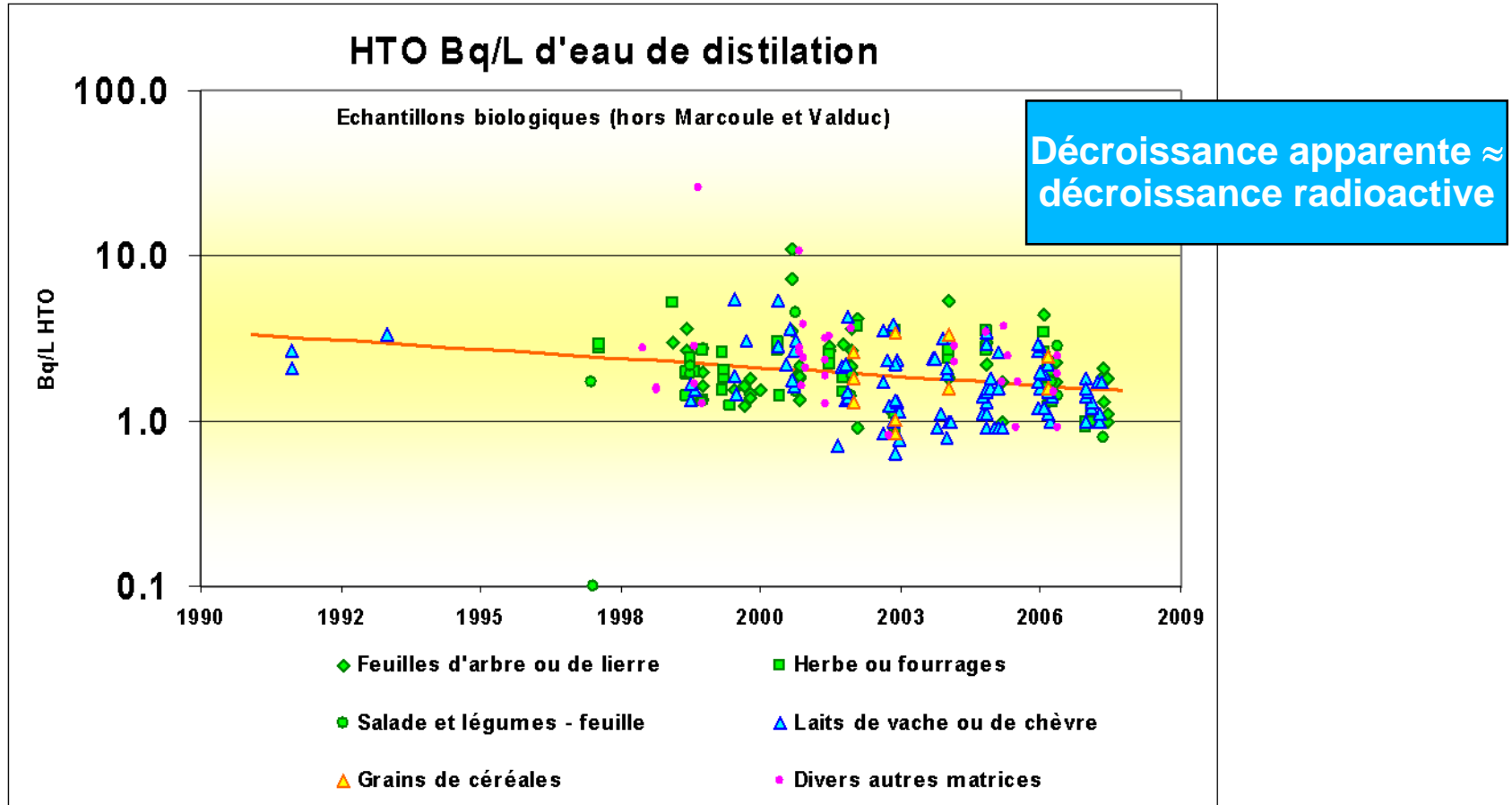
L'activité du tritium exprimée par en Bq/kg frais dépend de la teneur en eau du produit

# Les niveaux d'activités observés dans quelques denrées :



\* Poissons de fleuve ; lait de vache et Moules de méditerranée

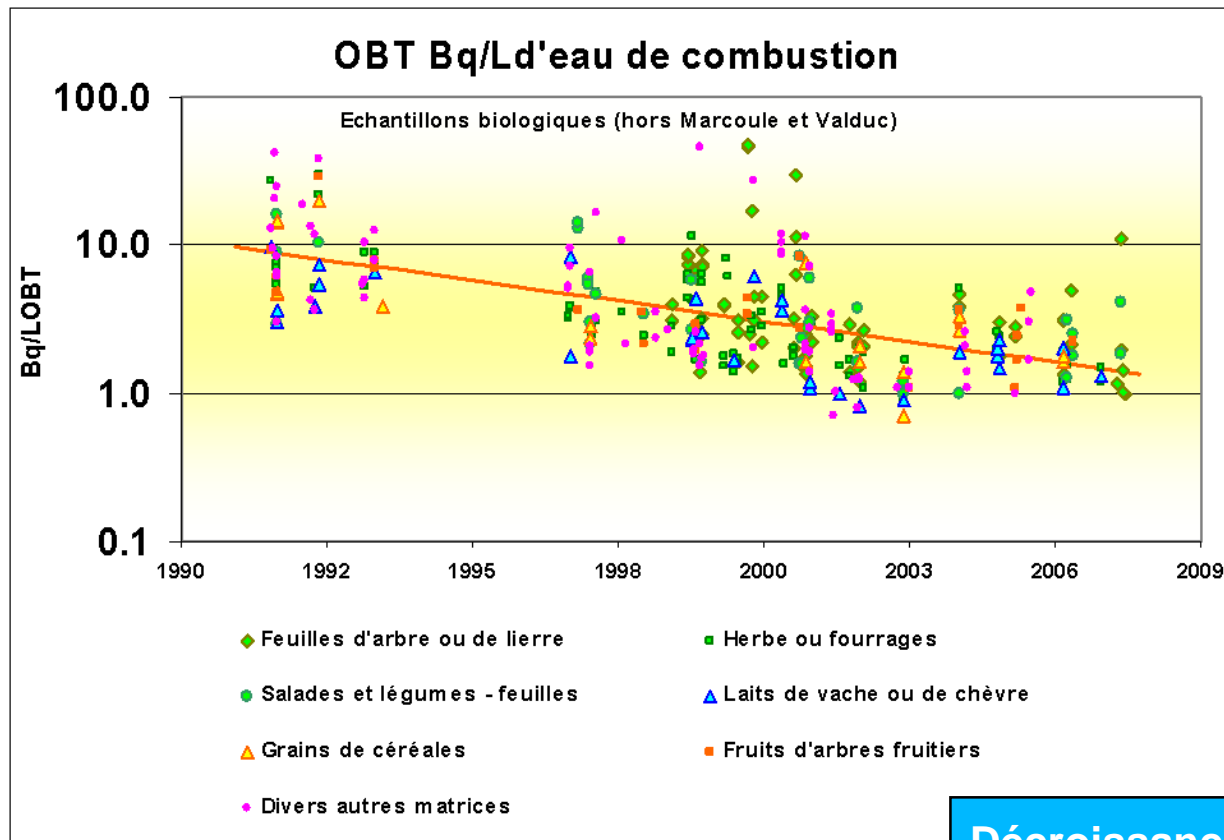
# Valeurs mesurées dans l'environnement : HTO



Environ 410 échantillons dont 64 % de valeurs supérieures à la limite de détection.



# Valeurs mesurées dans l'environnement : OBT \*



Décroissance apparente  $\approx$   
6 ans, plus rapide que la  
décroissance radioactive

\* *Tritium organique échangeable et non échangeable*

Environ 375 échantillons dont 90 % de valeurs supérieures à la limite de détection

# Conclusion

## État des connaissances radioécologiques sur le tritium

- ❑ **Dans l'eau, l'air, le sol et les plantes : une bonne cohérence entre la connaissance des mécanismes et les observations**
- ❑ **Dans les organismes animaux : peu de données au regard de la complexité (nombre de processus impliqués, interactions et variabilité en fonction de l'espèce, de l'âge et des aliments)**
- ❑ **Sur la base des connaissances disponibles et dans les conditions d'activités environnementales "normales" : pas de phénomène identifié comme susceptible d'engendrer à terme une "bio accumulation" significative et aucune mesure en attestant**
- ❑ **Des lacunes sur la présence de molécules marquées de haute activité (uniquement industrie pharmaco-chimique ? Uniquement en milieu aquatique ?), sur leur devenir et donc sur les conséquences en terme « d'accumulation du tritium » (telle que constatée sur certains estuaires et côtes anglaises)**
- ❑ **Des difficultés de métrologie et de représentativité des mesures**

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Merci de votre attention

## Rapports OBT/HTO dans diverses espèces marines (données IRSN/LRC - EDF/CNPE Flamanville)

Date	Espèce	Lieu	OBT	±	HTO	±	OBT/HTO
16/03/2006	Fucus serratus	Carteret	5.0	2.1	3.9	0.8	1.3
15/03/2006	Fucus serratus	Dielette	12.5	0.9	9.5	1.0	1.3
14/03/2006	Fucus serratus	Goury	12.0	0.8	11.3	1.1	1.1
15/03/2006	Fucus serratus	Sciotot	6.6	1.6	8.1	1.1	0.8
15/03/2006	Fucus vesiculosus	Dielette	11.2	0.9	11.0	1.0	1.0
14/03/2006	Fucus vesiculosus	Goury	12.4	0.8	10.7	1.1	1.2
26/04/2006	Bulot	Flamanville	9.5	0.7	5.1	0.9	1.9
30/03/2006	Patelle	Carteret	4.2	2.0	4.0	0.8	1.1
28/03/2006	Patelle	Dielette	14.2	2.7	17.4	1.2	0.8
27/03/2006	Patelle	Goury	13.1	0.9	16.1	1.3	0.8
23/05/2006	Homard	Cartret	8.3	0.7	10.8	1.0	0.8
26/04/2006	Homard	Flamanville	9.1	0.8	10.1	1.1	0.9
19/06/2006	Plie	Carteret	8.6	0.9	5.8	0.9	1.5
26/04/2006	Sole	Flamanville	13.8	1.5	13.5	1.2	1.0
19/06/2006	Vieille	Carteret	9.7	1.9	6.9	0.9	1.4
26/04/2006	Vieille	Flamanville	13.3	2.0	14.0	1.2	1.0
		Moyenne	10.2		9.9		1.1
		Ecart type	3.1		4.1		0.3

**L'activité moyenne HTO et OBT est de 10 Bq.L-1**

**Le rapport moyen OBT/HTO est de 1,1 ± 0,3**

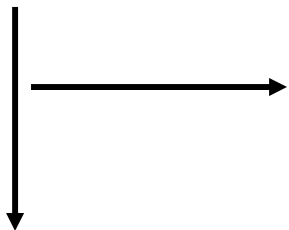
**L'activité moyenne de l'eau de mer à la côte est de 10 Bq.L<sup>-1</sup>**

**Le FC moyen est de 1**

**Le tritium est présent à plus de 85 % sous forme libre dans les organismes**

# L'activité du tritium exprimée par rapport au poids frais dépend de la teneur en eau du produit

Échantillon frais



Eau «de distillation» (= teneur en eau au sens habituel)

Très variable selon le produit : de 0,2 L/kg frais (céréale) à 0,95 L /kg frais (laitue)

Matière sèche

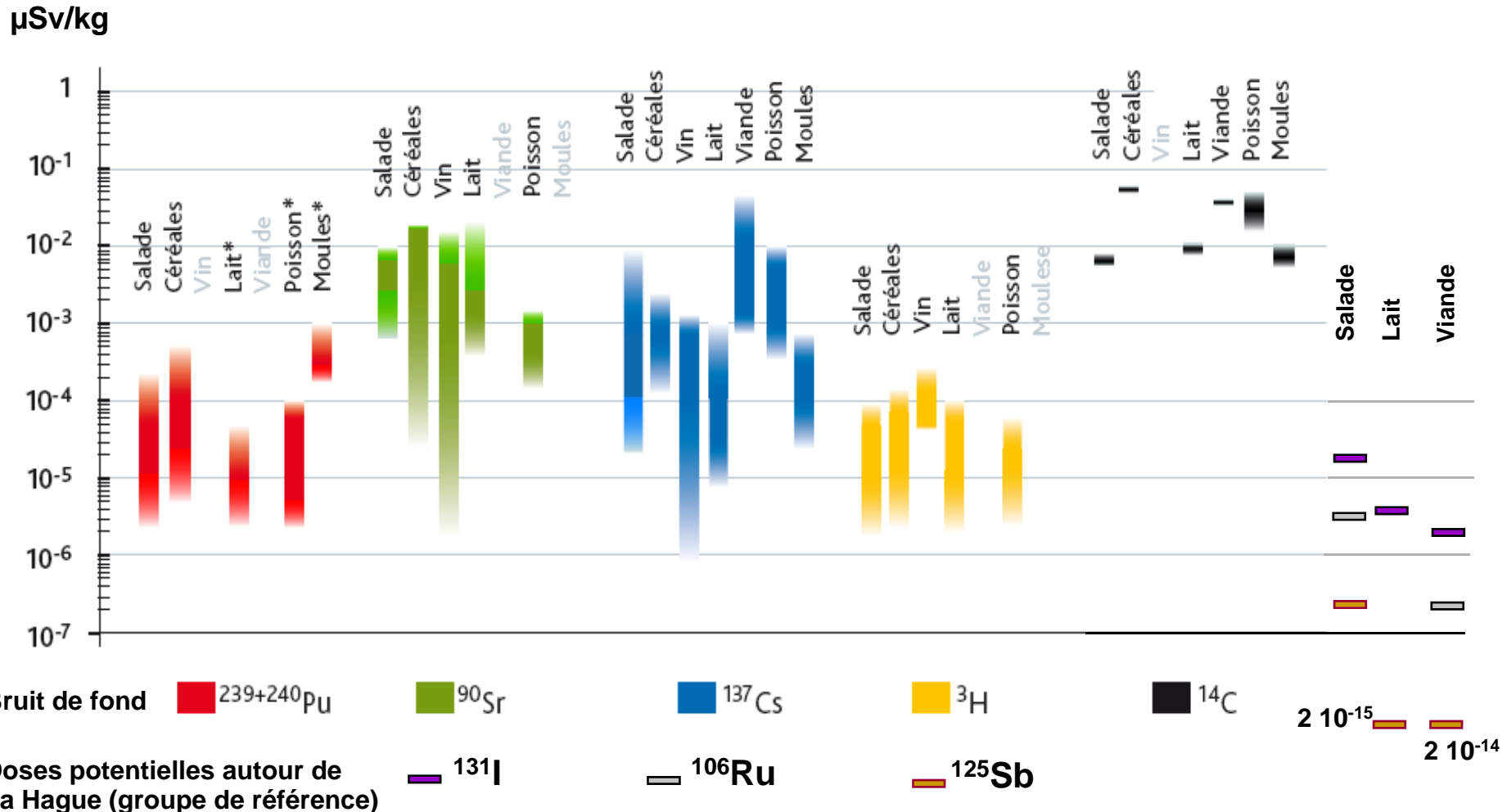


Eau de combustion

Par rapport au poids sec : en moyenne 0,6 L/kg sec, valeur peu variable par produit et entre produits différents

Par rapport au poids frais : très variable selon l'humidité du produit, de 0,01 L /kg frais (lait, vin) à 0,5 L / kg frais (miel, céréales)

# Doses efficaces due à l'ingestion d'un kilogramme de denrée par un adulte



\* Poissons de fleuves et moules de méditerranée