

# Mesures du tritium atmosphérique à bas niveau d'activité volumique dans les installations nucléaires (Système PREVAIR)

**D. Maro<sup>1</sup> – Y. Baron<sup>2</sup>  
J. Lanneau<sup>2</sup> – Y. Tauvel<sup>2</sup> – D. Hébert<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> IRSN/DEI/SECRE/LRC : Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville

<sup>2</sup> EAMEA/SRD/GEA : Groupe d'Etudes Atomiques de la marine, Cherbourg-Octeville



# Le Groupe d'Etudes Atomiques

## Missions



### Département de l'Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique

- Développement, mise au point et validation des méthodes de mesures de la radioactivité mises en œuvre dans la marine
- Etudes techniques des matériels de radioprotection approvisionnés dans les services de surveillance radiologique de la marine
- Etudes des transferts des radionucléides depuis les points de rejets vers l'environnement et les bioindicateurs

↪ Participation à des groupes de travail inter-exploitants, Cetama<sup>1</sup>, BNEN<sup>2</sup>, GRNC<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Commission d'établissement des méthodes d'analyse

<sup>2</sup> Bureau de Normalisation des Equipements Nucléaires

<sup>3</sup> Groupe de Radioécologie du Nord Cotentin

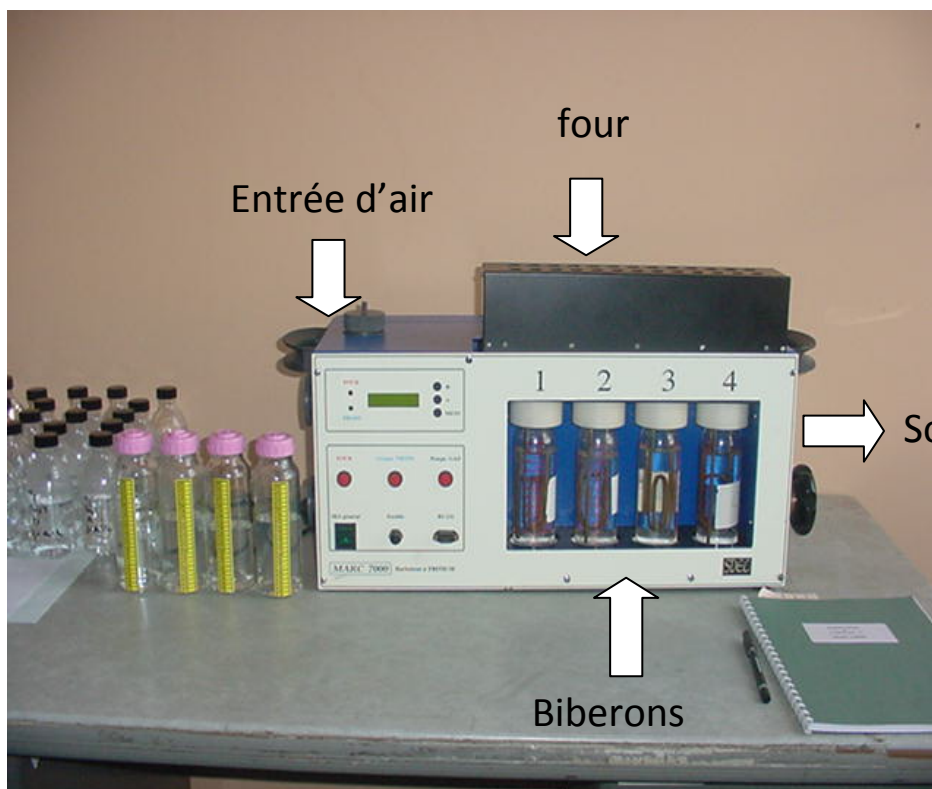
## Objectifs des mesures à faible niveau d'activité :

- Détermination des niveaux de contamination des locaux (contrôles d'ambiance, ...)
- Recherche des sources émettrices de tritium (internes, externes, ...)
- Quantification des rejets continus en tritium dus à la ventilation
- Etudes dynamiques et cinématiques des fuites de tritium (piscine, fûts de déchets, ...)

## Solutions existantes :

- Appareils de mesures du tritium par chambre à circulation de gaz
  - ↳ *Ld importantes (> 1000 Bq/m<sup>3</sup>), méthode non sélective !!!*
- Prélèvement par barbotage avec mesure différée par scintillation liquide
  - ↳ *durée de prélèvement (plusieurs jours), dilution dans les biberons !!!*
- Prélèvement par condensation avec mesure différée par scintillation liquide
  - ↳ *durée de prélèvement, raccordement du résultat de mesure en Bq/m<sup>3</sup> !!!*

# Mode de prélèvement du tritium par barbotage



Barboteur type MARC7000®

$V_{H_2O} = 160 \text{ à } 200 \text{ ml}$

Débit =  $20 \text{ à } 30 \text{ l.h}^{-1}$

Température du four :  $450^\circ\text{C}$

Température du groupe froid :  $2\text{-}7^\circ\text{C}$

Sortie d'air

Volume analysé : 10 ml

Temps de prélèvement : 1 à 2 semaines

Limite de détection :  $> 0,1 \text{ Bq.m}^{-3}$  en 24 h

Niveau atmosphérique :  $\leq 0,01 \text{ Bq.m}^{-3}$

# Mode de prélèvement du tritium par condensation (PREVAIR)



$$\rho_v = \frac{M_v}{R(\theta + 273)} \times \frac{H_r}{100} \times P_{sat}(\theta) \cdot 10^5$$

$\rho_v$  : humidité absolue en g.m<sup>-3</sup>

$M_v$  : masse molaire de la vapeur d'eau, soit 18 g.mol<sup>-1</sup>

$R$  : constante des gaz parfaits, soit 8,314 J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>

$\theta$  : température en °C

$H_r$  : humidité relative, ou hygrométrie, en %

$P_{sat}$  : pression de vapeur saturante en bars, fonction de la température en °C

Temps de prélèvement : 30 à 60 min

Volume prélevé: 10 à 50 ml (qqes m<sup>3</sup> d'air)

Volume analysé en SL : 10 ml

Limite de détection :  $\approx 0,01$  Bq.m<sup>-3</sup> en 24 h

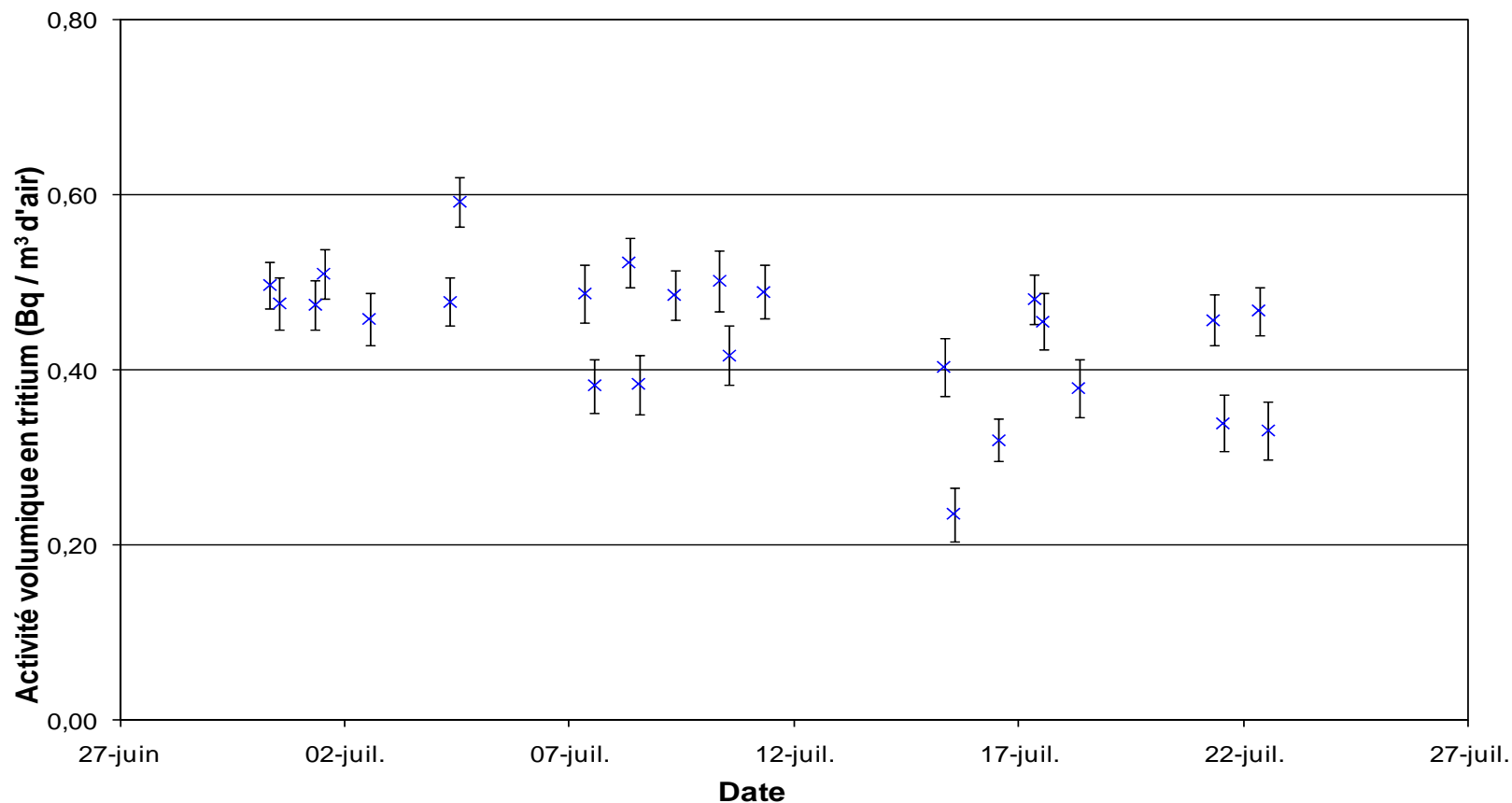
Niveau atmosphérique :  $\leq 0,01$  Bq.m<sup>-3</sup>



Prototype SDEC France<sup>®</sup>

# Activité volumique en $^3\text{H}$ d'un local ventilé

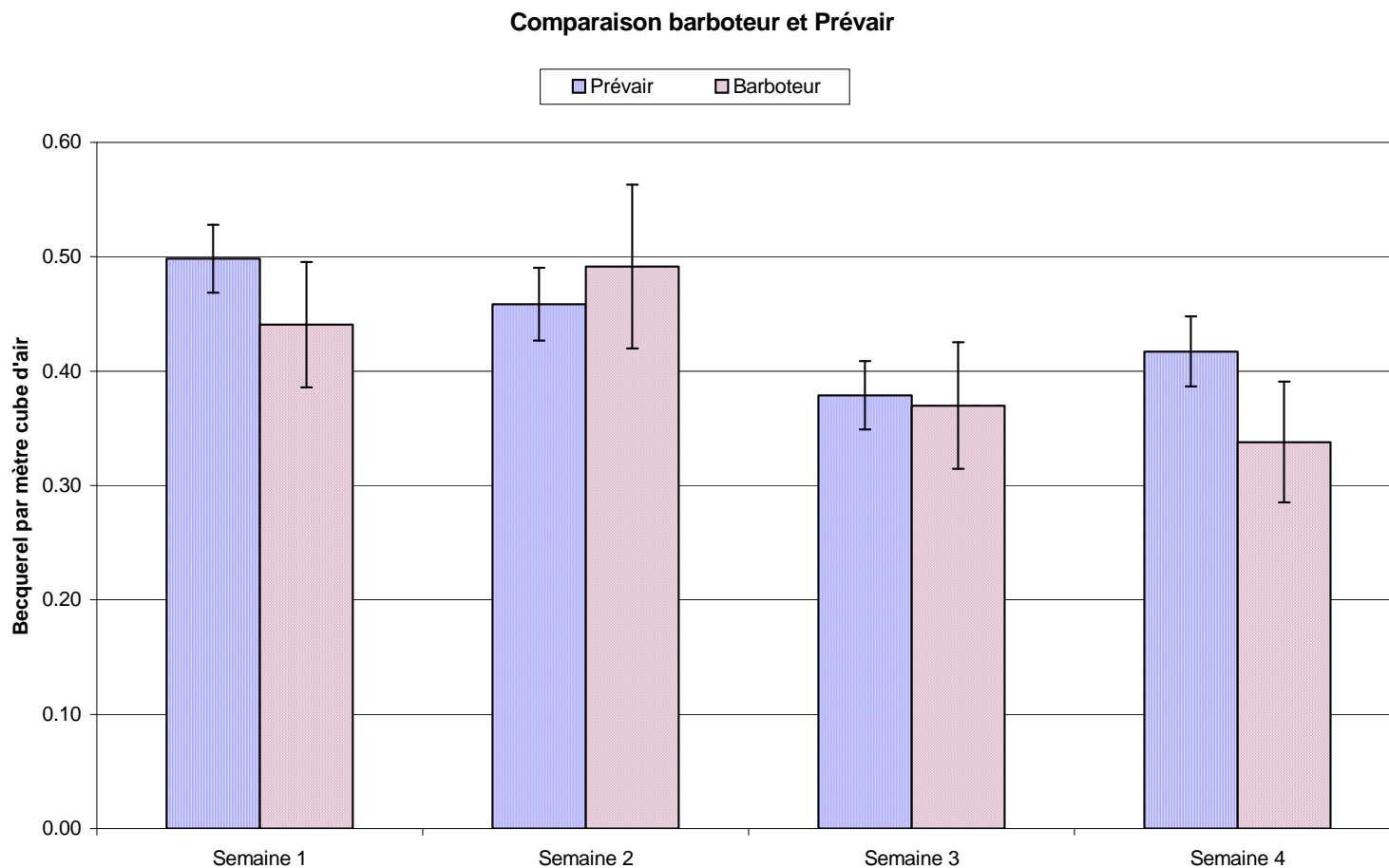
## Variabilité en fonction du temps



# Activité volumique en $^3\text{H}$ d'un local ventilé

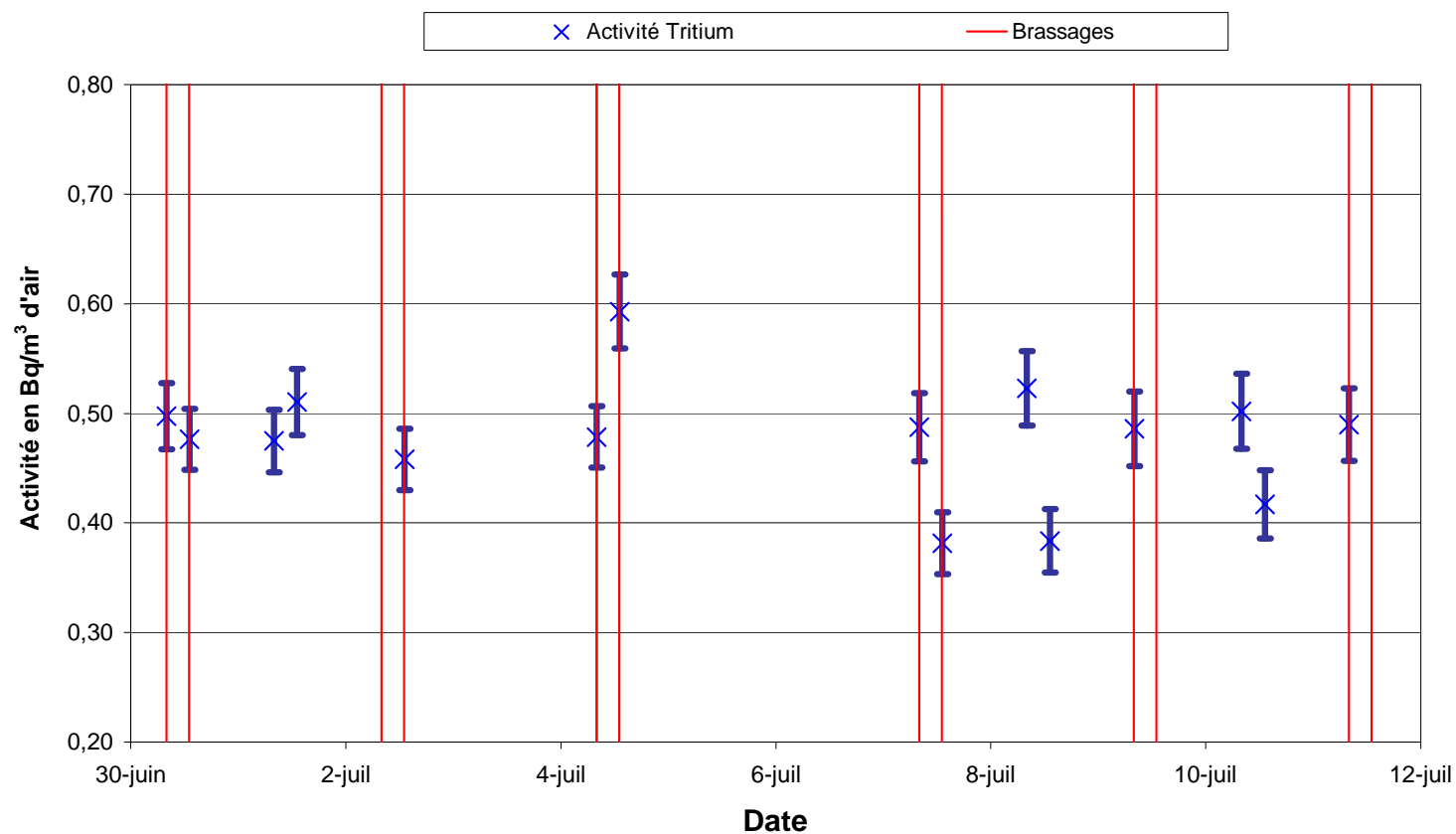
## Mesures effectuées par barbotage

		Activité volumique (Bq/m <sup>3</sup> d'air)	Incertitude absolue 2 $\sigma$ (Bq/m <sup>3</sup> )	Incertitude relative 2 $\sigma$	SD (cpm)	LD (Bq/m <sup>3</sup> d'air)
Semaine 1	B1	0,44	0,05	12,45%	0,09	0,08
	B2	0,05	0,04	79,68%	0,09	0,07
	B3	0,07	0,04	55,00%	0,09	0,07
	B4	<LD			0,09	0,07
Semaine 2	B1	0,49	0,07	14,56%	0,12	0,11
	B2	0,09	0,05	56,80%	0,12	0,10
	B3	0,08	0,05	56,80%	0,12	0,10
	B4	<LD			0,12	0,09
Semaine 3	B1	0,37	0,06	14,97%	0,12	0,08
	B2	0,04	0,04	89,66%	0,12	0,07
	B3	<LD			0,12	0,07
	B4	<LD			0,12	0,07
Semaine 4	B1	0,34	0,05	15,59%	0,11	0,08
	B2	<LD			0,11	0,07
	B3	<LD			0,11	0,07
	B4	0,04	0,04	98,17%	0,11	0,07



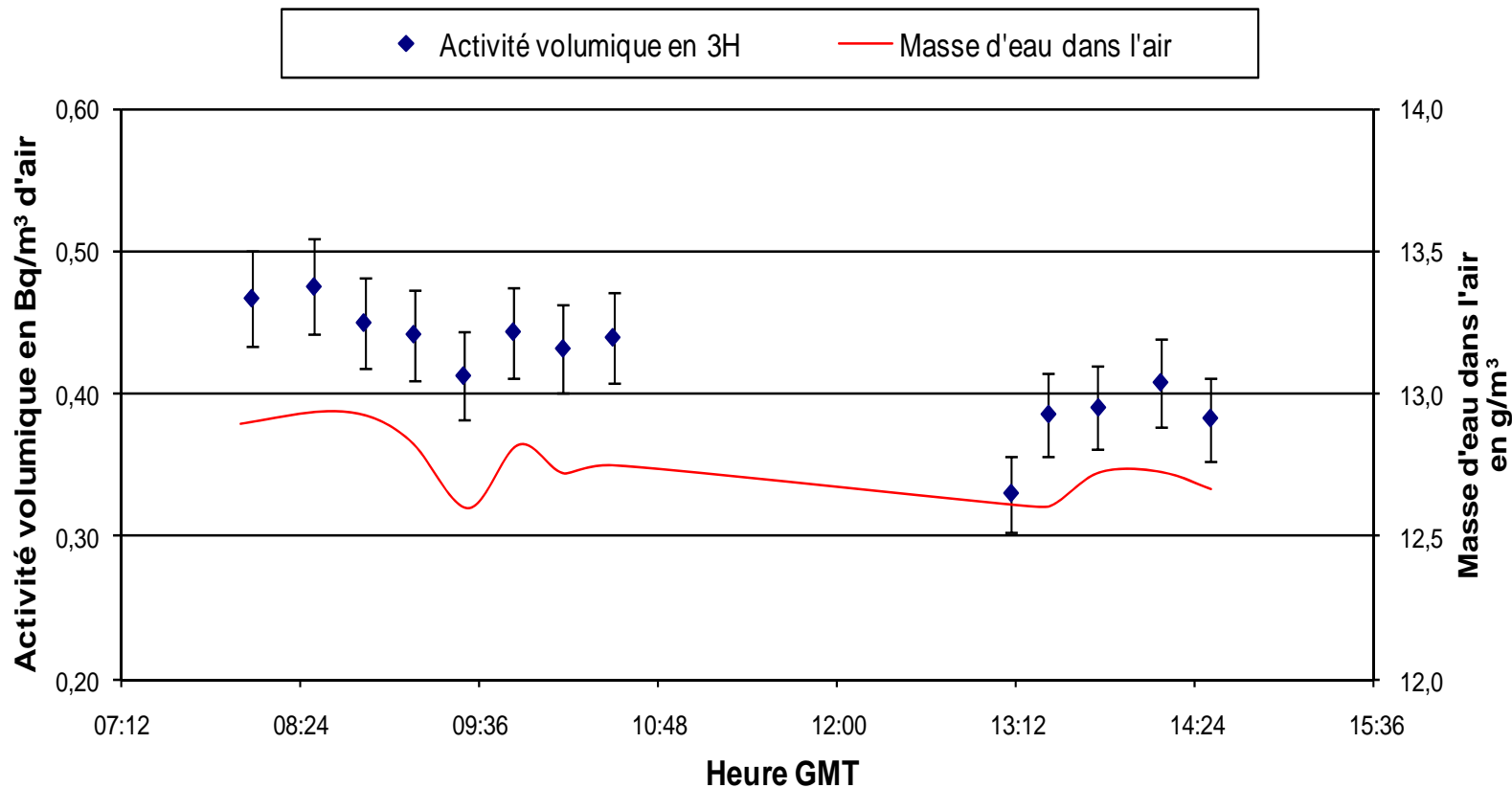


### Activité et brassages



# Activité volumique en $^3\text{H}$ d'un local ventilé

## Influence de l'hygrométrie



# Activité volumique en $^3\text{H}$ d'un local ventilé

## Evaluation théorique de l'activité

$$dA_v(t) = \frac{Q}{V} dt - A_v(t) \times D \times dt$$

$$A_v(t) = \frac{Q}{D} \left( 1 - \exp^{-\frac{D}{V} \times t} \right)$$

$A_v$  : activité volumique du local

$Q$  : Quantité d'activité libérée par évaporation

$V$  : volume du local

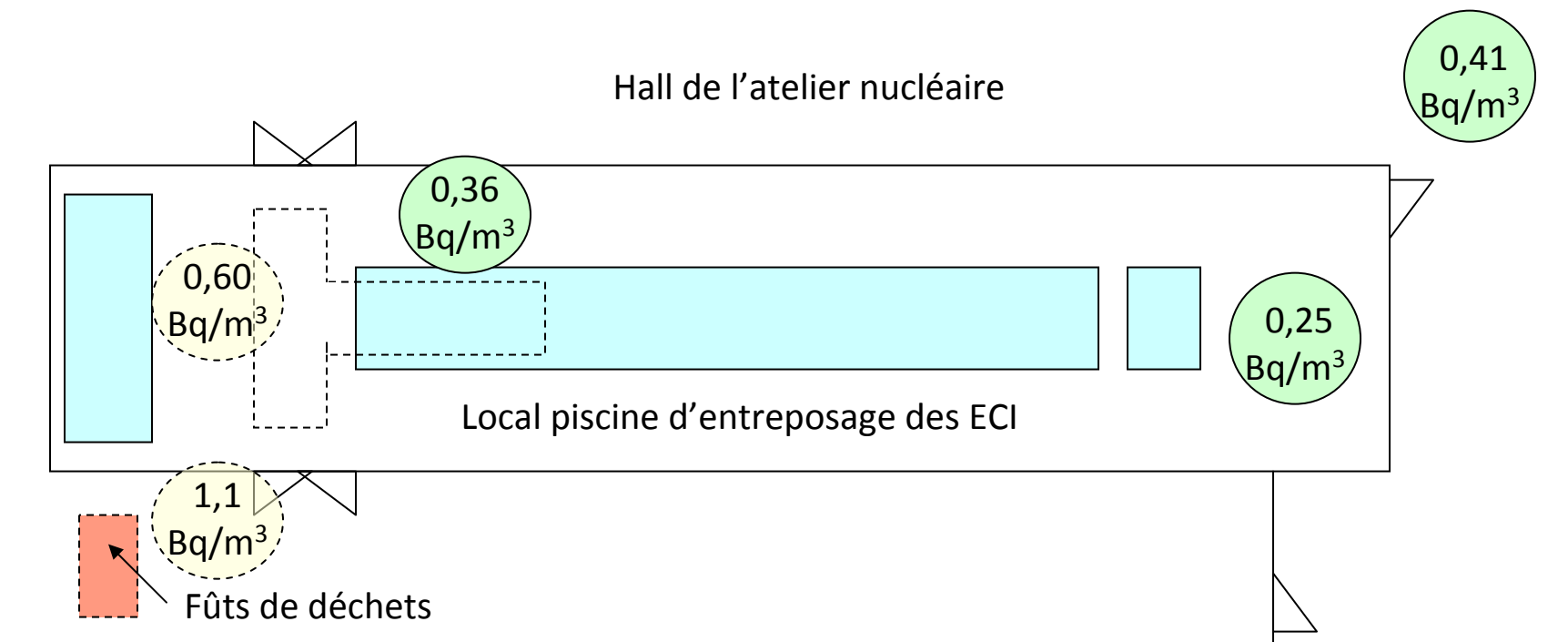
$D$  : débit de ventilation du local

Pour un volume du local égal à  $1200 \text{ m}^3$

un débit de ventilation de  $4500 \text{ m}^3/\text{h}$

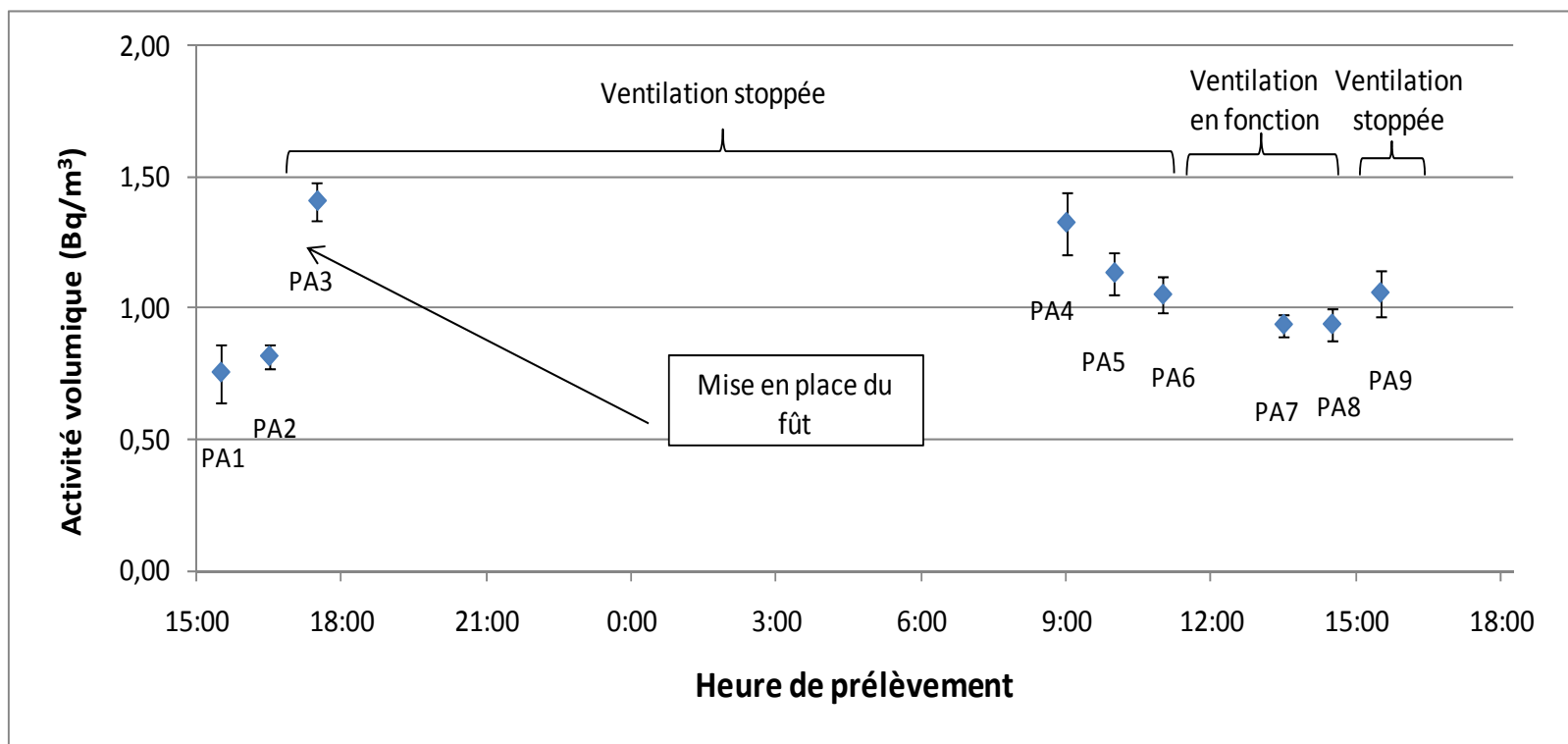
un apport d'activité de  $1300 \text{ Bq/h}$

⇒ on trouve une activité volumique à saturation égale à  **$0,28 \text{ Bq/m}^3$**

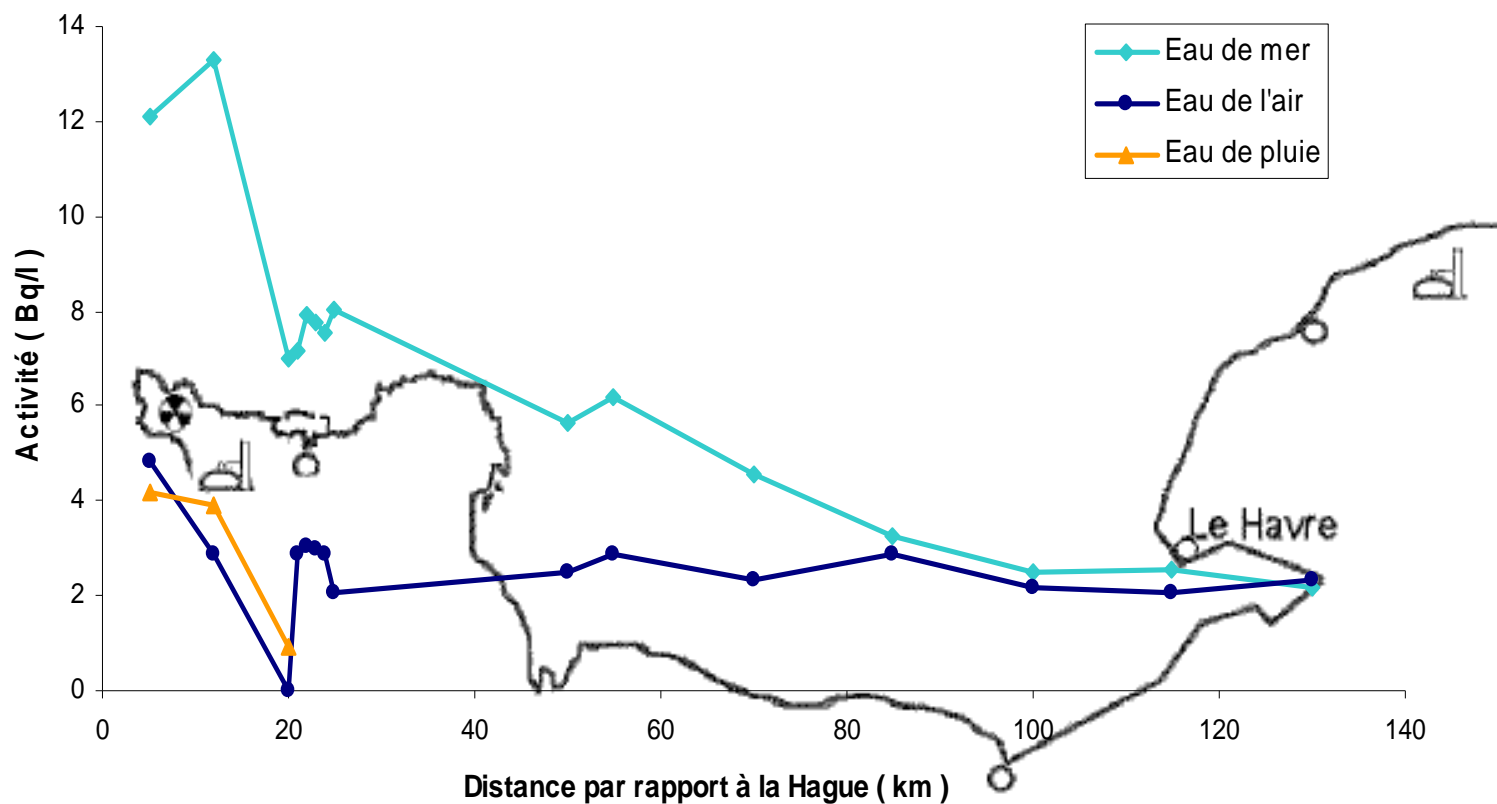


# Mesures d'activité volumique en tritium

## Evaluation du taux de fuite d'un fût



Taux de fuite en tritium inférieur à 2100 Bq/jour



*D. Maro et al. – Radioprotection, vol 40, suppl. 1 (2005), S589*

- ➔ PREVAIR = système de prélèvement fiable pour les mesures du tritium atmosphérique sous forme de vapeur d'eau
  - détection rapide de très faibles niveaux de contamination ( $< 1 \text{ Bq/m}^3$  d'air)
  - études de l'origine d'une contamination et de son impact dans les locaux
  - évaluation de taux de rejets ou de taux de fuite d'une installation
  
- ➔ transfert significatif de la contamination en tritium entre l'eau et l'air pour des activités volumiques de l'eau supérieures à quelques Bq/l
  
- ➔ Commercialisé par SDEC France à partir du 2<sup>ème</sup> semestre 2010 sous brevet IRSN/Marine Nationale