

Etude du transfert du tritium aux végétaux via les ratios OBT/HTO_{air} et OBT/HTO_{libre}

C. Boyer^{1,2,3}, P. Guétat¹, M. Fromm², L. Vichot¹, Y. Losset¹,
F. Tatin-Froux³, C. Mavon², P.M. Badot³

1 UMR CEA E4, VALDUC, F-21120 Is-sur-Tille, France

2 UMR CEA E4, Université de Franche-Comté, 16 route de Gray,
F-25030 Besançon cedex, France

3 CNRS-Université de Franche Comté / UMR 6249 Chrono-environnement usc INRA,
Place Leclerc, F-25030 Besançon cedex, France

cecile.boyer@cea.fr
philippe.guetat@cea.fr
laurent.vichot@cea.fr

Plan de l'exposé

I. Contexte de l'étude

- Transferts du tritium de l'environnement aux plantes
- Rapport isotopique $^3\text{H}/^1\text{H}$ et mécanismes biologiques

II. Etude bibliographique

- Présentation des travaux des auteurs
- Synthèse des données bibliographiques

III. Etude expérimentale

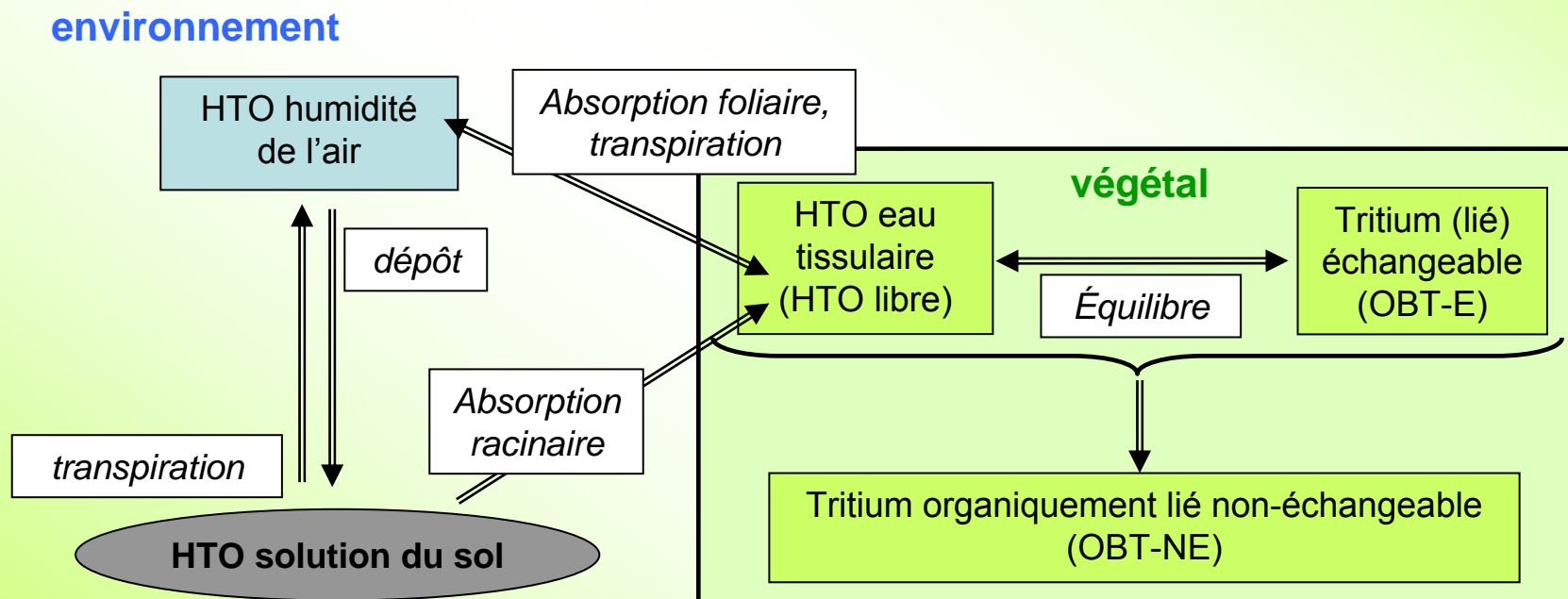
- Présentation des expérimentations sur la laitue feuille de chêne blonde
- Résultats expérimentaux

Discussion

I. Contexte de l'étude

Transferts du tritium de l'environnement aux plantes

- L'hydrogène des molécules d'eau libre (H_2O ou HTO_{libre} = **TRITIUM LIBRE**) peut être incorporé à des molécules organiques lors de la photosynthèse ou de processus métaboliques secondaires (= **TRITIUM ORGANIQUE** ou **OBT**)



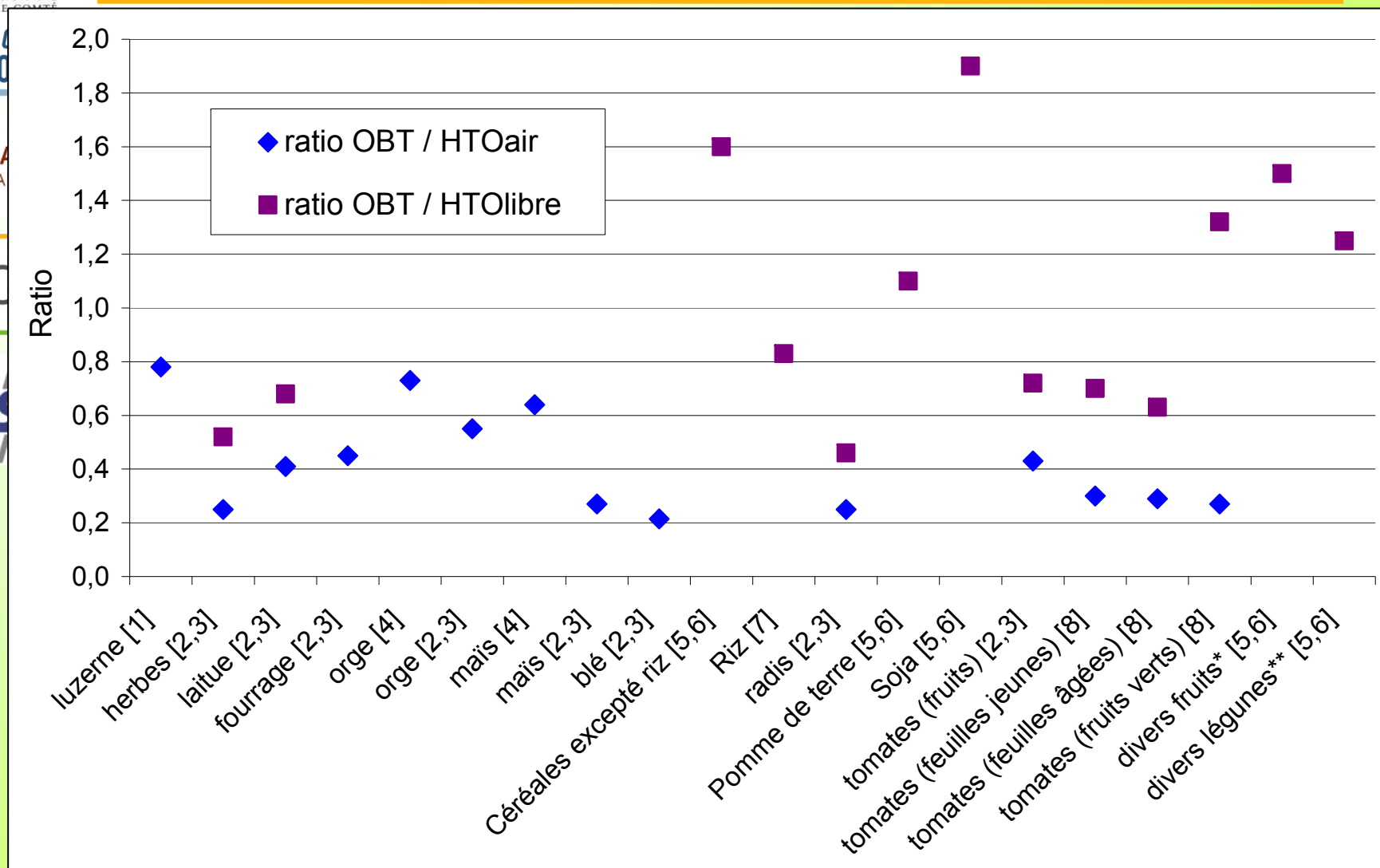
I. Contexte de l'étude

Rapport isotopique $^3\text{H}/^1\text{H}$ et mécanismes biologiques

- Comportement biochimique du tritium ^3H peut être considéré en première approximation comme équivalent à celui de son isotope stable, le protium ^1H .
- Néanmoins, **phénomènes isotopiques** lors des réactions de formation de matière organique (OBT).
- Le **ratio d'activité massique** est un moyen de quantifier les phénomènes isotopiques.
 - par rapport à l'activité de l'eau tritiée dans l'environnement (**OBT/HTO_{air}**) ou par rapport à l'eau tissulaire de la plante (**OBT/HTO_{libre}**)
 - rapports en concentration (**Bq/L**)

$$R = \frac{OBT(Bq/L)}{HTO(Bq/L)} = \frac{(T/H)_{OBT}}{(T/H)_{HTO}}$$

II. Etude bibliographique



* oranges, pommes, bananes, melons, kiwis, fraises

** épinards, carottes, choux chinois, piments doux, poivrons

II. Etude bibliographique

Synthèse des données bibliographiques

- $OBT / HTO_{\text{libre}} = [0,3 - 2]$
 $HTO_{\text{libre}} / HTO_{\text{air}} = [0,2 - 0,6]$
 $OBT / HTO_{\text{air}} = [0,15 - 1]$
Le rapport OBT / HTO_{libre} est toujours supérieur à OBT / HTO_{air} .

- Valeurs OBT / HTO_{libre} distribuées autour de 1 : **ne permet pas de conclure à une discrimination du tritium par rapport à l'hydrogène** lors de son incorporation à la matière organique des plantes.

- **Incertitude de mesure importante**
 - mesure délicate de l'OBT

- **Variabilité importante des résultats**
 - conditions expérimentales très différentes (température, hygrométrie, lumière),
 - mécanismes biologiques propres à chaque espèce ou organe (par ex. organe de stockage: fruits, tubercules...).

III. Etude expérimentale

Présentation des expérimentations sur la laitue feuille de chène blonde (*Lactuca sativa* L.):

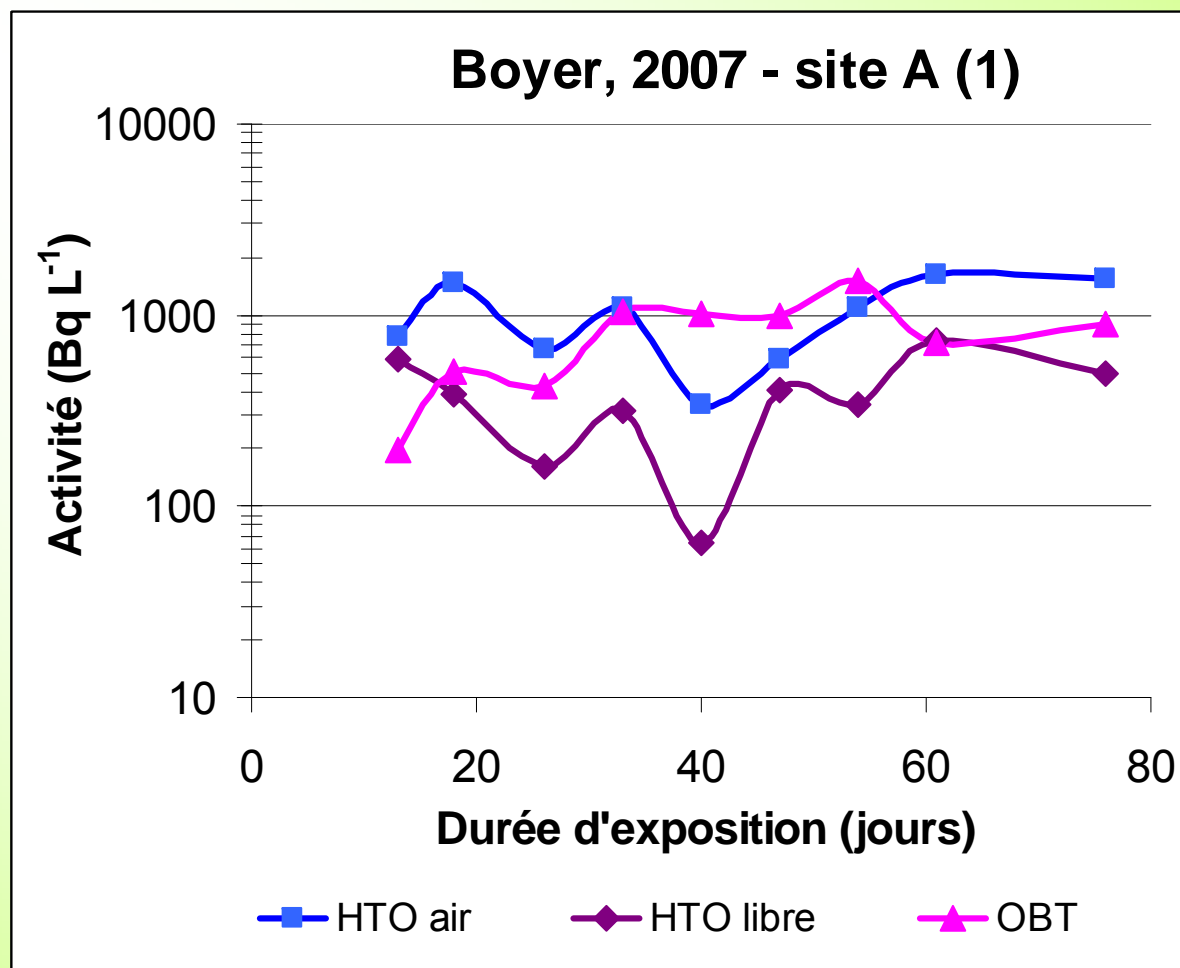
	Site A	Site B
Localisation	Valduc, 360 m sous les vents par rapport à un point de rejet gazeux	Valduc, champ plus lointain
Activité atmosphérique	1 – 25 Bq m ⁻³	1 – 15 Bq m ⁻³
Opérateur	Boissieux (1), Boyer (2)	Boissieux (1)
Période	Mai – juillet 2006 Avril – juillet 2007 Aout – octobre 2007	Mai – juillet 2006

- Conditions climatiques réelles (serre extérieure)
- Arrosage eau de Volvic, protection contre les précipitations
- Suivi hebdomadaire:
 - tritium atmosphérique (HTO_{air})
 - tritium de l'eau tissulaire (HTO_{libre})
 - tritium de la matière organique (OBT)



III. Etude expérimentale

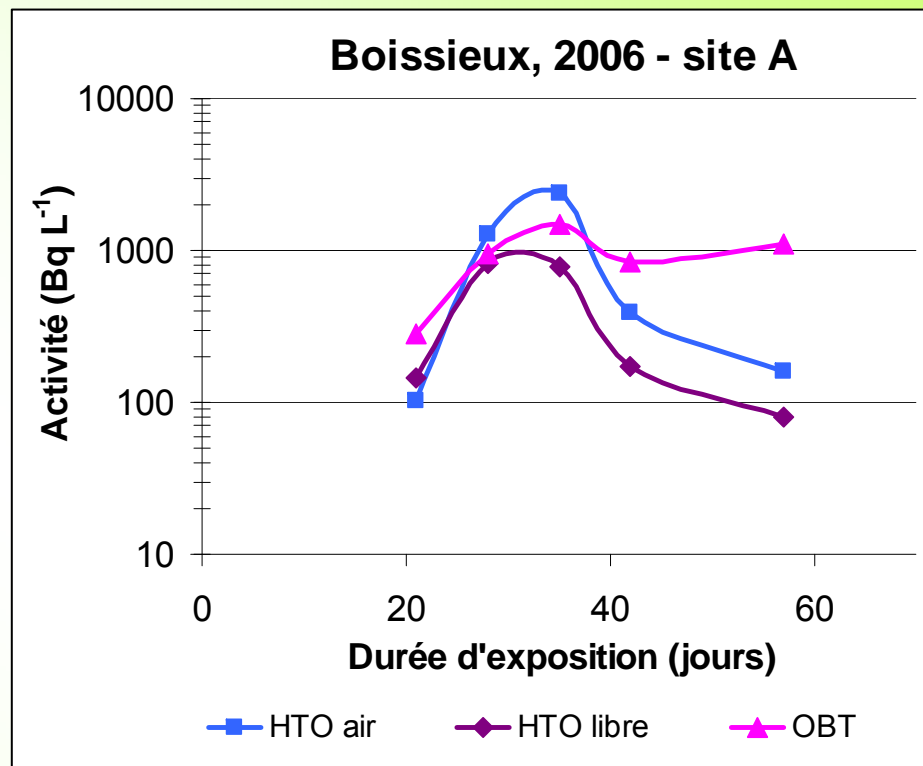
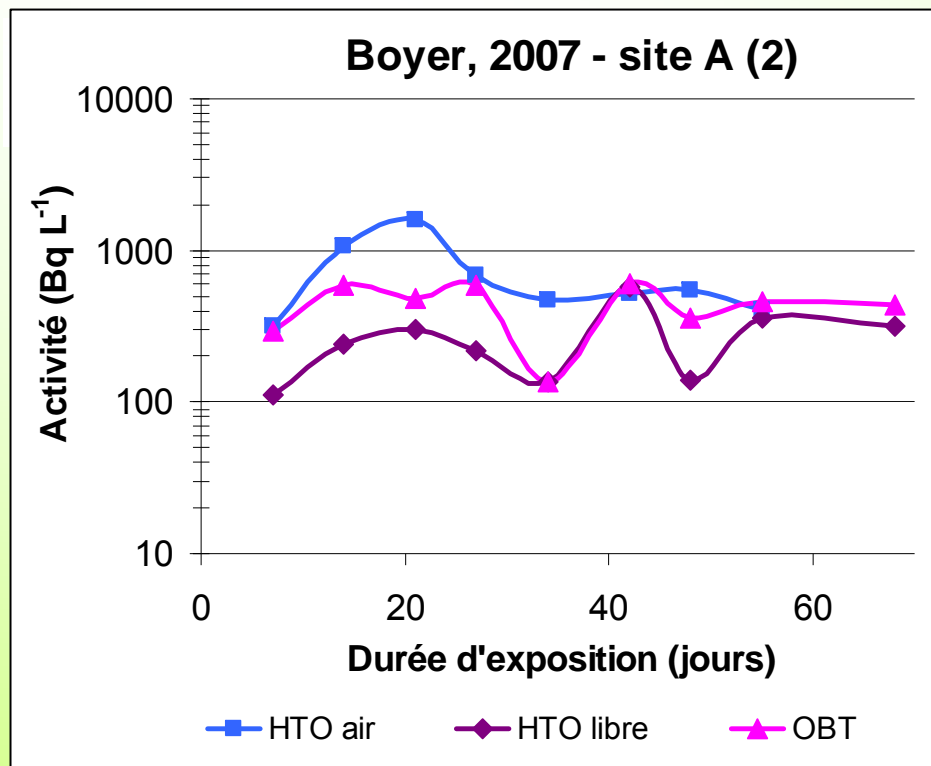
Résultats : valeurs instantanées



Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « instantanées » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT) – expérience Boyer, 2007 – site A (1)

III. Etude expérimentale

Résultats : valeurs instantanées

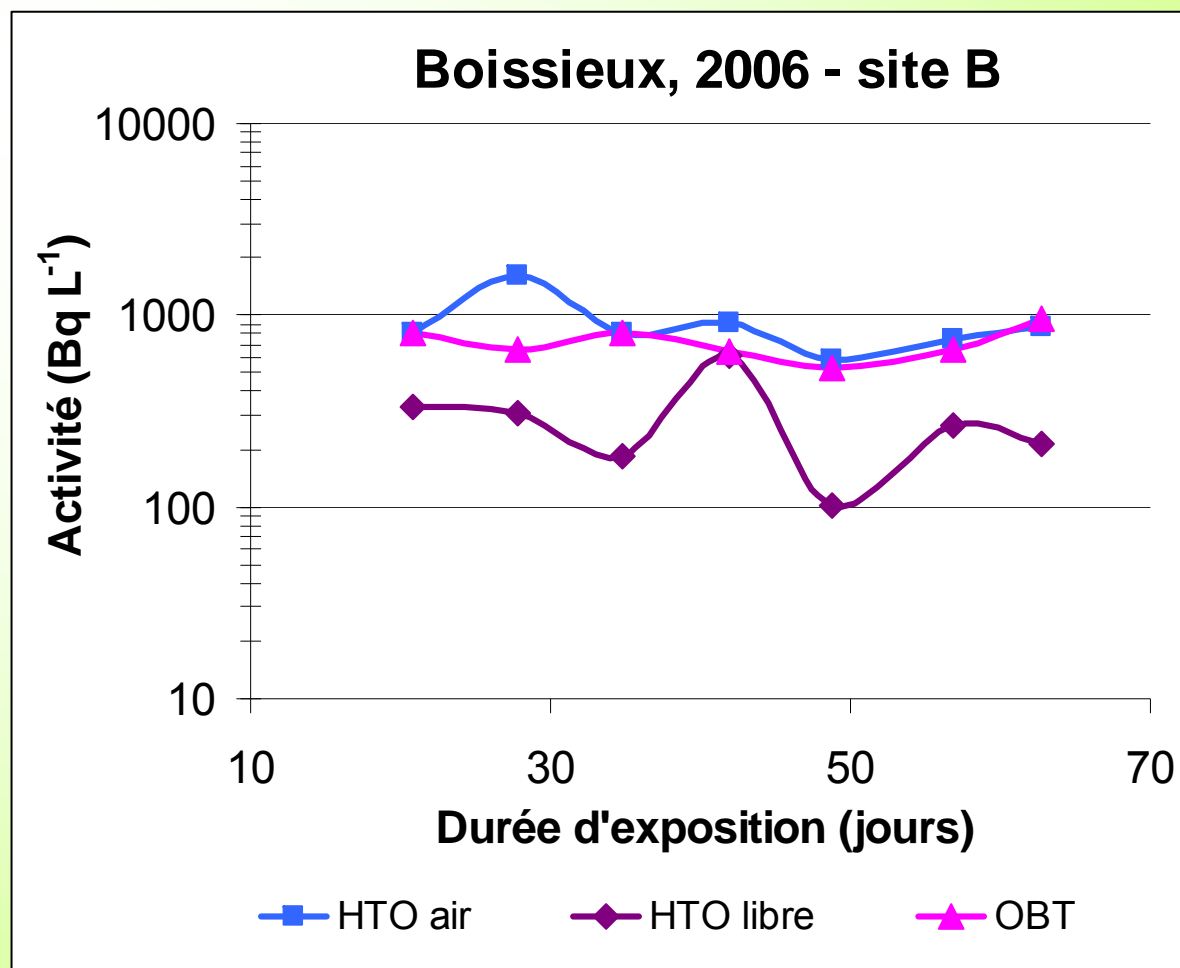


Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « instantanées » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT)

expériences Boyer, 2007 – site A (2) et Boissieux, 2006 – site A

III. Etude expérimentale

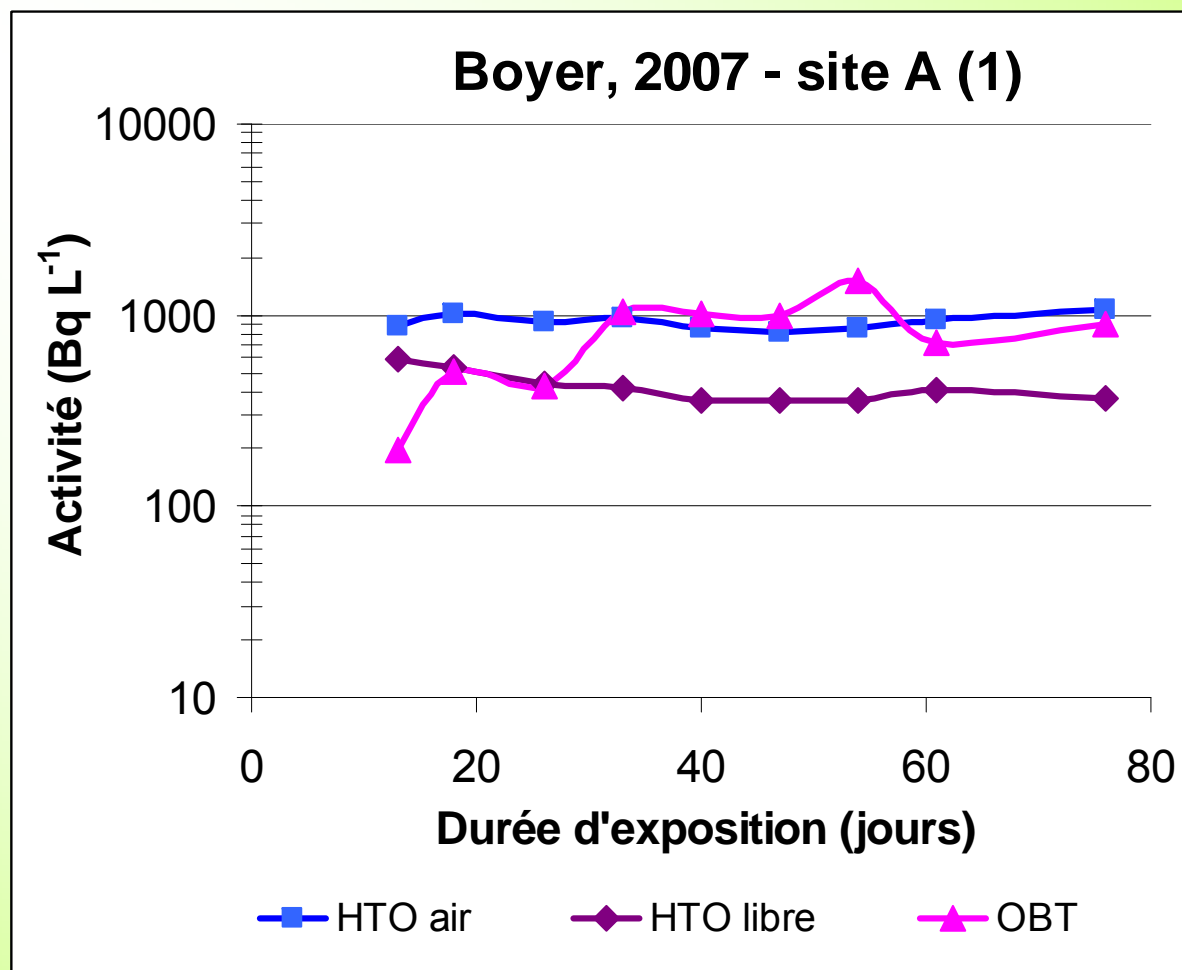
Résultats : valeurs instantanées



Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « instantanées » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT) - expérience Boissieux, 2006 – site B

III. Etude expérimentale

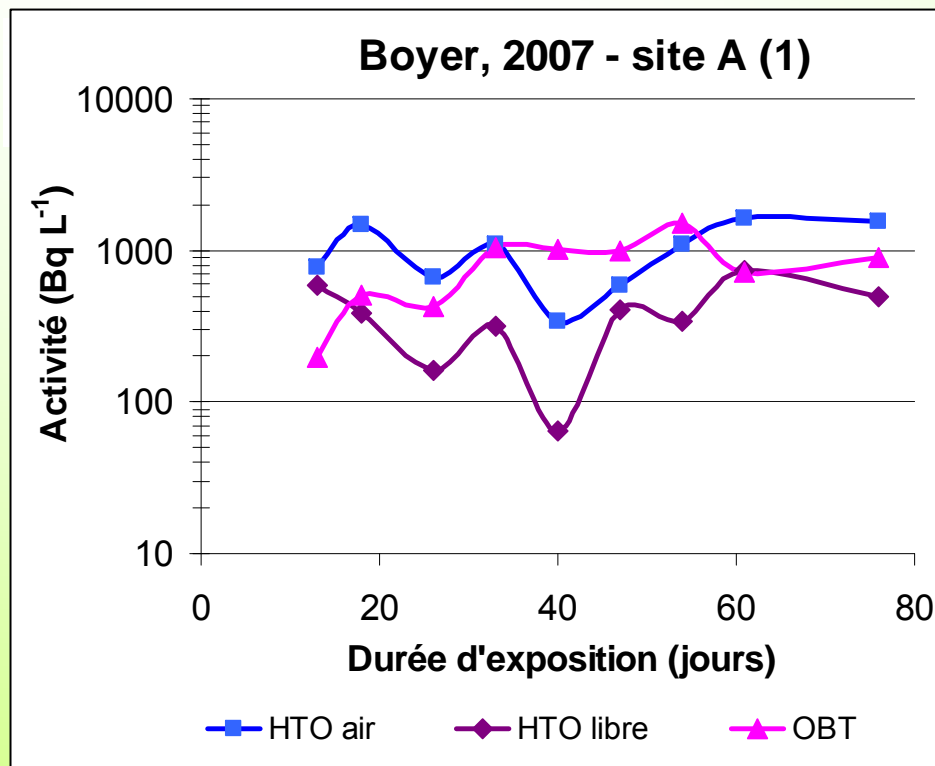
Résultats : valeurs moyennes sur la période d'exposition



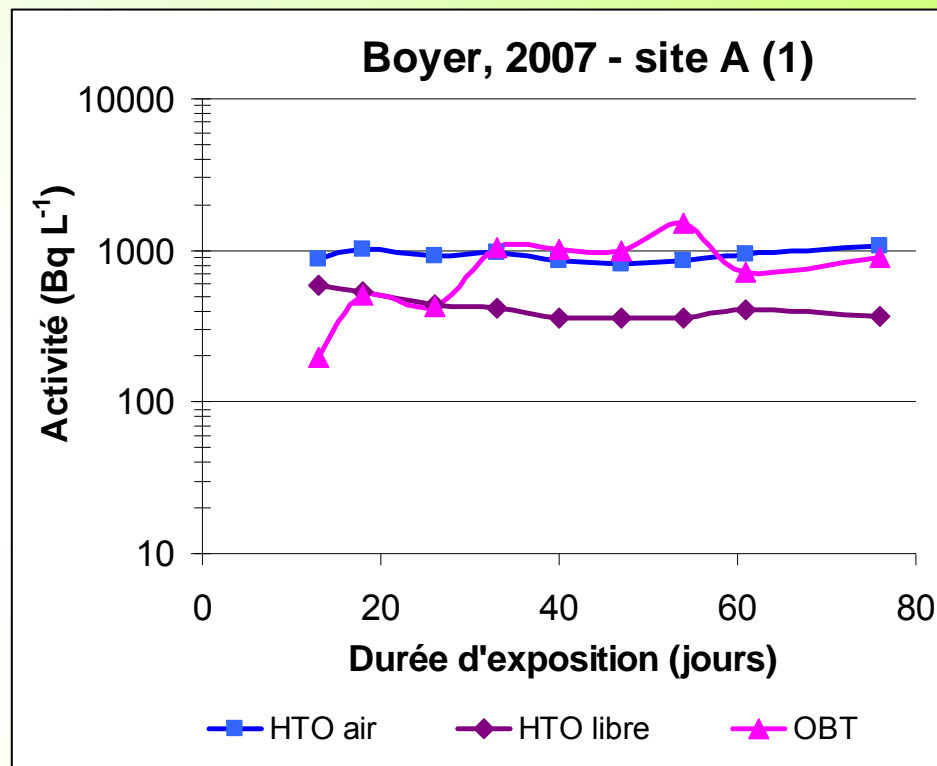
Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « moyennes » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT) – expérience Boyer, 2007 – site A (1)

III. Etude expérimentale

Comparaison : valeurs instantanées et moyennes



Valeurs « instantanées »



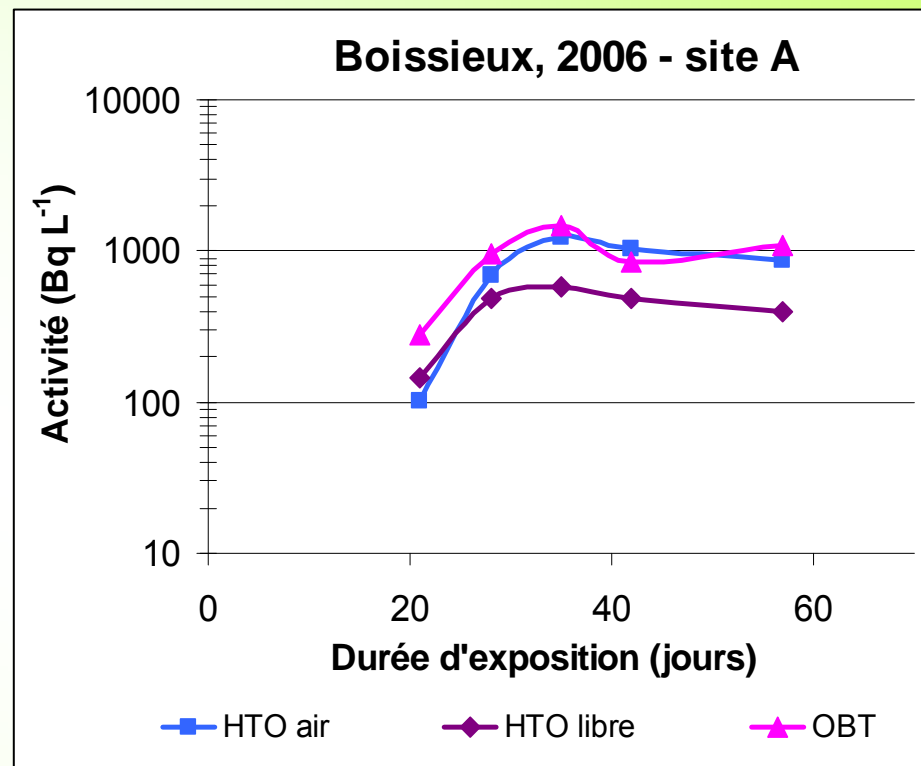
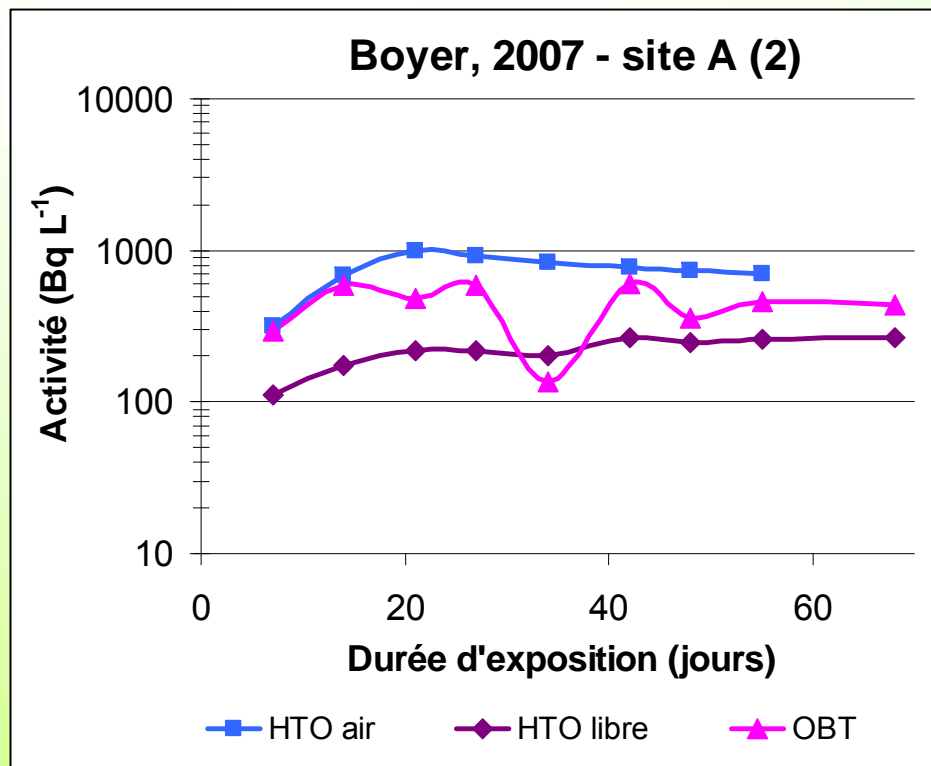
Valeurs « moyennes »

Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « instantanées » et « moyennes » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT)

expérience Boyer, 2007 – site A (1)

III. Etude expérimentale

Résultats : valeurs moyennes sur la période d'exposition

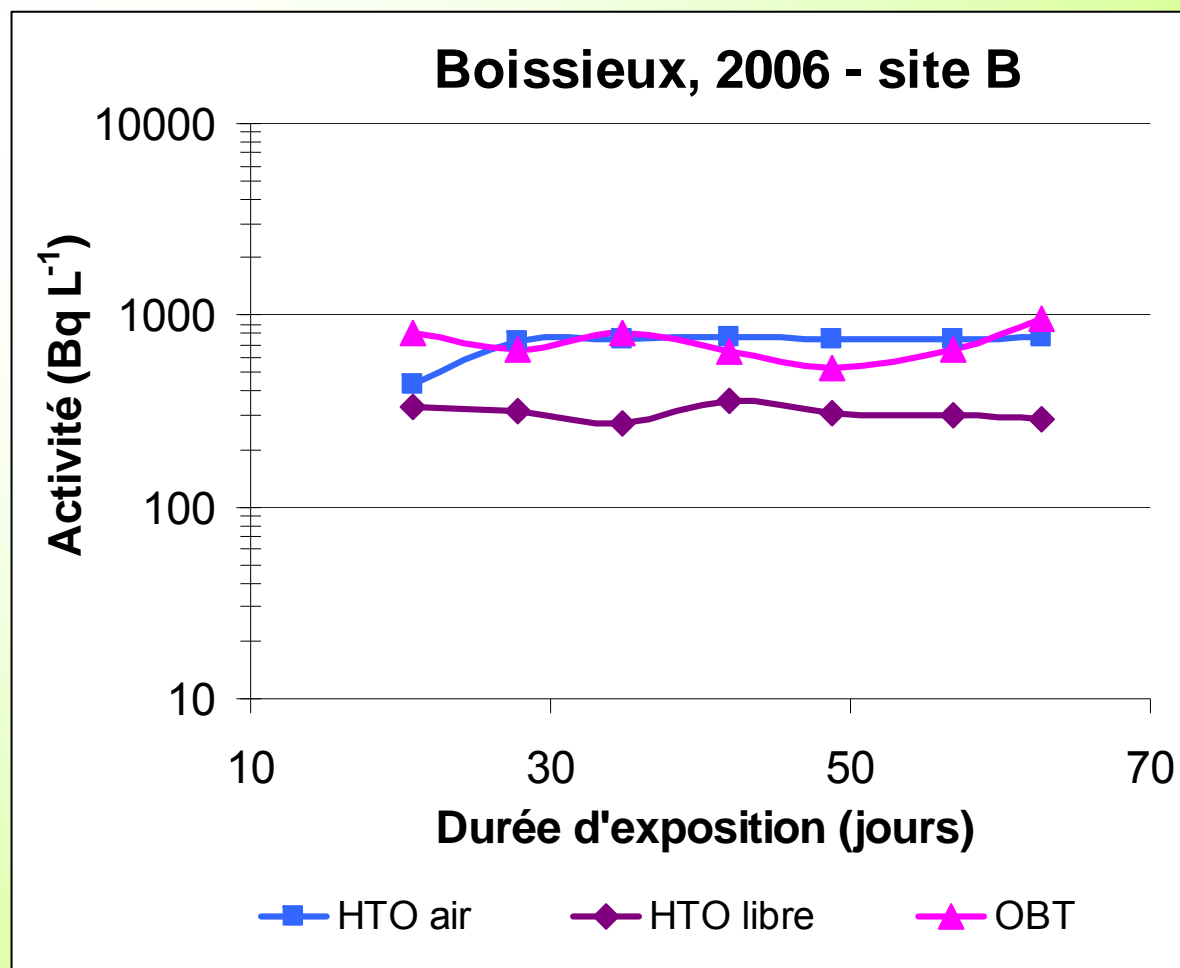


Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « moyennes » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT)

expériences Boyer, 2007 – site A (2) et Boissieux, 2006 – site A

III. Etude expérimentale

Résultats : valeurs moyennes sur la période d'exposition



Représentation graphique (échelle logarithmique) des activités HTO « moyennes » mesurées dans la vapeur d'eau de l'air (HTO_{air}) et dans l'eau tissulaire de plants de laitue (HTO_{libre}), et des activités OBT dans l'eau de combustion de la matière organique (OBT) - expérience Boissieux, 2006 – site B

III. Etude expérimentale

Expérience	HTO air moyen (Bq L ⁻¹ eau de l'air)	OBT / HTO _{air}	OBT / HTO _{libre}
Boyer, 2007 – A (1)	1080	0,9 ± 0,5	2,1 ± 1,2
Boyer, 2007 – A (2)	700	0,6 ± 0,2	2,1 ± 0,8
Boissieux, 2006 - A	860	1,5 ± 0,7	1,7 ± 0,3
Boissieux, 2006 - B	760	1,1 ± 0,4	2,4 ± 0,6

Ratios d'activité spécifique moyens entre l'activité en tritium organique et l'activité de la vapeur d'eau atmosphérique (OBT/HTO_{air}) et entre l'activité en tritium organique et l'activité de l'eau tissulaire (OBT/HTO_{libre}), calculés à partir des valeurs moyennes.

- OBT proche de HTO_{air} (OBT / HTO_{air} ~ 1)
- HTO_{libre} suit la même évolution que HTO_{air} mais est environ 2 fois plus faible (OBT / HTO_{libre} ~ 2)
- Calculs d'impacts réalisés au CEA, OBT ~ HTO_{air} ~ HTO_{libre}
Dans les cas considérés ici, on surestimerait l'activité de l'eau libre.
- Néanmoins, conditions expérimentales particulières (arrosage, serre)

Discussion

	Littérature	Expérience
OBT / HTO_{libre}	0,3 - 2	1,7 - 2,4
HTO_{libre} / HTO_{air}	0,2 - 0,6	0,3 - 0,7
OBT / HTO_{air}	0,15 - 1	0,6 - 1,5

➤ littérature et expérience : $OBT / HTO_{libre} > OBT / HTO_{air}$
valeurs $OBT / HTO_{libre} > 1$ fréquentes, $OBT / HTO_{air} \sim 1$

➤ Hypothèses:

- HTO_{libre} feuilles utilisé pour la photosynthèse \neq HTO_{libre} des vaisseaux en lien avec HTO du sol

- par effet de « dilution », mesure HTO_{libre} pas représentative de HTO_{libre} impliqué dans les réactions biologiques

⇒ **On ne peut pas conclure à une discrimination du tritium** par rapport à l'hydrogène lors de son incorporation à la matière organique des plantes.

⇒ **le schéma HTO air => HTO libre => OBT doit être adapté en fonction des paramètres biologiques et environnementaux** (transfert foliaire ou racinaire)

- **variabilité importante** en fonction de l'espèce, de l'organe et des conditions expérimentales (cf. données littérature).



Merci de votre attention

Références bibliographiques

- [1] McFarlane, J.C., 1976. Tritium fractionation in plants. *Env. Exp. Botany*, 16, p. 9-14.
- [2] Davis, P.A., T.G. Kotzer, and W.J.G. Workman, 2002. Environmental Tritium Concentrations due to continuous atmospheric sources. *Fus. Sci. Technol.*, 41, p. 453-457.
- [3] Davis, P.A., et al., 2005. Observed and modeled tritium concentrations in the terrestrial food chain near a continuous atmospheric source. *Fus. Sci. Technol.*, 48 (1), p. 504-507.
- [4] Garland, J.A. and M. Ameen, 1979. Incorporation of tritium in grain plants. *Health Physics*, 36, p. 35-38.
- [5] Hisamatsu, S., et al., 1987. Fallout ³H ingestion in Akita, Japan. *Health Physics*. 53, p. 287-293.
- [6] Hisamatsu, S., T. Katsumata, and Y. Takizawa, 1991. Tritium concentration in unpolished rice. *J. Rad. Res.*, 32, p. 389-394.
- [7] Inoue, Y. and T. Iwakura, 1990. Tritium concentration in Japanese rice. *J. Rad. Res.*, 31, p. 311-323.
- [8] Spencer, F.S., 1984. Tritiated water uptake kinetics in tissue-free water and organically-bound fractions of tomato plants, Ontario Hydro Research Division, Report 84-69-K.