

# MESURE PAR SPECTROMÉTRIE GAMMA DES RADIOISOTOPES DE L'IODE DANS LES ÉCHANTILLONS DE L'ENVIRONNEMENT : SPÉCIFICITÉS ET DIFFICULTÉS

Anne Meyer, Anne de Vismes Ott, Sébastien Aubry, Sina Bonnot  
*IRSN/PSE-ENV/SAME/LMRE – Orsay*

JT de la SFRP « L'iode dans tous ses états » - 26 & 27 mars 2024, Paris

# Plan

■ Introduction

■ Précautions en vue de la mesure

■ Difficultés liées aux caractéristiques des radioisotopes

■ Conclusion

# Mesure des radioisotopes de l'iode dans les échantillons de l'environnement

## Contexte

- **Fonctionnement normal** :
  - CNPE :  $^{131}\text{I}$
  - Usines de **retraitement du combustible** :  $^{129}\text{I}$
  - Laboratoires **radiopharmaceutiques** :  $^{123}\text{I}$ ,  $^{124}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$
- **Incident** ou **accident** de réacteur avec rejet :  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$

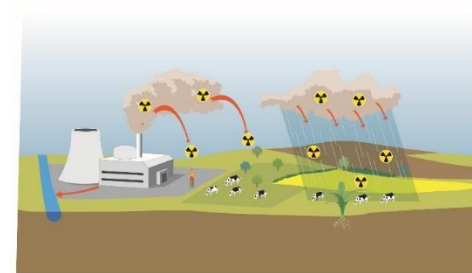
- **Surveillance** radiologique
- Etudes de **radioécologie**
- **Evénement** radiologique

## Echantillons

- **Tous les compartiments** de l'environnement : atmosphérique, aquatique, terrestre
- Grande variété de **matrices** : eaux, sols, faune, flore, filtres d'aérosols...

## Techniques de mesure

- Spectrométrie gamma
- Scintillation liquide
- Spectrométrie de masse
- ...



# Mesure des radioisotopes de l'iode dans les échantillons de l'environnement

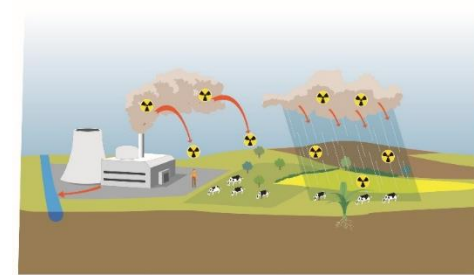
## Contexte

- **Fonctionnement normal** :
  - **CNPE** :  $^{131}\text{I}$
  - Usines de **retraitement du combustible** :  $^{129}\text{I}$
  - Laboratoires **radiopharmaceutiques** :  $^{123}\text{I}$ ,  $^{124}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$
- **Incident** ou **accident** de réacteur avec rejet :  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$

- **Surveillance** radiologique
- Etudes de **radioécologie**
- **Evénement** radiologique

## Echantillons

- **Tous les compartiments** de l'environnement : atmosphérique, aquatique, terrestre
- Grande variété de **matrices** : eaux, sols, faune, flore, filtres d'aérosols...

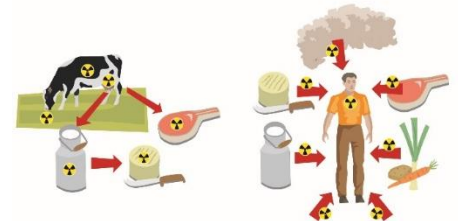


## Techniques de mesure

- **Spectrométrie gamma**

Avantages : **rapide**, **non destructive**, **multi-élémentaire**

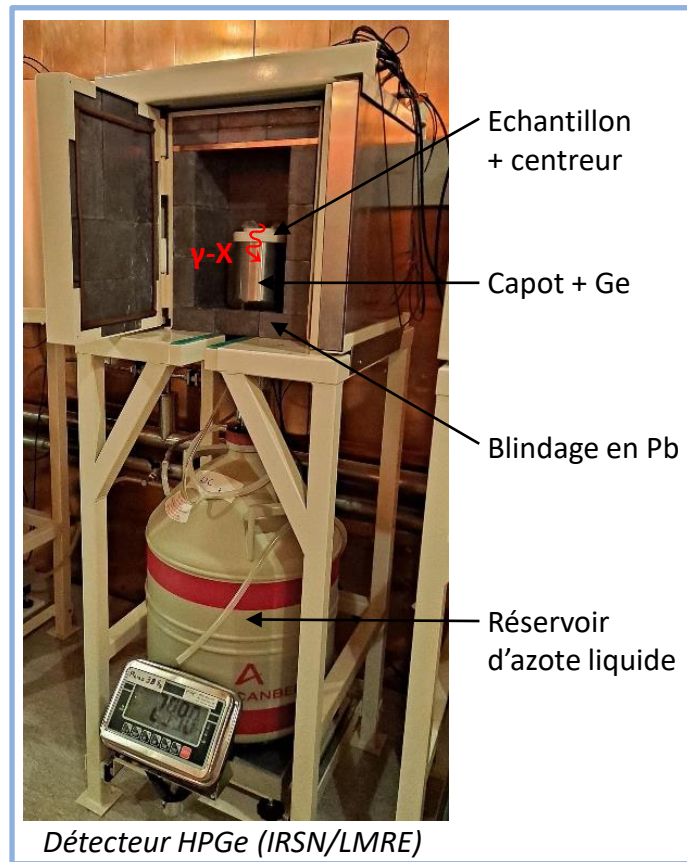
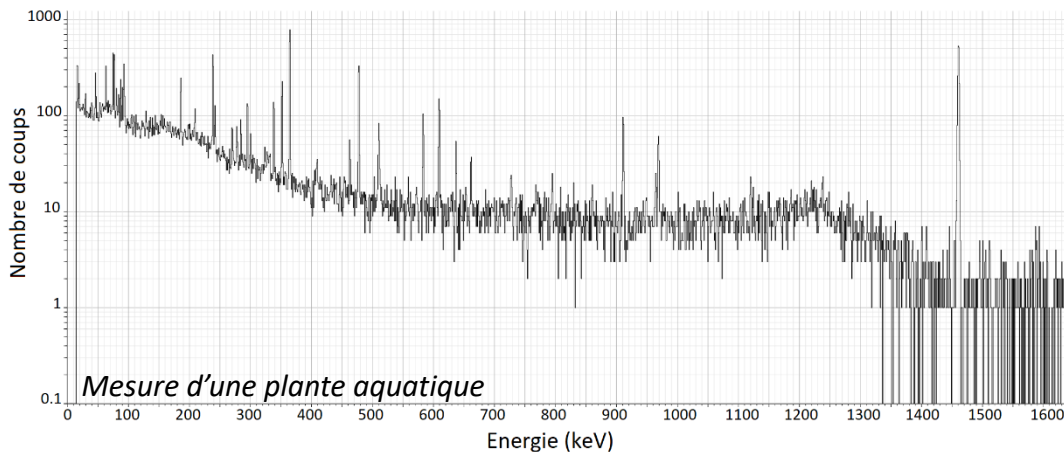
Inconvénients : radionucléides (RN) **émetteurs  $\gamma$ -X**, analyse peut être **complexe**



# La spectrométrie gamma

## Spectre gamma avec un détecteur germanium hyper pur (HPGe)

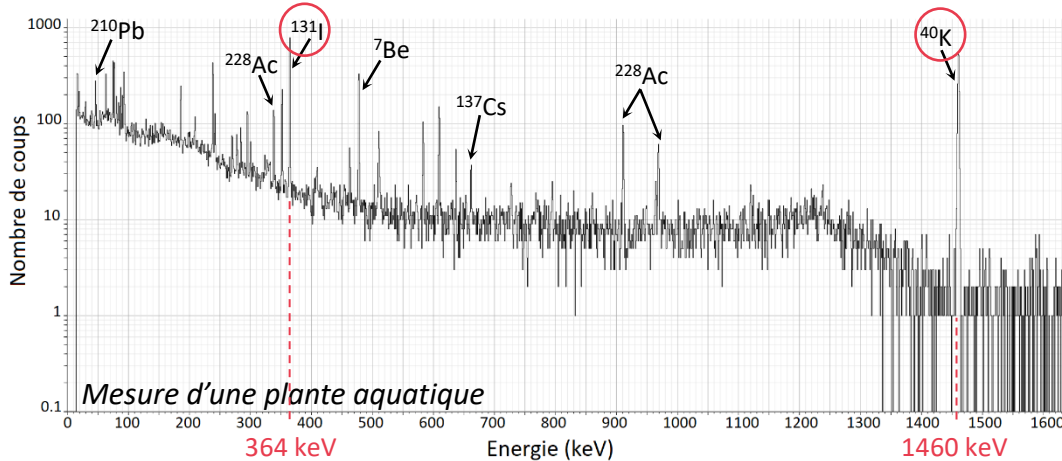
- Gamme en énergie :  $\sim 20 \text{ keV} - 3 \text{ MeV}$
- Interaction des photons  $\gamma$ -X avec le Ge :  
→ hauteur d'impulsion  $\propto E$  déposée
- Spectre : fond continu + pics



# La spectrométrie gamma

## Spectre gamma avec un détecteur germanium hyper pur (HPGe)

- Gamme en énergie : ~ 20 keV – 3 MeV
- Interaction des photons  $\gamma$ -X avec le Ge :  
→ hauteur d'impulsion  $\propto$  E déposée
- Spectre : fond continu + pics



## Identification d'un RN

- E(pics)  
= E(raies caractéristiques du RN)

## Quantification : Activité A (Bq)

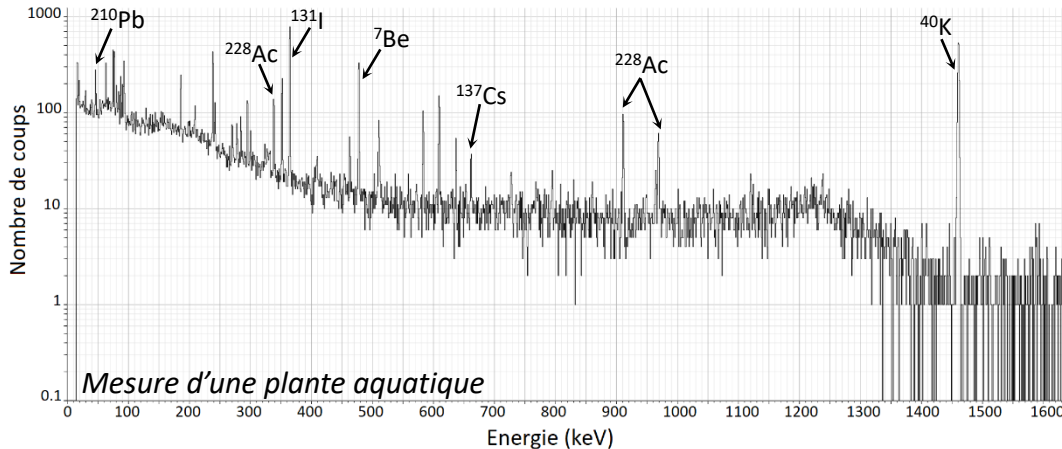
- Surface du pic S
- Intensité d'émission I
- Rendement de détection  $\varepsilon$
- Temps de comptage t (s)
- Facteurs de corrections FC

$$A = \frac{S}{I(E) \cdot \varepsilon(E, g) \cdot t \cdot FC}$$

# La spectrométrie gamma

## Spectre gamma avec un détecteur germanium hyper pur (HPGe)

- Gamme en énergie : ~ 20 keV – 3 MeV
- Interaction des photons  $\gamma$ -X avec le Ge :  
→ hauteur d'impulsion  $\propto$  E déposée
- Spectre : fond continu + pics



## Etalonnage en énergie, résolution et rendement de détection

- Sources étalon de compositions et activités connues

## Identification d'un RN

- E(pics)  
= E(raies caractéristiques du RN)

## Quantification : Activité A (Bq)

- Surface du pic S
- Intensité d'émission I
- Rendement de détection  $\varepsilon$
- Temps de comptage t (s)
- Facteurs de corrections FC

$$A = \frac{S}{I(E) \cdot \varepsilon(E, g) \cdot t \cdot FC}$$

## Précautions en vue de la mesure

### Homogénéité

- RN dans l'échantillon, matrice dans le conteneur = **mêmes conditions que pour l'étalonnage** en rendement (source étalon homogène)
- Cas des **cartouches de charbon actif** : **dépôt inhomogène de l'iode** avec profils différents selon les conditions de prélèvement (débit, humidité...)
  - => **biais lors de la mesure**
  - => recommandations (*NF M60-759:2005, CIRP-CTHIR-GTN5 n°22 et 34*) + guide CETAMA en cours de rédaction



*Cartouche de charbon actif*



# Précautions en vue de la mesure

## Homogénéité

- RN dans l'échantillon, **matrice** dans le conteneur = **mêmes conditions que pour l'étalonnage** en rendement (source étalon homogène)
- Cas des **cartouches de charbon actif** : **dépôt inhomogène de l'iode** avec profils différents selon les conditions de prélèvement (débit, humidité...)
  - => **biais lors de la mesure**
  - => recommandations (NF M60-759:2005, CIRP-CTHIR-GTN5 n°22 et 34) + guide CETAMA en cours de rédaction



## Traitement

- **Séchage, broyage, calcination...** : fonction de la matrice, quantité disponible, sensibilité de mesure recherchée...
- **Volatilité de l'iode**
  - => **perte lors du chauffage** (Thèse C. Fréchou (2000))
  - => recommandations : température de séchage < 65 °C (NF M60-780-0:2020, ISO 18589-2:2023) – presse sans chauffage pour les filtres d'aérosols



Plante aquatique  
en frais



Filtre d'aérosols

# Précautions en vue de la mesure

## Homogénéité

- RN dans l'échantillon, **matrice** dans le conteneur = **mêmes conditions que pour l'étalonnage** en rendement (source étalon homogène)
- Cas des **cartouches de charbon actif** : **dépôt inhomogène de l'iode** avec profils différents selon les conditions de prélèvement (débit, humidité...)  
=> **biais lors de la mesure**  
=> recommandations (*NF M60-759:2005, CIRP-CTHIR-GTN5 n°22 et 34*) + guide CETAMA en cours de rédaction



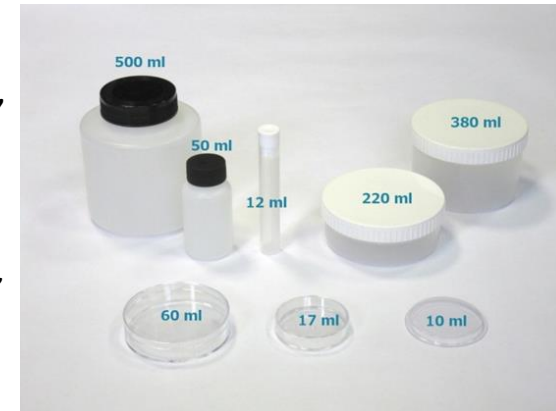
## Traitement

- **Séchage, broyage, calcination...** : fonction de la matrice, quantité disponible, sensibilité de mesure recherchée...
- **Volatilité de l'iode**  
=> **perte lors du chauffage** (*Thèse C. Fréchou (2000)*)  
=> recommandations : température de séchage < 65 °C (*NF M60-780-0:2020, ISO 18589-2:2023*) – presse sans chauffage pour les filtres d'aérosols



## Conditionnement

- **Géométries** de mesure et **remplissage** = identiques aux sources étalon



Exemples de géométries de mesure

## Difficultés liées aux très basses énergies d'émission

125I		
E (keV)	I (%)	Type
27,2	39,3	X
27,5	73,2	X
31,1	20,9	X
31,8	4,54	X
35,5	6,63	γ

129I		
E (keV)	I (%)	Type
29,5	20,1	X
29,8	37,2	X
33,7	10,3	X
34,5	2,30	X
39,6	7,42	γ



Energies < 40 keV

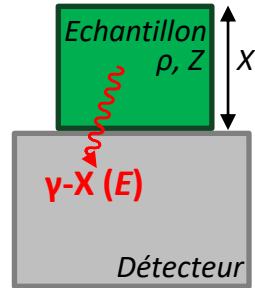
# Phénomène d'auto-atténuation

## Paramètres influençant l'atténuation des photons dans l'échantillon

- **Energie  $E$**  du photon incident : ↗ à **basse énergie**
- **Caractéristiques de l'échantillon** : ↗ avec la masse volumique  $\rho$ , composition ( $Z$ ), dimension  $X$

## Corrections du rendement de détection dues à l'auto-atténuation

- Caractéristiques échantillon  $\neq$  source étalon



# Phénomène d'auto-atténuation

## Paramètres influençant l'atténuation des photons dans l'échantillon

- **Energie  $E$**  du photon incident : ↗ à **basse énergie**
- **Caractéristiques de l'échantillon** : ↗ avec la masse volumique  $\rho$ , composition ( $Z$ ), dimension  $X$

## Corrections du rendement de détection dues à l'auto-atténuation

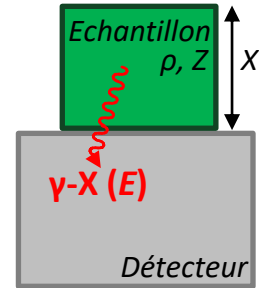
- Caractéristiques échantillon  $\neq$  source étalon
- **Facteur de correction d'auto-atténuation  $FC$**  :

$$FC(E) = \frac{f_{att}^{échantillon}(E)}{f_{att}^{étalon}(E)}$$

### Facteur d'auto-atténuation $f_{att}$ :

- $\mu_m$  : coefficient d'atténuation massique ( $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )
- $E$  : énergie du photon
- $\rho$  : masse volumique ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
- $X$  : épaisseur de l'échantillon (cm)

$$f_{att}(E) = \frac{1 - e^{-\mu_m(E) \cdot \rho \cdot X}}{\mu_m(E) \cdot \rho \cdot X}$$



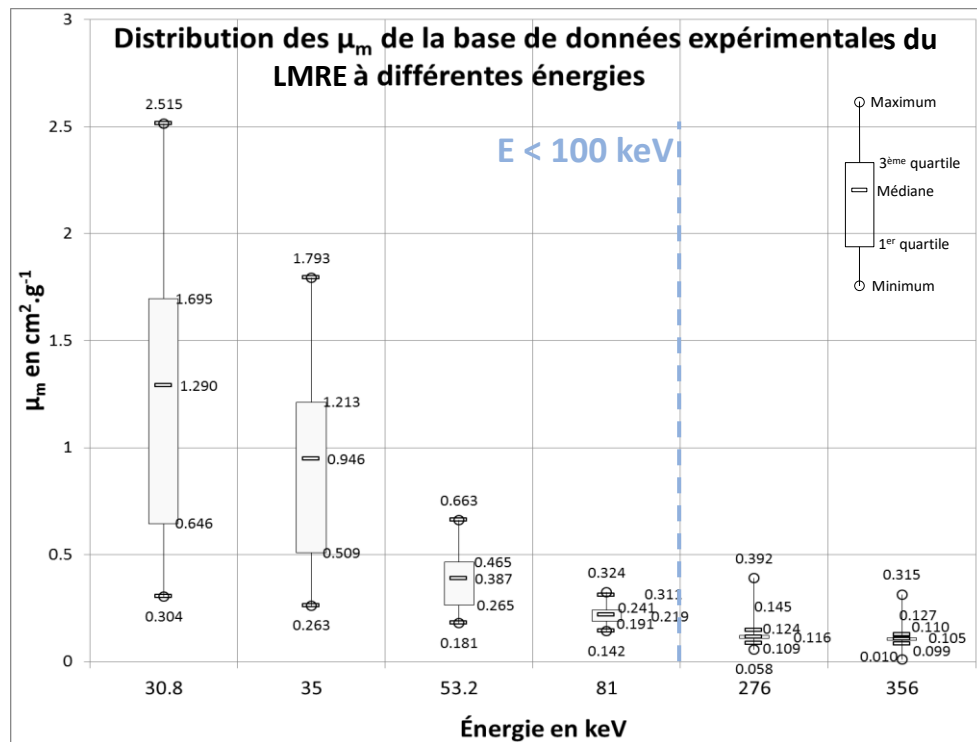
Exemples de facteurs de correction pour des échantillons de *Fucus serratus* en sec

Masse volumique ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	Géométrie (ml)	FC à 29,7 keV
1,0	60	0,76
1,0	380	0,50
1,2	380	0,41

# Coefficient d'atténuation massique $\mu_m$

## Pour les échantillons de l'environnement

- $E > 100$  keV : faible dispersion, indépendant de la matrice
- $E < 100$  keV : dispersion augmente, dépendant de la matrice



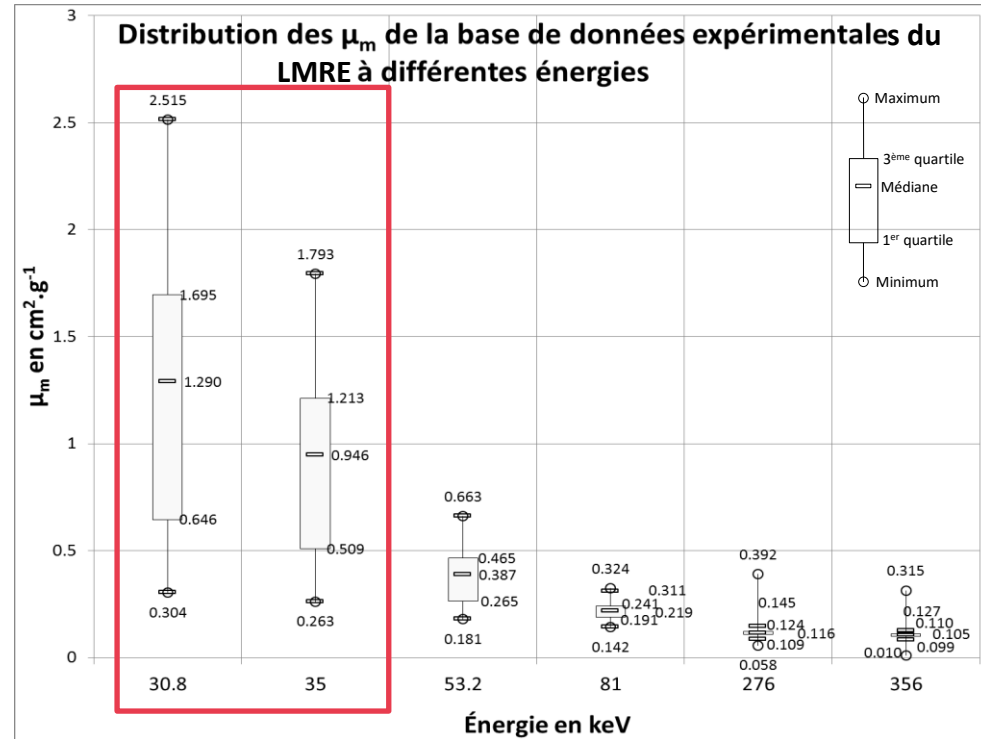
# Coefficient d'atténuation massique $\mu_m$

## Pour les échantillons de l'environnement

- $E > 100$  keV : faible dispersion, indépendant de la matrice
- $E < 100$  keV : dispersion augmente, dépendant de la matrice

## Détermination pour chaque échantillon pour $E < 40$ keV

- **Calcul (XCOM) :**
  - Composition connue
  - Composition générique
- **Mesure :** banc de transmission



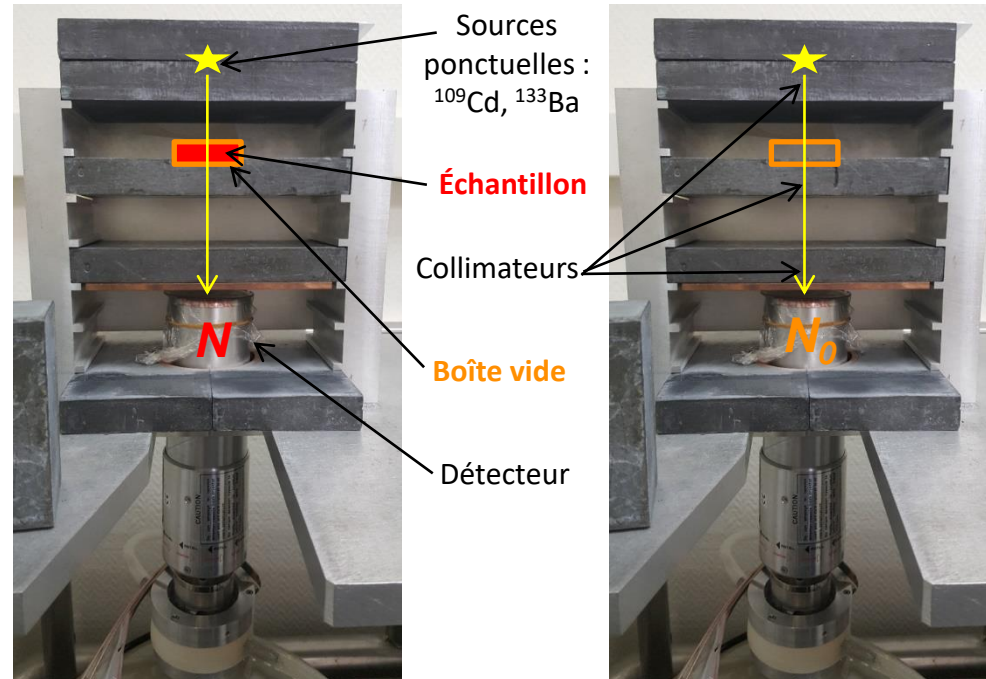
## Détermination de $\mu_m$ par transmission

### Banc de transmission

- Sources ponctuelles collimatées de  $^{109}\text{Cd}$  et  $^{133}\text{Ba}$  : **gamme 22 – 356 keV**
- 2 mesures, avec et sans l'échantillon :
  - $N(E)$  : nombre de photons d'énergie E ayant traversé l'**échantillon + boîte**
  - $N_0(E)$  : nombre de photons ayant traversé la **boîte vide**

### Calcul de $\mu_m$

$$\mu_m(\text{échantillon})(E) = \frac{\ln\left(\frac{N_0(E)}{N(E)}\right)}{\rho \cdot X}$$



Banc de transmission pour la détermination de  $\mu_m$



## Cas particulier du *Fucus serratus* en sec

### Caractéristiques

- Algue marine sur les côtes Atlantique et de la Manche
- Grande capacité à **concentrer l'iode** :  
→ la **surveillance** de l'environnement ( $^{129}\text{I}$  autour du site Orano la Hague)
- Riche en  $^{40}\text{K}$

### Détermination de $\mu_m$ aux énergies de l' $^{129}\text{I}$

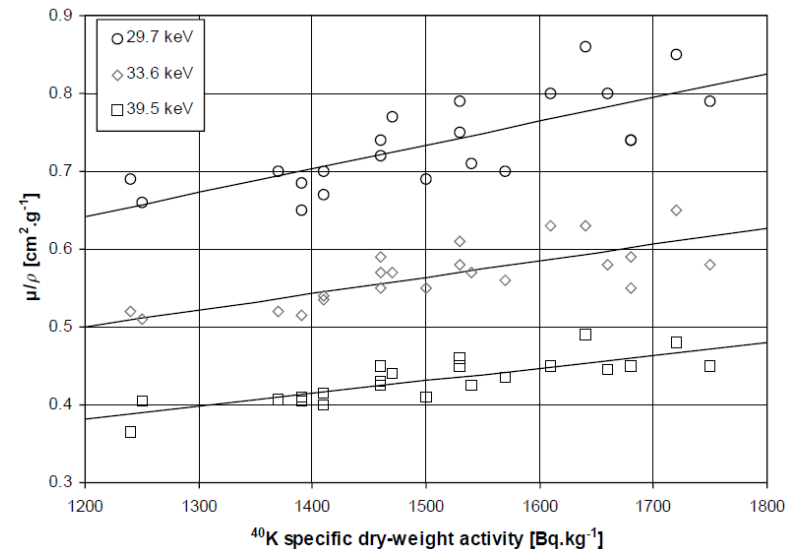
- Relation linéaire avec l'activité en  $^{40}\text{K}$  :

$$\mu_m(E) = a + b \cdot A_{40\text{K}}$$

Energy (keV)	$a$ ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )	$b$ ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{kg Bq}^{-1}$ )
29.7	0.2752	$3.057 \times 10^{-4}$
33.6	0.2486	$2.102 \times 10^{-4}$
39.6	0.1826	$1.655 \times 10^{-4}$



Pas besoin de mesure par transmission



## Difficultés liées aux énergies très proches

125I		
E (keV)	I (%)	Type
<b>27,2</b>	39,3	X
<b>27,5</b>	73,2	X
31,1	20,9	X
31,8	4,54	X
35,5	6,63	γ

129I		
E (keV)	I (%)	Type
<b>29,5</b>	20,1	X
<b>29,8</b>	37,2	X
33,7	10,3	X
34,5	2,30	X
39,6	7,42	γ

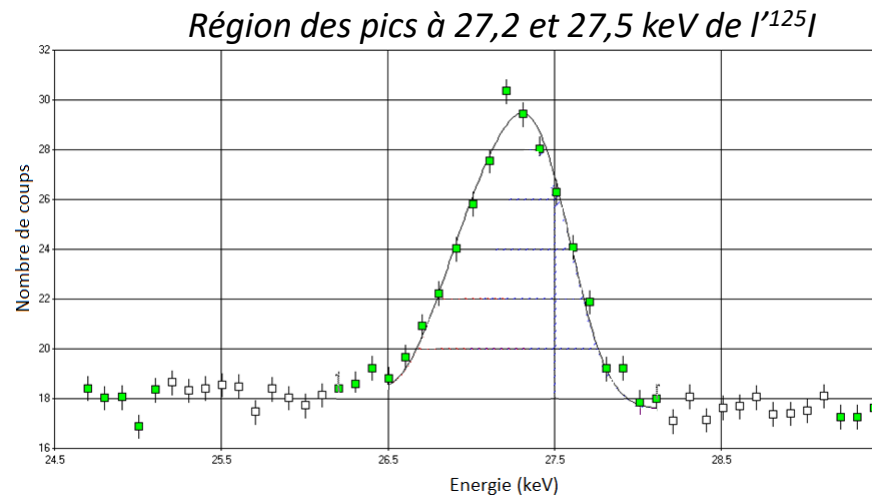


Ecart de **0,3 keV** entre les raies

## Adaptation de la bibliothèque d'analyse

### ■ Analyse du spectre

- Présence d'un seul pic dans la région d'intérêt



## Adaptation de la bibliothèque d'analyse

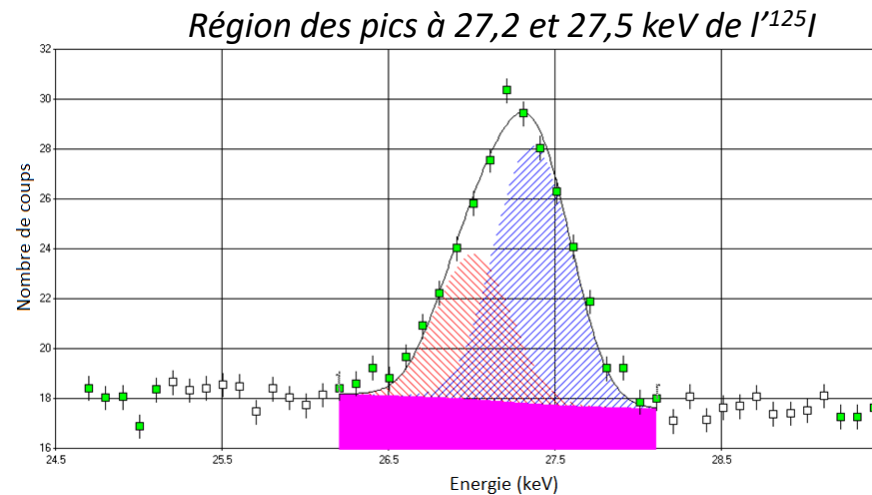
### Analyse du spectre

- Présence d'un seul pic dans la région d'intérêt

### Résolution suffisante

- Déconvolution possible : **2 contributions**

E (keV)	I (%)
27,2	39,3
27,5	73,2



# Adaptation de la bibliothèque d'analyse

## Analyse du spectre

- Présence d'un seul pic dans la région d'intérêt

## Résolution suffisante

- Déconvolution possible : **2 contributions**

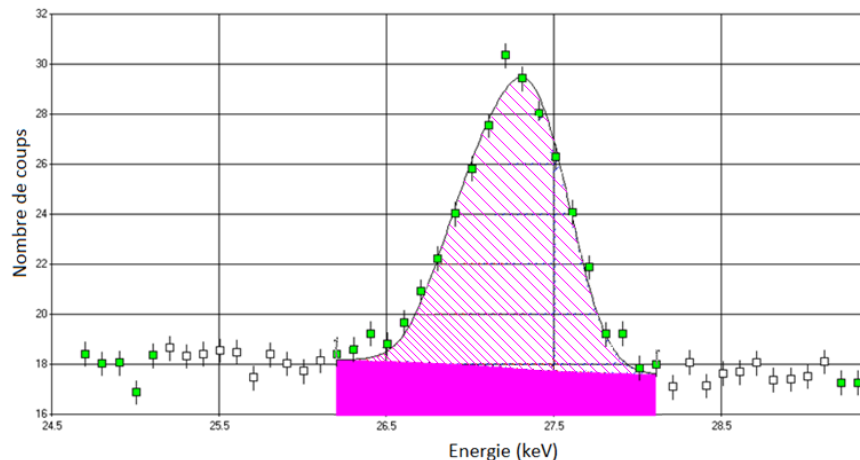
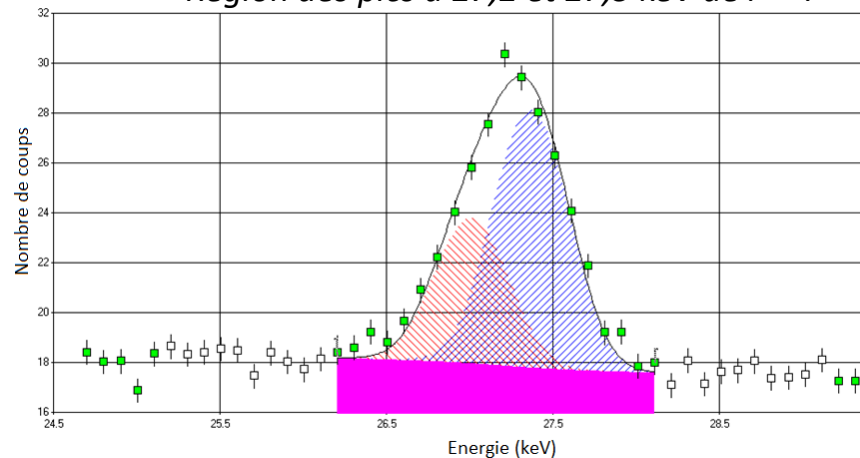
E (keV)	I (%)
27,2	39,3
27,5	73,2

## Résolution insuffisante

- Déconvolution impossible : **1 contribution**
  - énergie moyenne pondérée
  - somme des intensités

E (keV)	I (%)
27,4	112,5

Région des pics à 27,2 et 27,5 keV de  $I^{125}I$



## Difficultés liées aux photons X

125I		
E (keV)	I (%)	Type
27,2	<b>39,3</b>	<b>X</b>
27,5	<b>73,2</b>	<b>X</b>
31,1	<b>20,9</b>	<b>X</b>
31,8	4,54	X
35,5	6,63	γ

129I		
E (keV)	I (%)	Type
29,5	<b>20,1</b>	<b>X</b>
29,8	<b>37,2</b>	<b>X</b>
33,7	<b>10,3</b>	<b>X</b>
34,5	2,30	X
39,6	7,42	γ



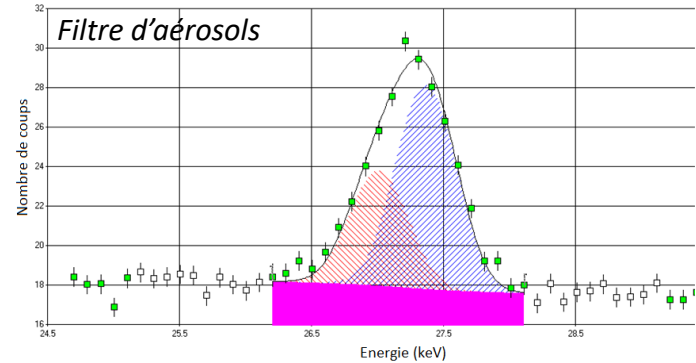
Raies les plus intenses : photon X **caractéristiques d'un atome, pas d'un RN**

## Risque de fausse identification

### Origine des photons X

- 2012 : - Pic à **27,4 keV** dans des spectres de filtres d'aérosols
  - Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → **photons X du Te**
- RN possibles** conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
<b><math>^{125}\text{I}</math></b>	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
<b><math>^{125\text{m}}\text{Te}</math></b>	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
<b><math>^{127\text{m}}\text{Te}</math></b>	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
<b><math>^{129\text{m}}\text{Te}</math></b>	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)



# Risque de fausse identification

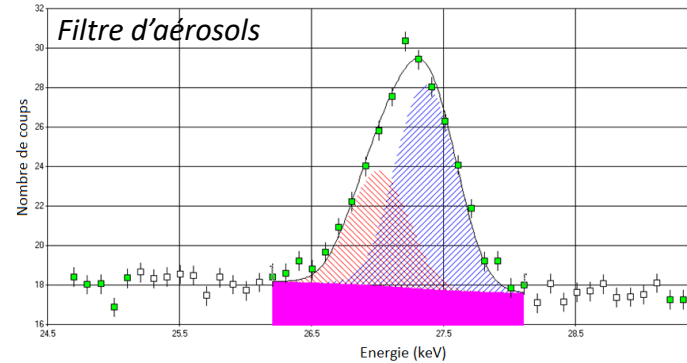
## Origine des photons X

- 2012 : - Pic à 27,4 keV dans des spectres de filtres d'aérosols  
- Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → photons X du Te
- RN possibles conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
$^{125}\text{I}$	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
$^{125\text{m}}\text{Te}$	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
$^{127\text{m}}\text{Te}$	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)

## Méthodes d'identification du RN

- Recherche de raies  $\gamma$  caractéristiques du RN
- Détermination de la période de décroissance
- Recherche de l'origine de la source d'émission





# Risque de fausse identification

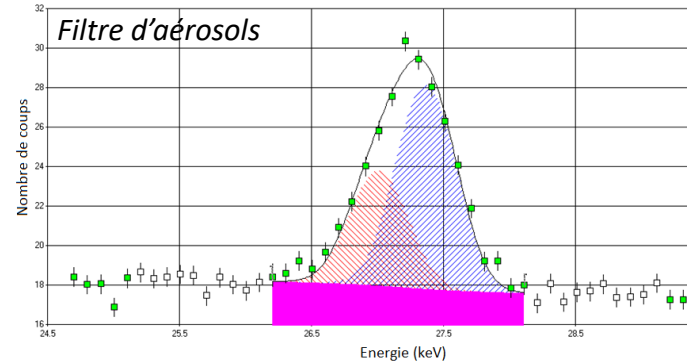
## Origine des photons X

- 2012 : - Pic à 27,4 keV dans des spectres de filtres d'aérosols
  - Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → photons X du Te
- RN possibles conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
$^{125}\text{I}$	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
$^{125\text{m}}\text{Te}$	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
$^{127\text{m}}\text{Te}$	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)

## Méthodes d'identification du RN

- ~~Recherche de raies  $\gamma$  caractéristiques du RN~~
- Détermination de la période de décroissance
- Recherche de l'origine de la source d'émission



# Risque de fausse identification

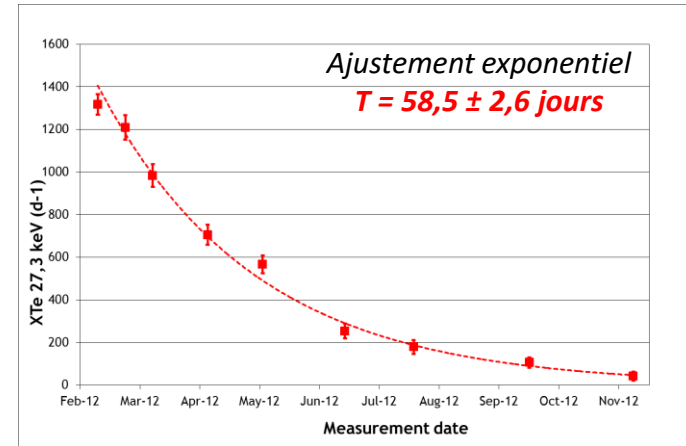
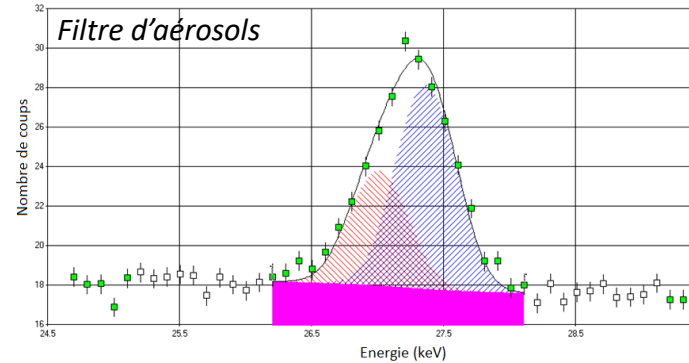
## Origine des photons X

- 2012 : - Pic à 27,4 keV dans des spectres de filtres d'aérosols
  - Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → photons X du Te
- RN possibles conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
$^{125}\text{I}$	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
$^{125\text{m}}\text{Te}$	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
$^{127\text{m}}\text{Te}$	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)

## Méthodes d'identification du RN

- ~~Recherche de raies  $\gamma$  caractéristiques du RN~~
- Détermination de la période de décroissance
- Recherche de l'origine de la source d'émission



# Risque de fausse identification

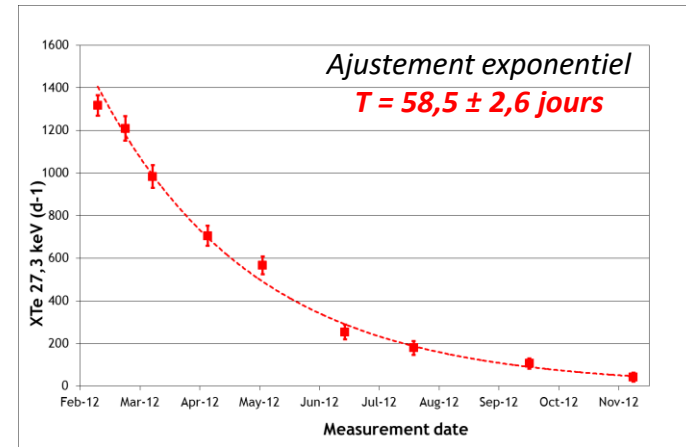
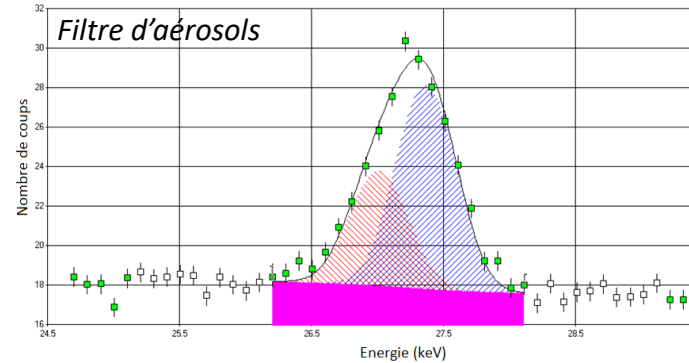
## Origine des photons X

- 2012 : - Pic à 27,4 keV dans des spectres de filtres d'aérosols
  - Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → photons X du Te
- RN possibles conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies γ émises
$^{125}\text{I}$	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
$^{125\text{m}}\text{Te}$	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
$^{127\text{m}}\text{Te}$	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)

## Méthodes d'identification du RN

- ~~Recherche de raies γ caractéristiques du RN~~
- Détermination de la période de décroissance
- Recherche de l'origine de la source d'émission



# Risque de fausse identification

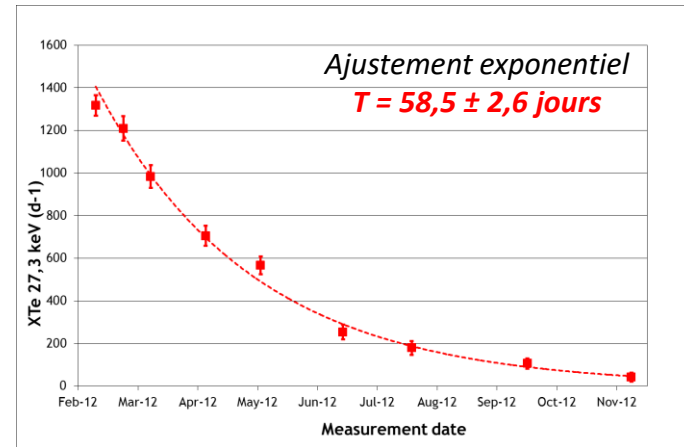
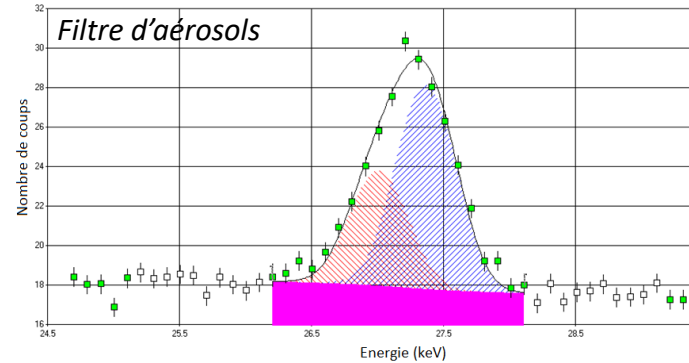
## Origine des photons X

- 2012 : - Pic à **27,4 keV** dans des spectres de filtres d'aérosols
  - Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → **photons X du Te**
- RN possibles** conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
<b>125I</b>	<b>59,4</b>	112,5	<del>35,5 keV (6,6 %)</del>
<b>125mTe</b>	<b>57,4</b>	93,0	<del>35,5 keV (6,5 %)</del> <del>109,3 keV (0,3 %)</del>
127mTe	106,1	29,6	<del>57,6 keV (0,6 %)</del>
129mTe	33,6	23	<del>695,9 keV (3,1 %)</del>

## Méthodes d'identification du RN

- ~~Recherche de raies  $\gamma$  caractéristiques du RN~~
- ~~Détermination de la période de décroissance~~
- Recherche de l'origine de la source d'émission



# Risque de fausse identification

## Origine des photons X

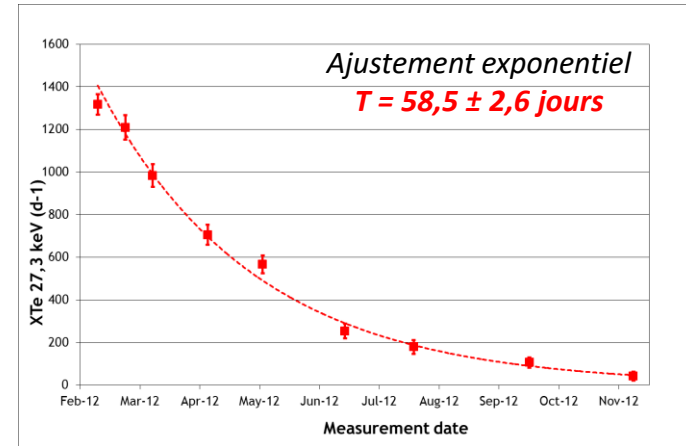
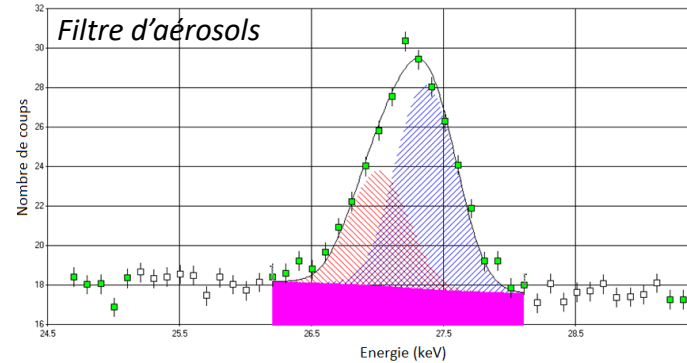
- 2012 : - Pic à 27,4 keV dans des spectres de filtres d'aérosols  
- Déconvolution : 27,2 et 27,5 keV → photons X du Te
- RN possibles conduisant au Te :

RN possible	Période (jours)	Probabilité d'émission du 27,4 keV (%)	Autres raies $\gamma$ émises
<b><math>^{125}\text{I}</math></b>	59,4	112,5	35,5 keV (6,6 %)
$^{125\text{m}}\text{Te}$	57,4	93,0	35,5 keV (6,5 %) 109,3 keV (0,3 %)
$^{127\text{m}}\text{Te}$	106,1	29,6	57,6 keV (0,6 %)
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6	23	695,9 keV (3,1 %)

## Méthodes d'identification du RN

- ~~Recherche de raies  $\gamma$  caractéristiques du RN~~
- ~~Détermination de la période de décroissance~~
- Recherche de l'origine de la source d'émission

→  $^{125}\text{I}$  rejeté par l'Institut des isotopes de Budapest en même temps qu'un rejet d' $^{131}\text{I}$



## Difficultés liées aux périodes courtes

Isotope	Période ( $T_{1/2}$ )
<b><math>^{123}\text{I}</math></b>	<b>13,2 heures</b>
$^{125}\text{I}$	59,4 jours
$^{129}\text{I}$	$16,1 \cdot 10^6$ ans
<b><math>^{131}\text{I}</math></b>	<b>8,02 jours</b>
<b><math>^{132}\text{I}</math></b>	<b>2,30 heures</b>



**Disparition rapide : mesurer le plus tôt possible**

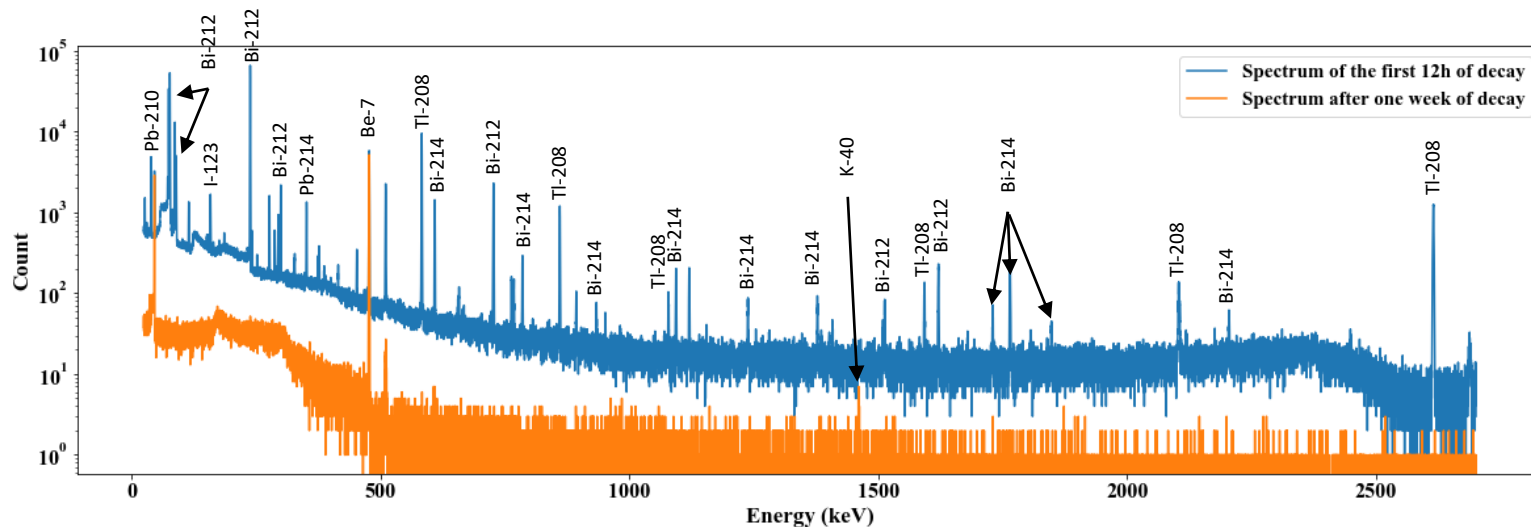
# Mesure des filtres d'aérosols lors d'un événement radiologique

## Mesure immédiate : information rapide

- Mesure **dès la fin du prélèvement**, court temps de **comptage (quelques heures)**
- Spectre **complexe** : présence des descendants particuliers du radon
- **Incertitudes et seuils de décision élevés**

## Mesure longue : détermination du terme source

- Mesure **4-7 jours après le prélèvement** ( $\searrow$  des descendants du radon), temps de **comptage 2-4 jours**
- **Disparition** des isotopes de période courte



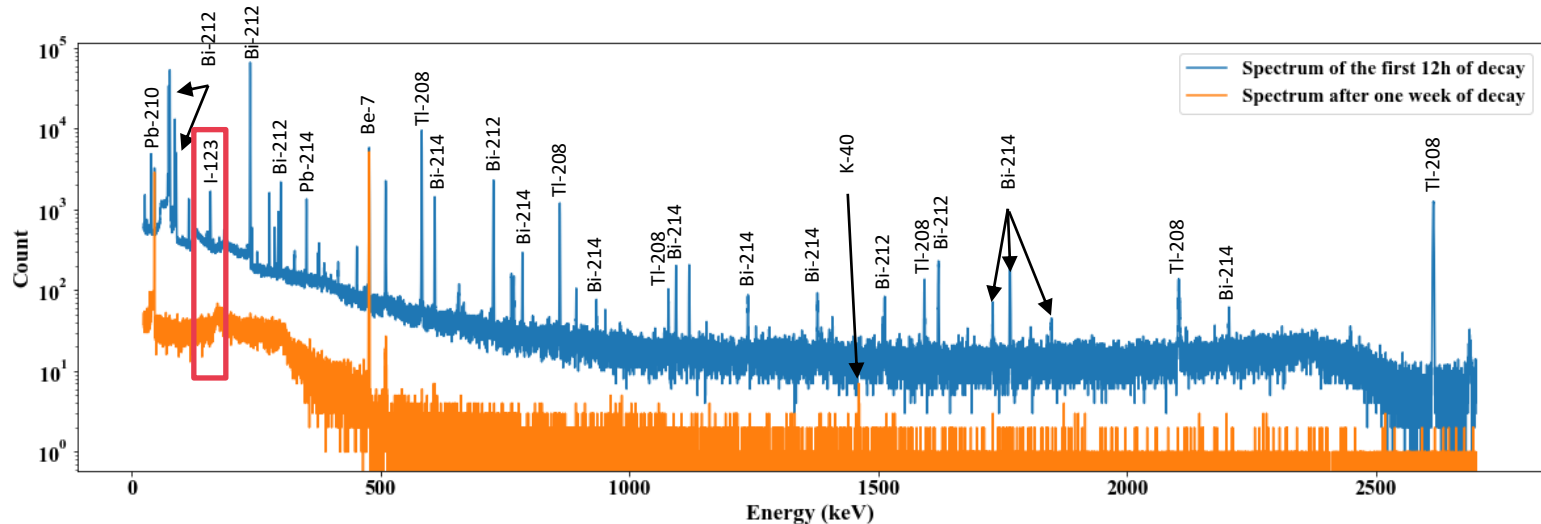
# Mesure des filtres d'aérosols lors d'un événement radiologique

## Mesure immédiate : information rapide

- Mesure dès la fin du prélèvement, court temps de comptage (quelques heures)
- Spectre complexe : présence des descendants particuliers du radon
- Incertitudes et seuils de décision élevés

## Mesure longue : détermination du terme source

- Mesure 4-7 jours après le prélèvement (↘ des descendants du radon), temps de comptage 2-4 jours
- Disparition des isotopes de période courte





## Développement de nouvelles approches d'analyse

### ■ Démélange spectral

- Activités déterminées à partir de **l'ensemble du spectre (fond Compton + pics)** au lieu des pics seuls
- Résultats significatifs **plus rapidement** après le prélèvement :

Filtre  
d'aérosols  
<sup>137</sup>Cs

- Routine : **8 jours minimum**
- Démélange spectral (*Xu et al.*) : **4 jours**
- Démélange spectral + analyse conjointe de mesures successives avec prise en compte de l'information temporelle (*Malfrait et al.*) : **1 jour 7 heures**

## Développement de nouvelles approches d'analyse

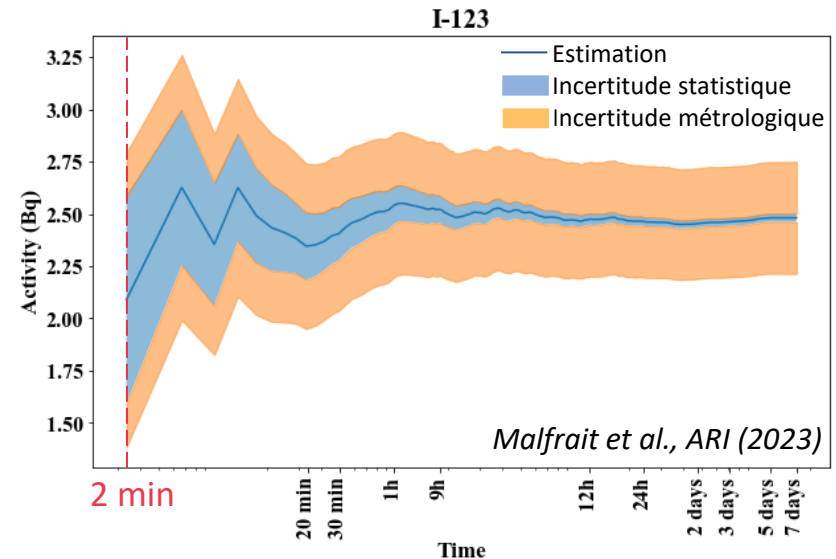
### ■ Démélange spectral

- Activités déterminées à partir de **l'ensemble du spectre (fond Compton + pics)** au lieu des pics seuls
- Résultats significatifs **plus rapidement** après le prélèvement :

Filtre d'aérosols <sup>137</sup> Cs	– Routine : <b>8 jours minimum</b>
	– Démélange spectral (Xu et al.) : <b>4 jours</b>
	– Démélange spectral + analyse conjointe de mesures successives avec prise en compte de l'information temporelle (Malfrait et al.) : <b>1 jour 7 heures</b>

### ■ Détermination de l'activité de l'<sup>123</sup>I (T<sub>1/2</sub> = 13,2 h)

- Mesure 30 min après le prélèvement
- Analyse par **démélange spectral (Malfrait et al.)** :
  - Activité ~ 2 Bq estimée **au bout de 2 min**
  - Réduction des incertitudes avec le temps



## Coexistence d'un couple père/fils : choix de la période

### Observation du couple $^{132}\text{Te} - ^{132}\text{I}$

- $^{132}\text{Te}$  :  $T_{1/2} = 3,2 \text{ j}$
- $^{132}\text{I}$  :  $T_{1/2} = 2,3 \text{ h}$

### Détermination de l'activité de l' $^{132}\text{I}$

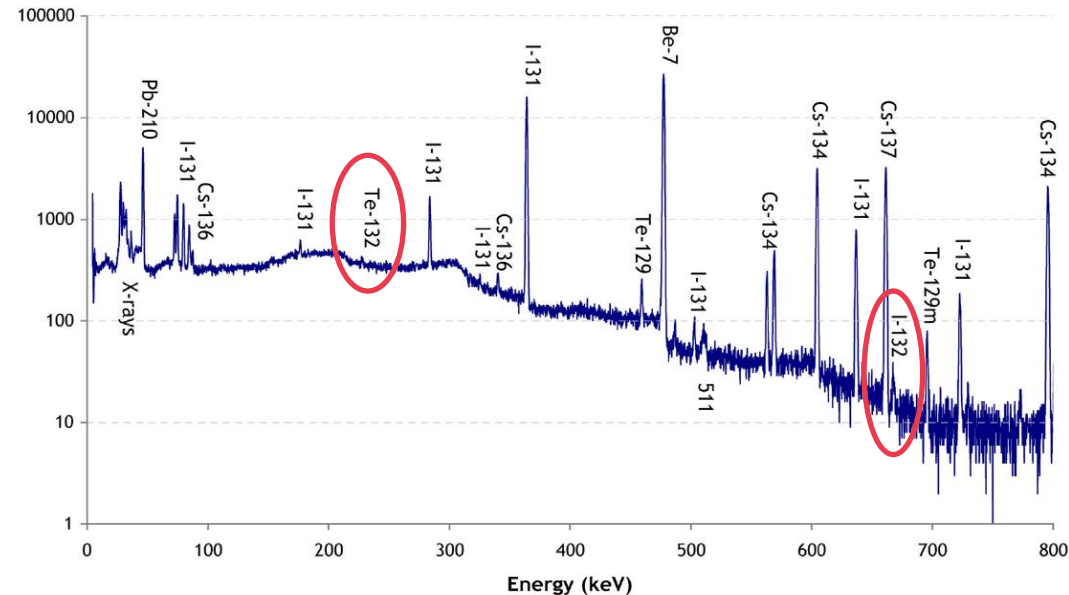
- Si **équilibre père – fils** :

$$T_{1/2}(^{132}\text{I}) = T_{1/2}(^{132}\text{Te}) = 3,2 \text{ j}$$

- Si **pas d'équilibre** :

$$T_{1/2}(^{132}\text{I}) = 2,3 \text{ h}$$

→ Influence de la période sur le **résultat final** : correction de la **décroissance radioactive pendant la mesure** et **jusqu'à la date de référence**



Mesure d'un filtre d'aérosols en France suite à l'accident de Fukushima 1 semaine après le prélèvement, temps de comptage 4 jours

## Conclusion

 La mesure par spectrométrie gamma des radioisotopes de l'iode dans les échantillons de l'environnement nécessite de prendre des précautions :



Dépôt inhomogène dans les cartouches de charbon actif → **biais** lors de la mesure



Caractère **volatil** de l'iode → risque de **perte** si chauffage



Très **basses énergies** d'émission → corrections de rendement dues à l'**auto-atténuation**



**Energies très proches** → **adaptation de la bibliothèque** d'analyse



**Photons X** uniquement → risques de **fausse identification**



**Périodes courtes** → **mesure rapide**, utilisation de **nouvelles méthodes d'analyse**, choix de la **période**