



IMPACT DU RADON SUR LE DÉCLENCHEMENT DES PORTIQUES DE CONTRÔLE RADIOLOGIQUE EN SORTIE DES ZONES CONTRÔLÉES

12^{ème} Congrès national de la SFRP La Rochelle

Rédacteurs : Maxime KARST (EDF UNIE GPEX),
Cédric CERNA, Jean JOUVE, Thibaud LE NOBLET
(CNRS/IN2P3/CENBG)

Date : 18/06/2019



université
de **BORDEAUX**



SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE
2. ZOOM SUR LES PORTIQUES C2 ET LA « PROBLÉMATIQUE RADON »
3. MÉTHODOLOGIE – EXPOSITION CONTRÔLÉE AU RADON 222
4. RÉSULTATS
5. CONCLUSIONS

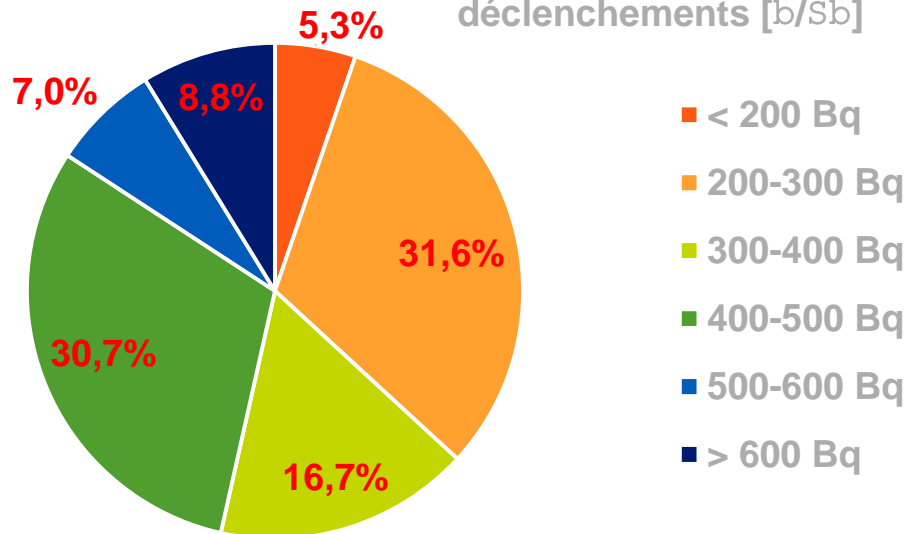
CONTEXTE DE L'ÉTUDE

- **Propreté radiologique relative aux zones contrôlées**

- Indicateur national du taux de déclenchement des portiques C2.

Exemple : BLA (01-04/2019) – 66011 passages au C2 – 88 déclenchements - 114 déclenchements causés par les descendants du Radon

Répartition des activités indiquées par le portique C2 lors de déclenchements [b/Sb]



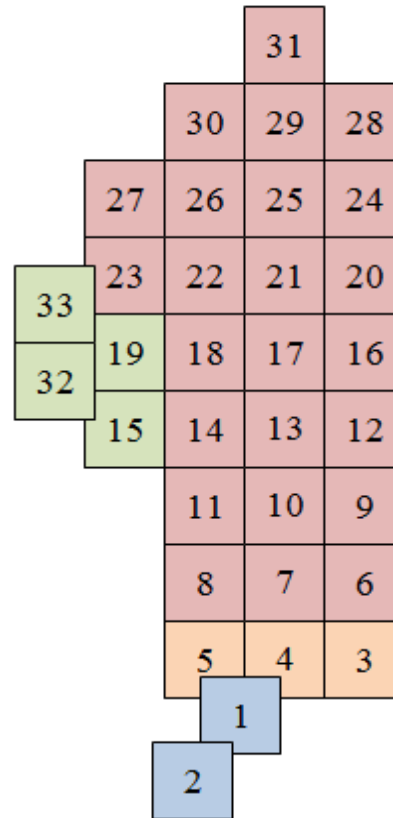
- **Optimisation des conditions de contrôle aux portiques C2**

- Optimisation des procédures de contrôle et de prise en charge
- Apporter des données expérimentales et pédagogiques complémentaires aux intervenants concernés par des détections C2 attribuées au Radon

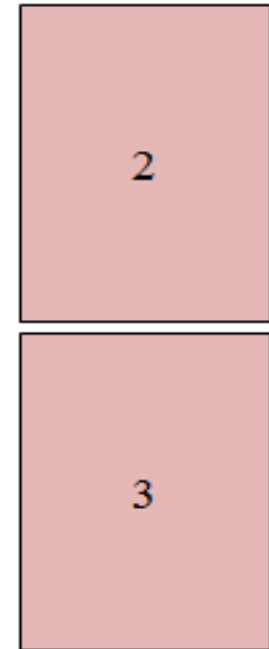
ZOOM SUR LES PORTIQUES C2



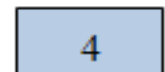
TSEII
(67% du parc)



33 Détecteurs **Bêta**

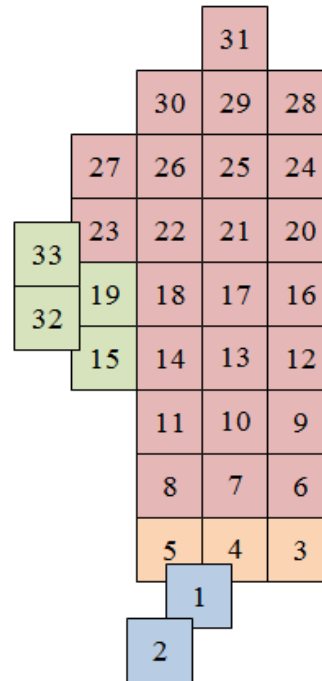
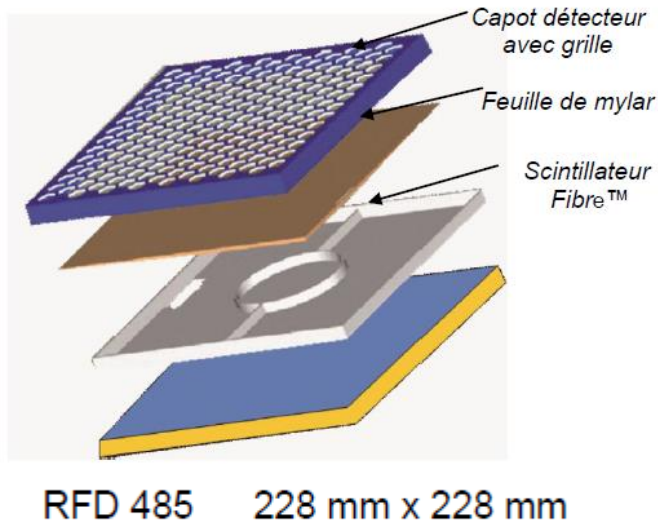


3 Détecteurs **Gamma**



- 2 passages (face et dos)
- Quelques secondes (typiquement 10s) de mesure par passage

ZOOM SUR LES PORTIQUES C2



33 Détecteurs **Bêta**

RE - Positions	Rdt (%)
^{60}Co - contact	6,5%
^{60}Co - à 5 cm	3,2%
^{36}Cl - contact	11,4%
^{90}Sr - contact	22,8 %
^{214}Pb - contact	~10%
^{214}Bi - contact	~12,5%

- Détecteurs Bêta :
 - Etalonnage réalisé au Cobalt 60 à 5 cm et **contact**
 - **Seuils d'alarme : 100 Bq main / 200 Bq corps**
 - Surface de détection unitaire : **485 cm²**
 - Rendements typiques : ^{60}Co et ^{36}Cl
 - Rendements estimés : ^{214}Pb et ^{214}Bi

ZOOM SUR LES PORTIQUES C2

RE - Positions	Rdt (%)
^{60}Co – à 15 cm	12,5%
^{137}Cs – à 15 cm	4,5%
^{133}Ba – 15 cm	2,5%
^{214}Pb – 15 cm	~ 1,4%
^{214}Bi – 15 cm	~ 5,8%

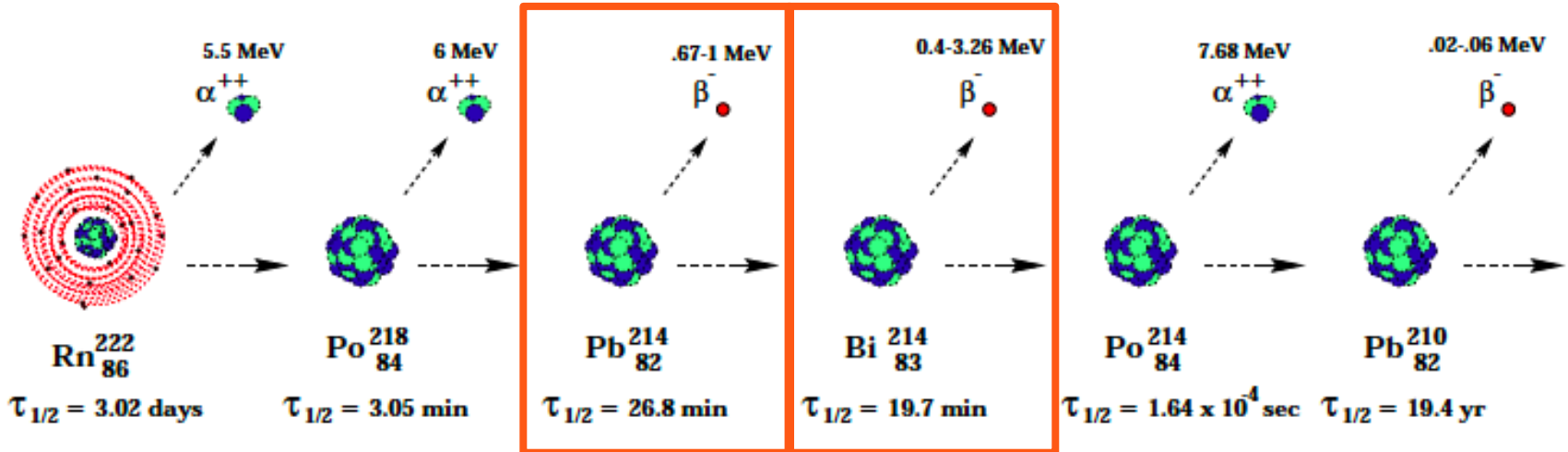


3 Détecteurs **Gamma**

- Détecteurs gamma :
 - Etalonnage réalisé au Cobalt 60 **à 15 cm**
 - **Seuils d'alarme : 600 Bq corps / 800 Bq (Voie Σ)**
 - Rendements typiques : ^{60}Co , ^{137}Cs et ^{133}Ba
 - Rendements estimés : ^{214}Pb et ^{214}Bi

PROBLÉMATIQUE « RADON »

- Le Radon et ses descendants : source de déclenchement des portiques C2 en sortie de zone contrôlée (contamination vestimentaire)



E_b = 667 keV (I=47%)
E_b = 724 keV (I=41%)

E_g = 295 keV (I=19%)
E_g = 352 keV (I=36%)

E_b = 1506 keV (I=17%)
E_b = 1540 keV (I=18%)
E_b = 3270 keV (I=20%)

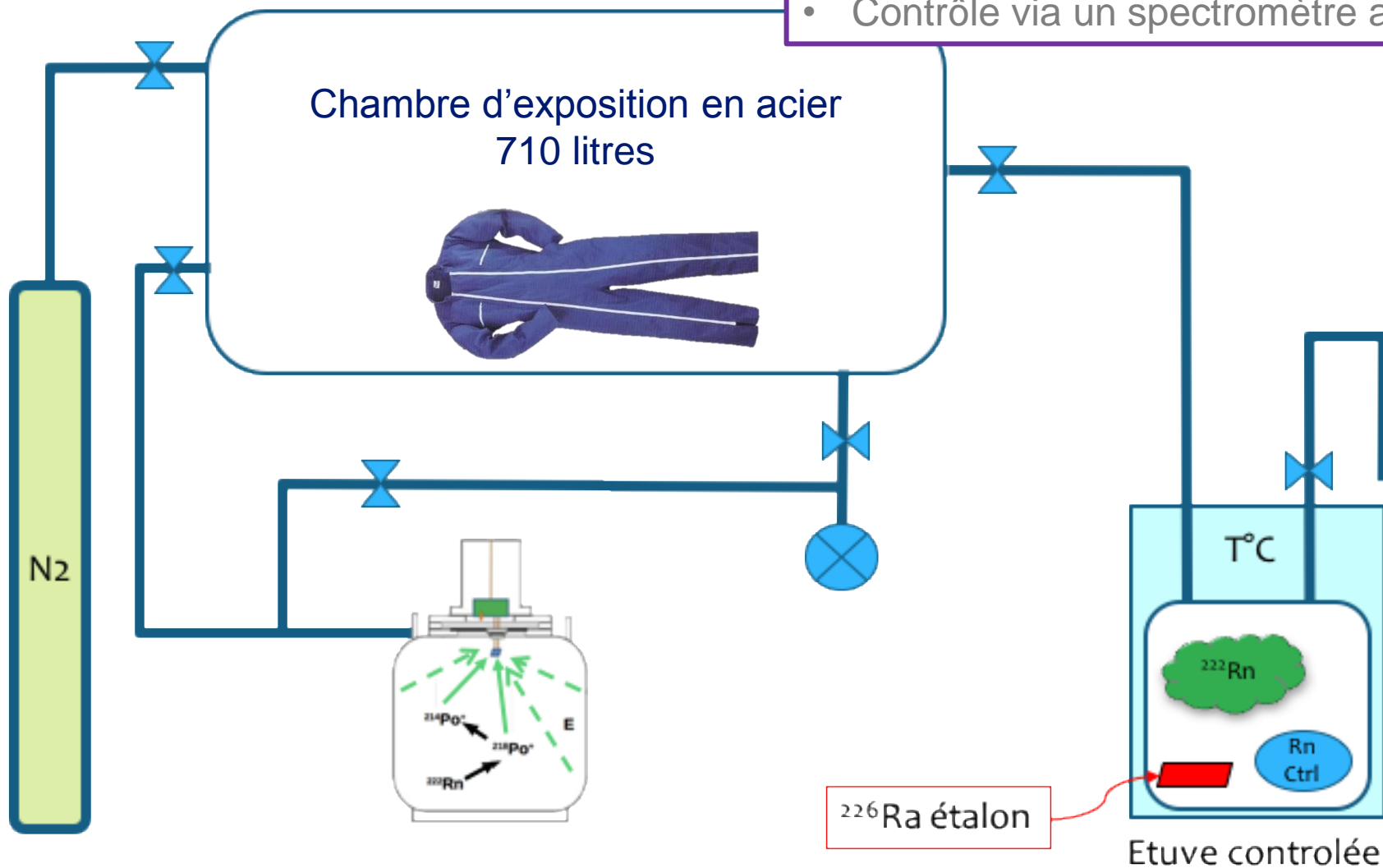
E_g = 609 keV (I=46%)
E_g = 1120 keV (I=15%)
E_g = 1764 keV (I=15%)

- 3 variables testées : temps d'exposition/concentration en Radon/nature du textile

MÉTHODOLOGIE EXPOSITION CONTRÔLÉE

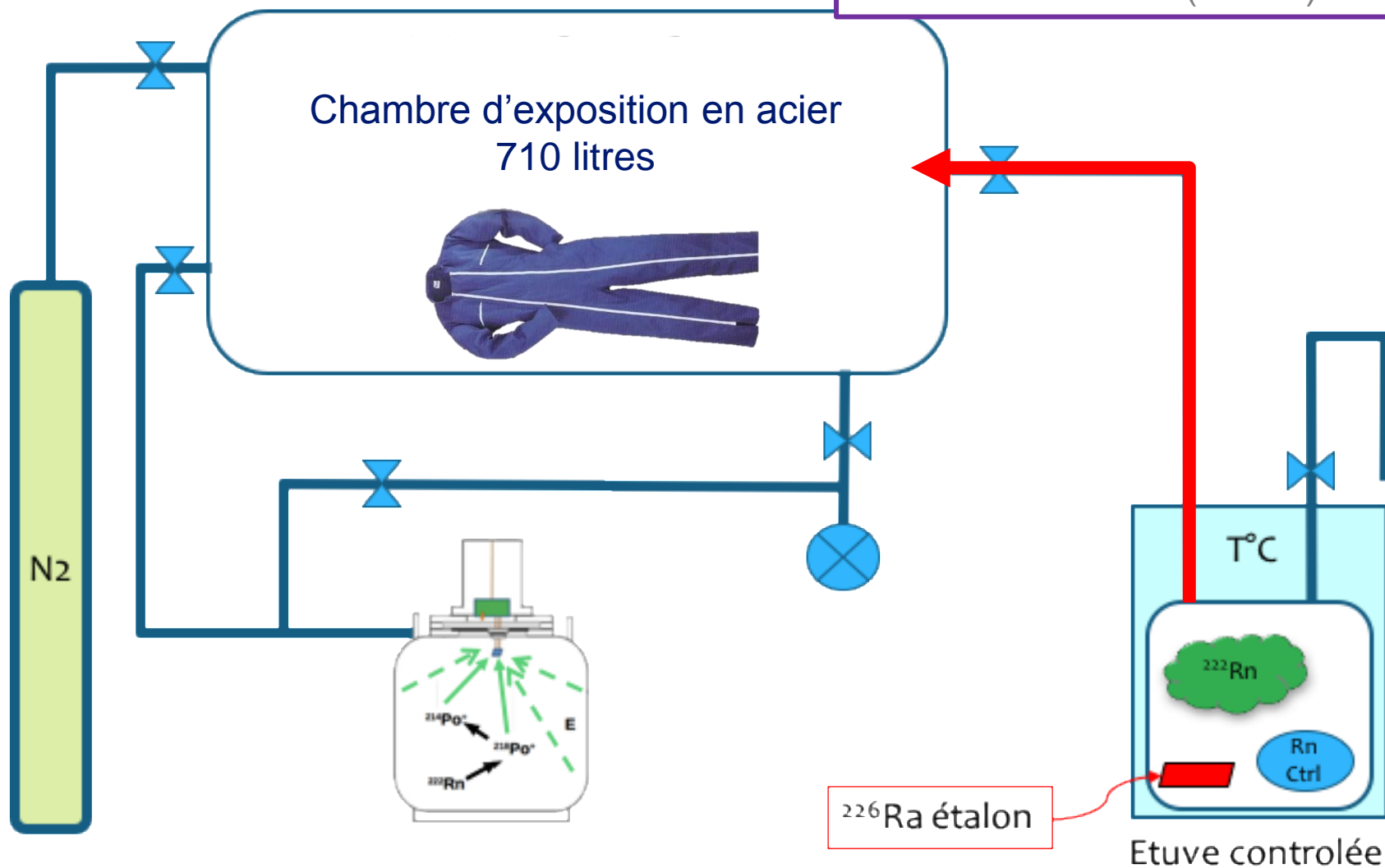
1. Emanation du Radon

- Durée > 4 j
- Contrôle via un spectromètre alpha



MÉTHODOLOGIE EXPOSITION CONTRÔLÉE

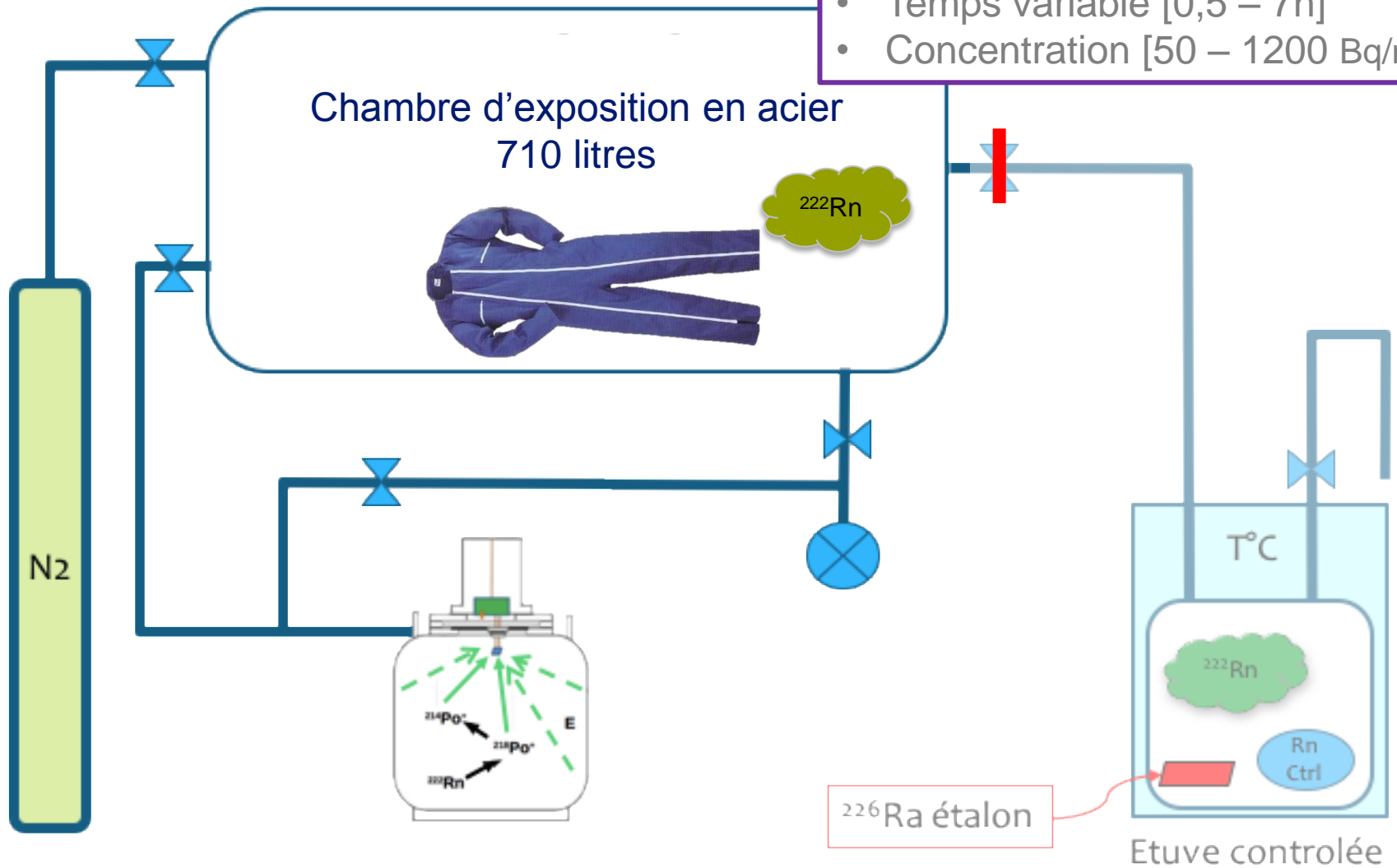
2. Transfert du Radon vers la chambre d'exposition
 - Instantanément (<5min)



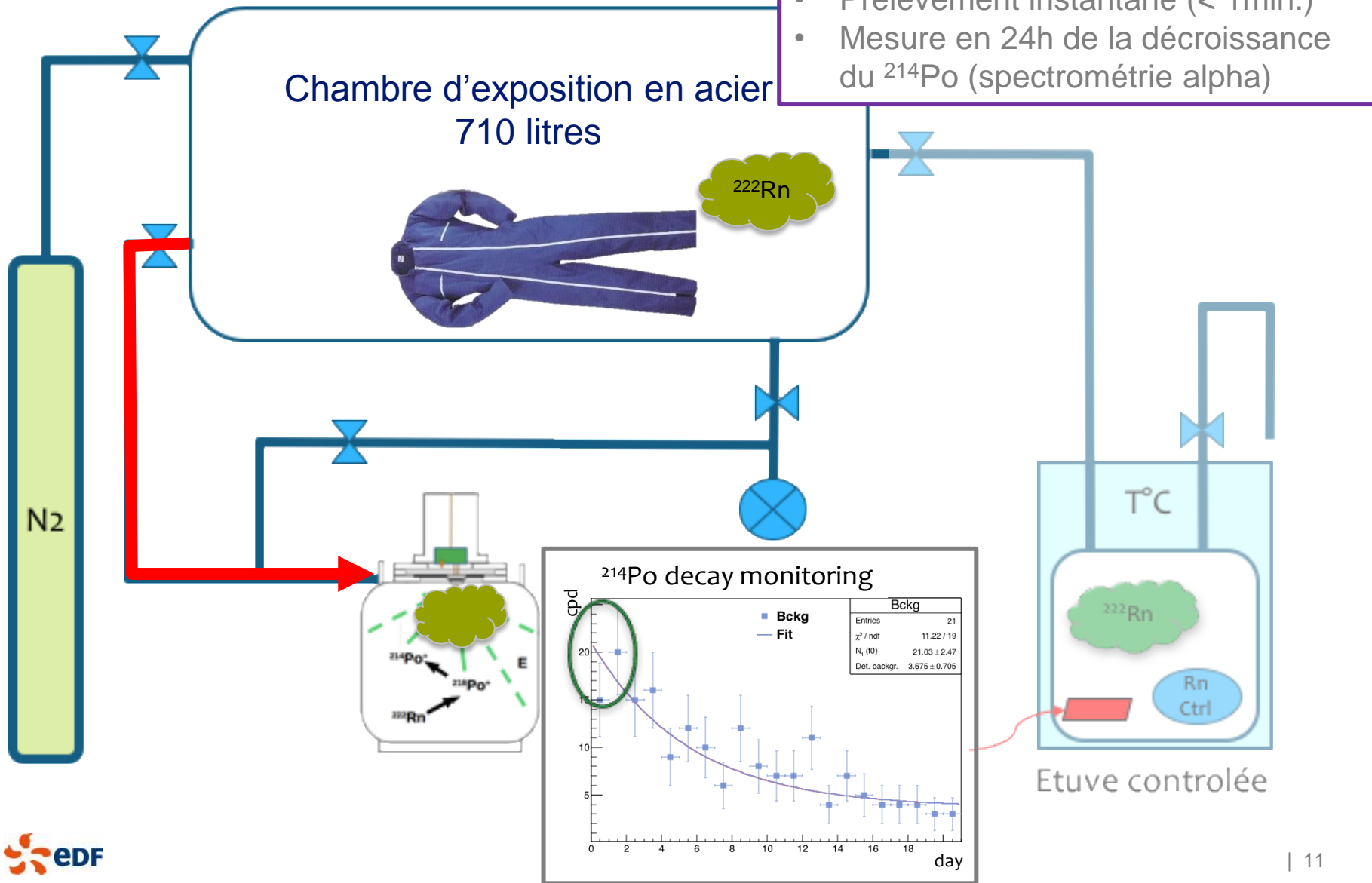
MÉTHODOLOGIE EXPOSITION CONTRÔLÉE

3. Exposition des vêtements au Radon

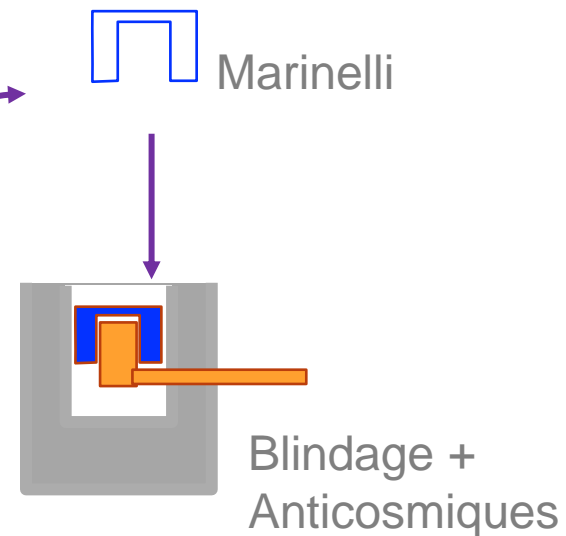
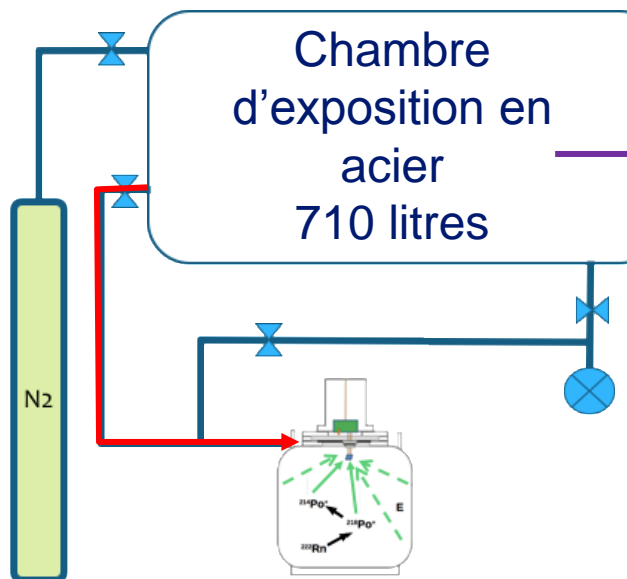
- Temps variable [0,5 – 7h]
- Concentration [50 – 1200 Bq/m³]



MÉTHODOLOGIE EXPOSITION CONTRÔLÉE

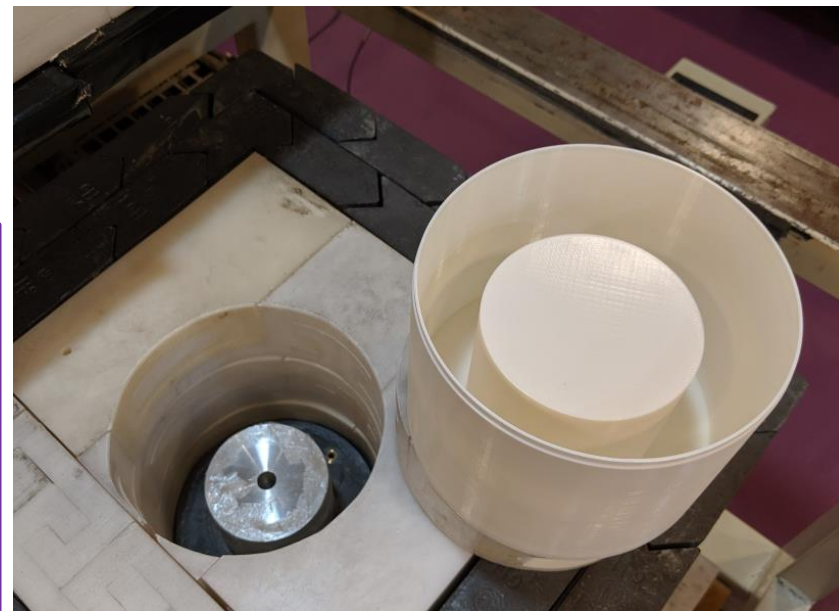


MÉTHODOLOGIE EXPOSITION CONTRÔLÉE

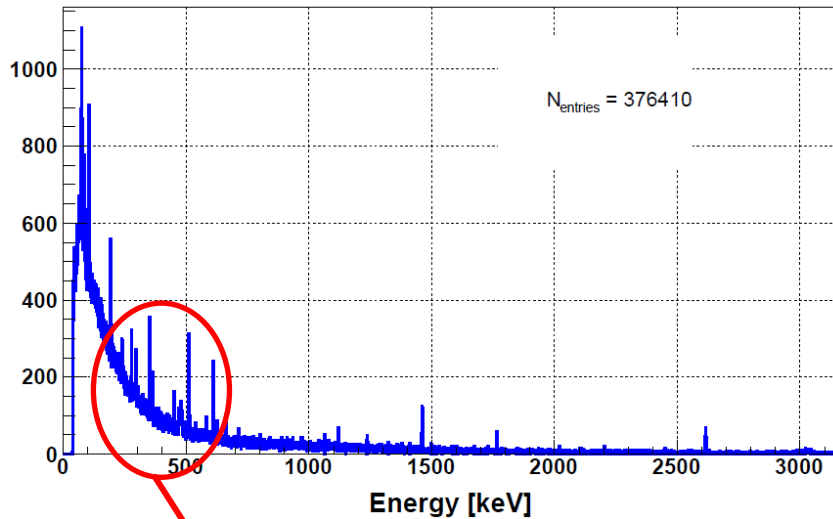


5. Sortie de l'échantillon
6. Conditionnement dans un marinelli
7. Mise en comptage gamma sur un détecteur GeHP 300 cm³

- Mise en comptage < 5 minutes
- Mesure en 4 h du ^{214}Pb et ^{214}Bi

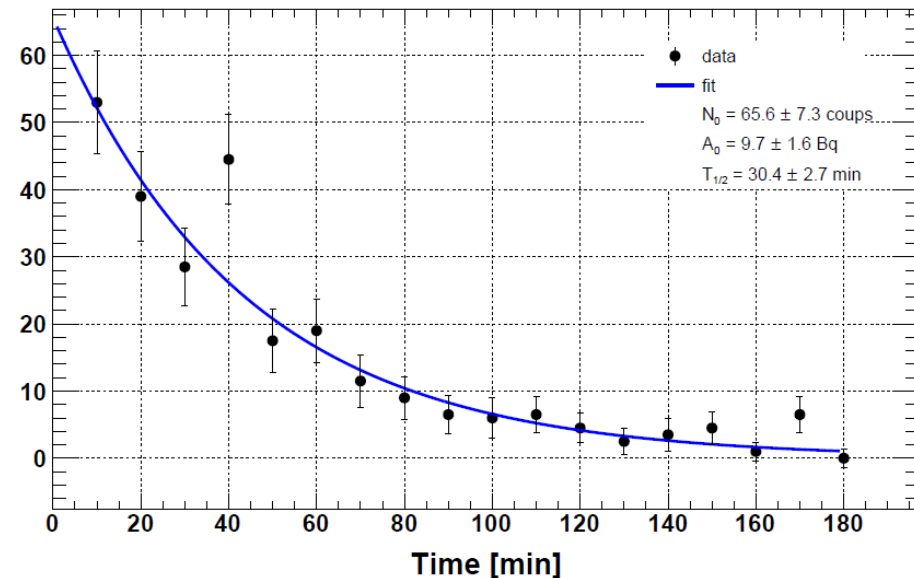
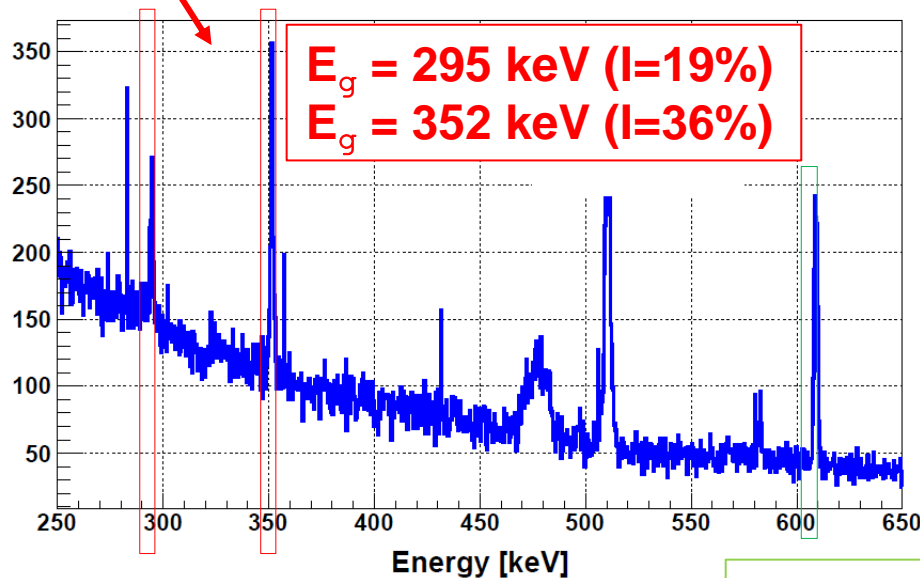


RÉSULTATS – EXPOSITION 80 BQ/M3 – 1H05



Description échantillon	Composition de l'échantillon
T-shirt bleu [Omexom]	100% Coton

$A_i(^{214}\text{Pb}) = 9,7 \text{ Bq} (\pm 1,6)$
 $A_i(^{214}\text{Bi}) = 7,8 \text{ Bq} (\pm 1,7)$



$E_g = 609 \text{ keV} (I=46\%)$

RÉSULTATS – EXPOSITION 80 BQ/M3 – 1H05

–VOIES BETA

$$A_i(^{214}\text{Pb}) = 9,7 \text{ Bq } (\pm 1,6)$$

$$A_i(^{214}\text{Bi}) = 7,8 \text{ Bq } (\pm 1,7)$$

- **Hypothèse 1** activité déposée en surface et uniformément sur 7000cm² [t-shirt]
- Surfaces détecteurs simple/ somme quadruple : 485 cm² / 1940 cm²

Description échantillon	Composition de l'échantillon
T-shirt bleu [Omexom]	100% Coton

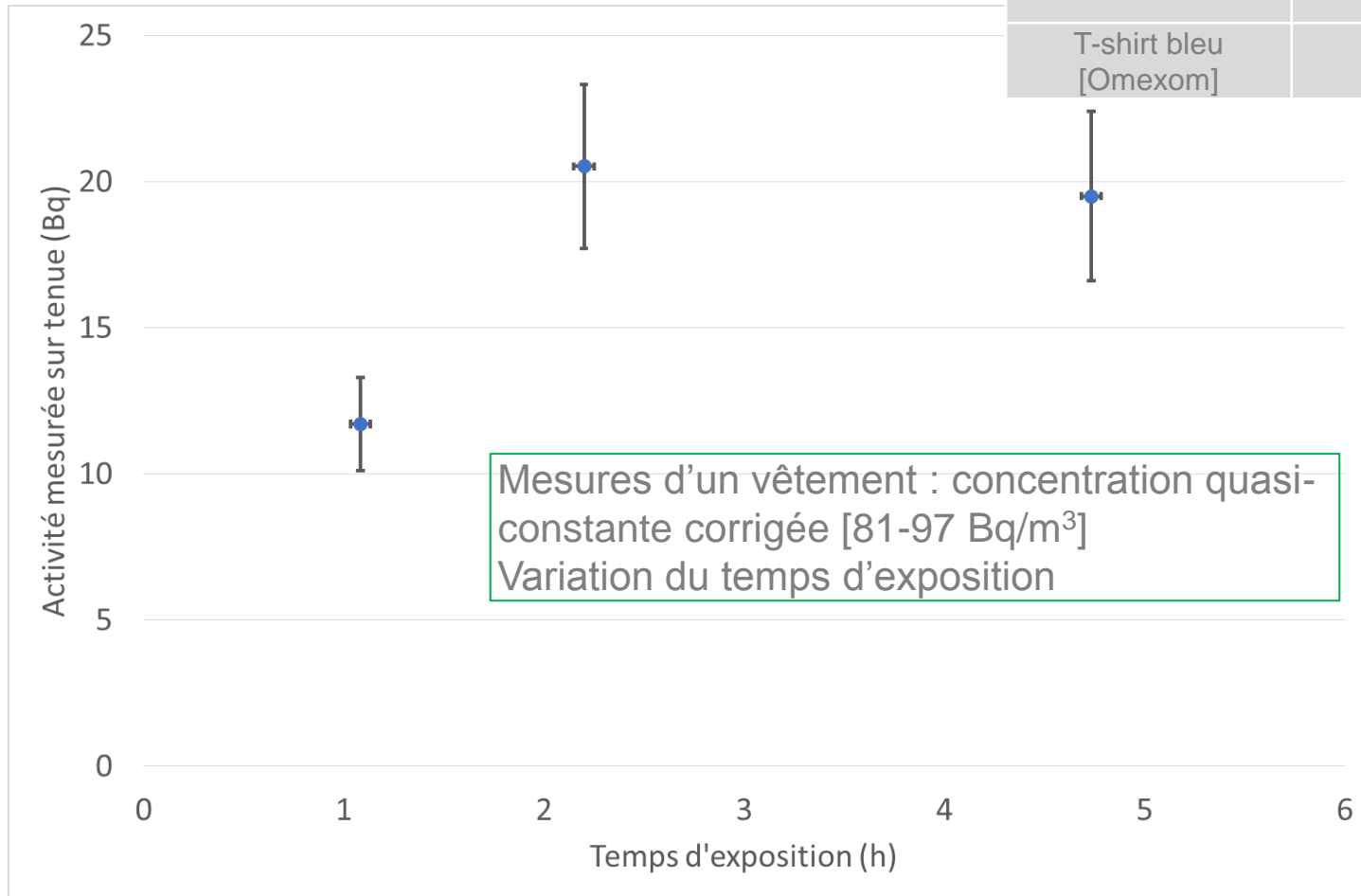
RE - Positions	Rdt (%)
²¹⁴ Pb - contact	~10%
²¹⁴ Bi - contact	~12,5%
⁶⁰ Co – à 5 cm	3,2%

Activités déposées	Taux de comptage total voie simple (c/s)	Bq eq Co60 voie simple Hyp 1	Bq eq Co60 voie quadruple Hyp 1
9,7 Bq [²¹⁴ Pb]	0,067	2,1	8,4
7,8 Bq [²¹⁴ Bi]	0,084	2,1	8,6
TOTAL		4,2	17

- Impact sur les voies gamma négligeable : de l'ordre de 5 Bq eq. Cobalt 60

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

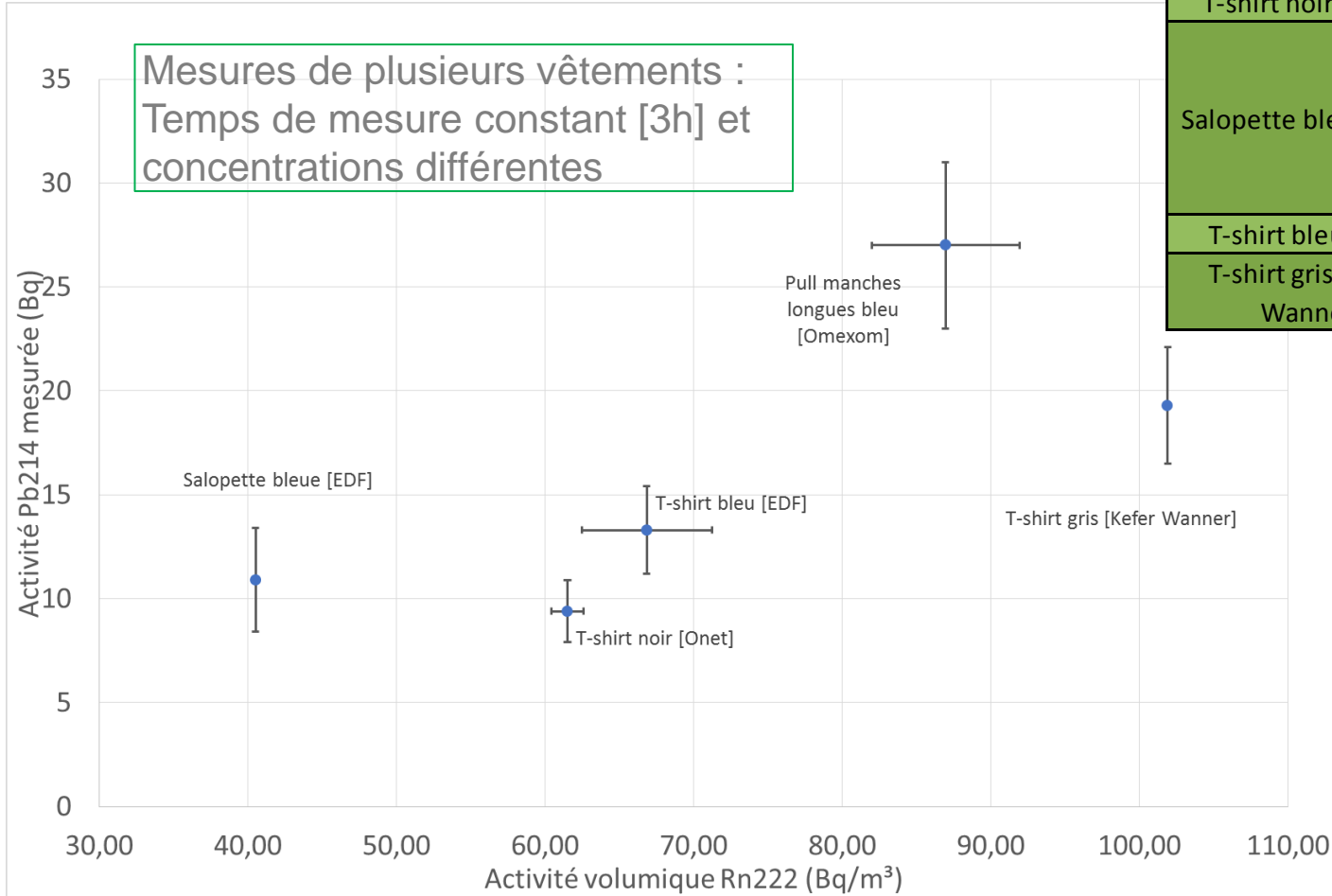
Description échantillon	Composition de l'échantillon
T-shirt bleu [Omexom]	100% Coton



- L'activité mesurée croît jusqu'à 2h d'exposition puis reste constante

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

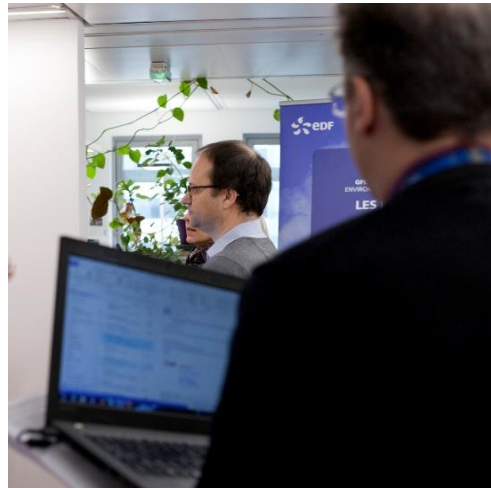
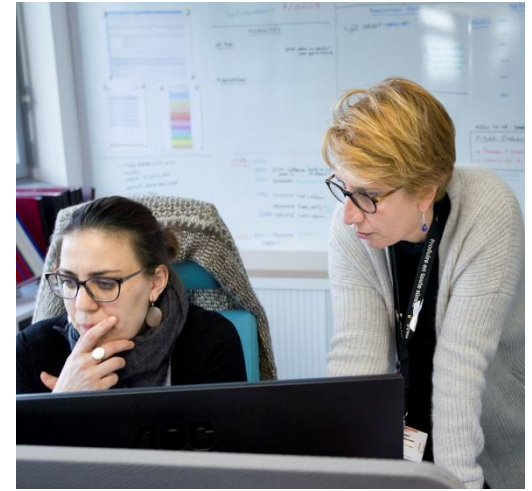
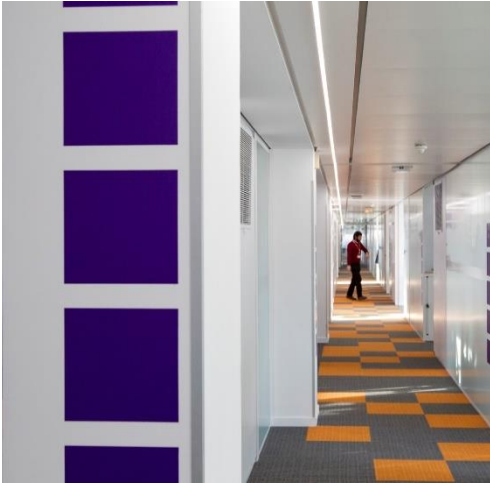
Pull manches longues bleu [Omexom]	80% Coton / 20% Polyester
T-shirt noir [Onet]	100% Coton
Salopette bleue [EDF]	88% Coton / 12% Fibres synthétiques / Fibres antistatiques
T-shirt bleu [EDF]	100% Coton
T-shirt gris [Kefer Wanner]	85% Coton / 15% Viscose



Activités déposées [$^{214}\text{Pb}/^{214}\text{Bi}$]	Bq eq Co60 voie simple Hyp 1	Bq eq Co60 voie quadruple Hyp 1
9,4 Bq	4,1	17
35Bq	17	68

CONCLUSIONS

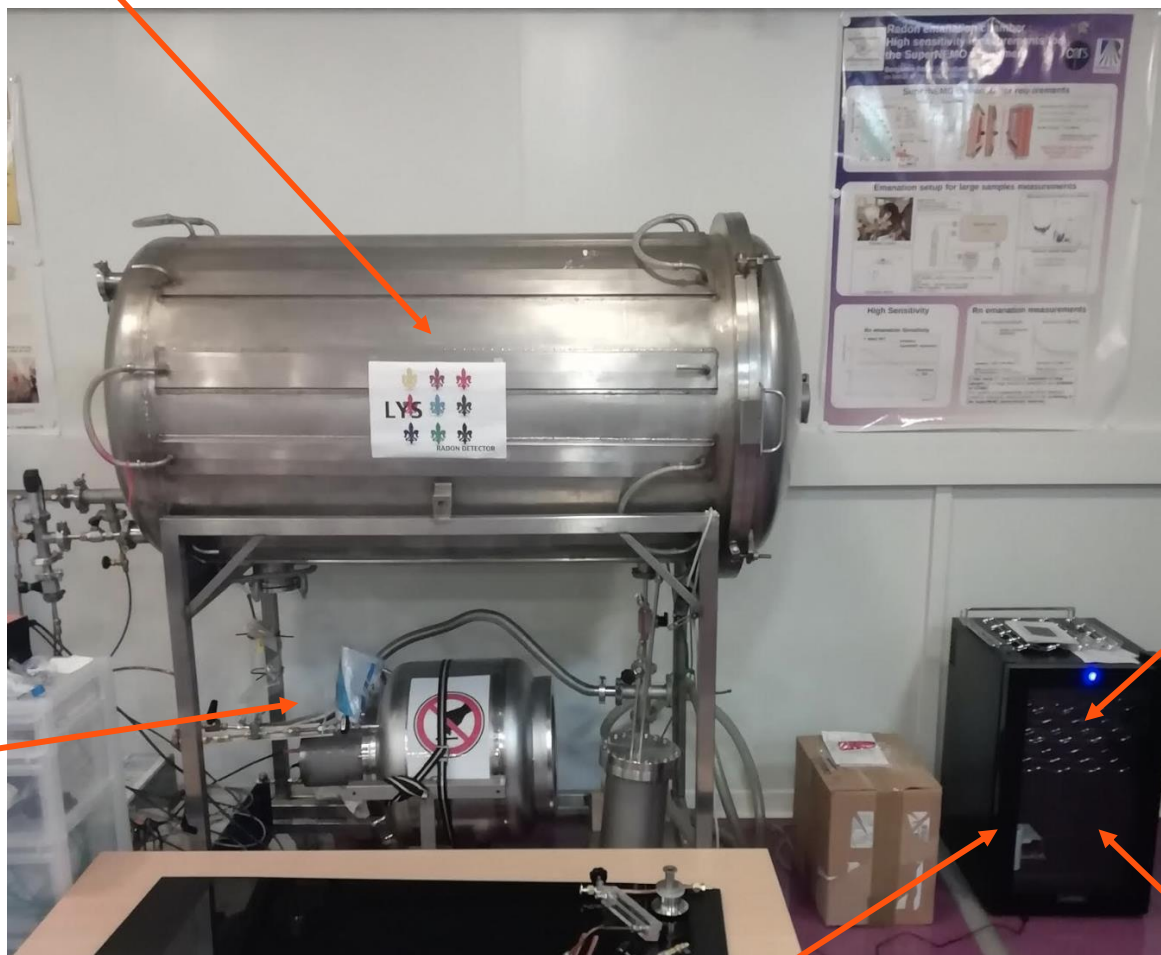
- **Dépôts des descendants du Rn222 observés et mesurés.**
- **Pour des activités volumiques en Rn222 de l'ordre de 80-120 Bq/m³**
 - Impact sur les détecteurs gamma et bêta négligeable.
- **Le temps d'exposition n'a plus d'effet à partir de 2 heures d'exposition**
- **Les voies les plus impactées seront [d'après nos mesures et hypothèses] :**
 - Les voies beta quadruple [à partir de 600 Bq/m³] - **S_A = 200/400 Bq**
 - Les voies beta simple [à partir de 1200 Bq/m³] - **S_A = 100/200 Bq**
 - Les voies gamma [à partir de 3000 Bq/m³] - **S_A = 600/800 Bq**
- **Plusieurs essais en cours ou à réaliser :**
 - Valider l'hypothèse de dépôt en surface,
 - Essais avec des activités volumiques radon plus importantes (linéarité),
 - Essais avec des tenues d'autre nature (polyester)



Merci

ILLUSTRATIONS

Chambre d'exposition 710 litres



Détecteur
Radon
[2nd contrôle]

Détecteur
Radon
[1^{er} contrôle]

Etalon d'émanation
[Aiguilles de ^{226}Ra]

Etuve
d'émanation

ILLUSTRATIONS

Plateforme Régionale Interdisciplinaire de Spectrométrie Nucléaire en Aquitaine (PRISNA) au CENBG

4 détecteurs HPGe

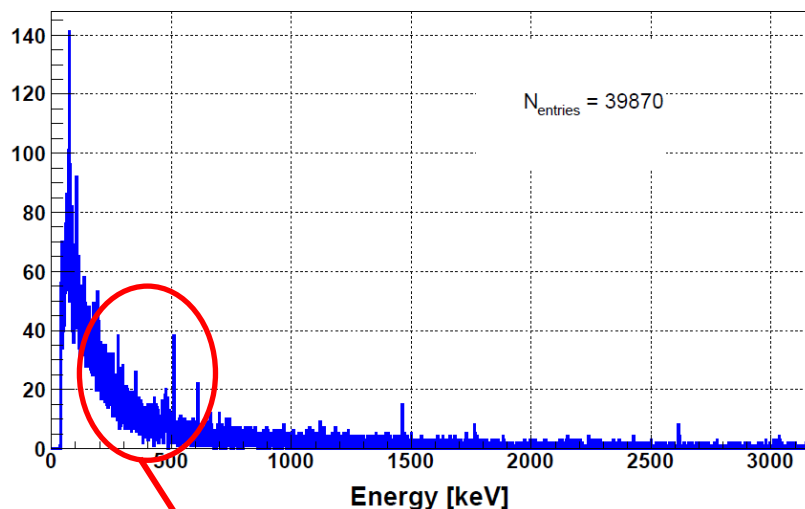
- Agrément ASN
- Sensibilité < 10mBq/kg
- 300 cm³
- Blindés (Pb et Pb archéo.)
- Salle semi-enterrée



Setup exposition métrologie Radon



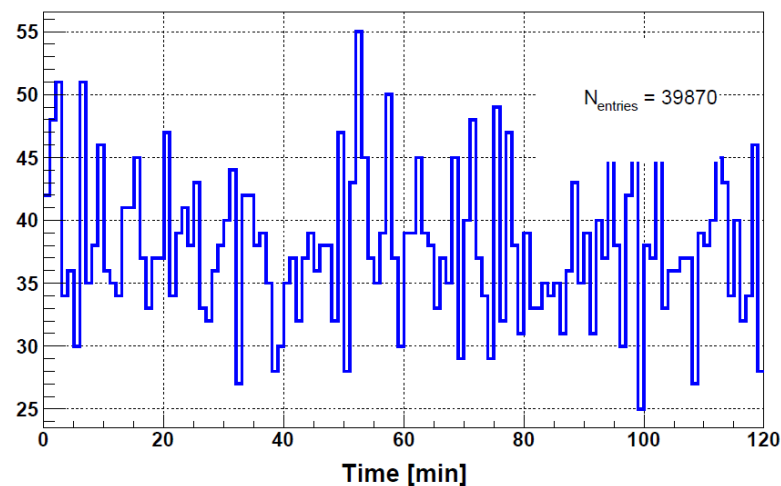
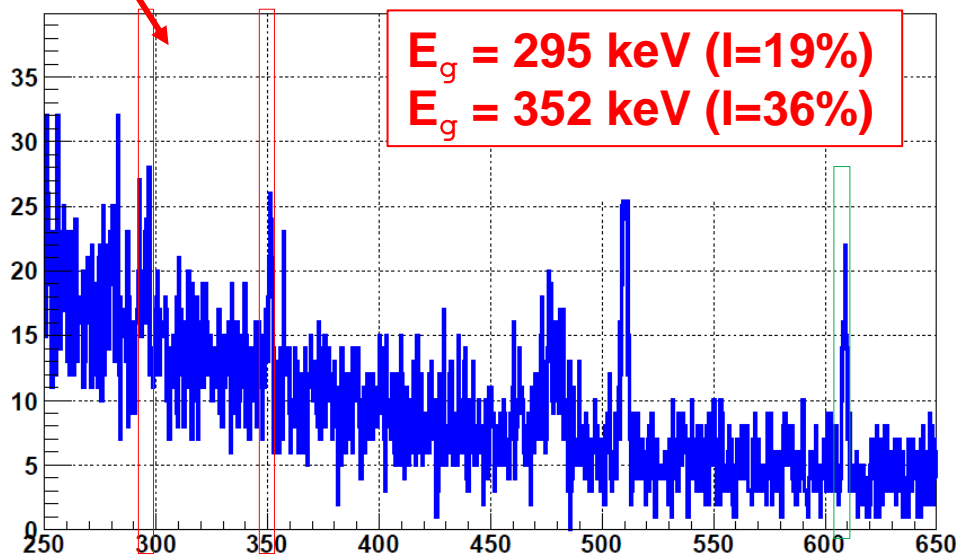
RÉSULTATS – BRUIT DE FOND



Description échantillon	Composition de l'échantillon
T-shirt bleu [Omexom]	100% Coton

$$A_i(^{214}\text{Pb}) = 0,05\text{Bq} (\pm 0,04)$$

$$A_i(^{214}\text{Pb}) \sim A_i(^{214}\text{Bi})$$



$$E_g = 609 \text{ keV (I=46\%)}$$

RÉSULTATS – EXPOSITION 80 BQ/M3 – 1H05 –VOIES GAMMA

$A_i(^{214}\text{Pb}) = 9,7 \text{ Bq } (\pm 1,6)$
 $A_i(^{214}\text{Bi}) = 7,8 \text{ Bq } (\pm 1,7)$

Description échantillon	Composition de l'échantillon
T-shirt bleu [Omexom]	100% Coton

- **Hypothèse 1** activité déposée seulement sur le t-shirt.
- La tenue de l'intervenant comprend également un pantalon. Si le dépôt est surfacique il faudra prendre en compte uniquement le vêtement directement exposé (veste et pantalon)

RE - Positions	Rdt (%)
^{214}Pb – 15 cm	~ 1,4%
^{214}Bi – 15 cm	~ 5,8%
^{60}Co – à 15 cm	12,5%

Activités déposées	Taux de comptage total équivalent (c/s)	Bq eq Co60 voie gamma S
9,7 Bq [214Pb]	0,14	1,1
7,8 Bq [214Bi]	0,45	3,6
TOTAL		4,7

EQUILIBRE 214PB – 214BI

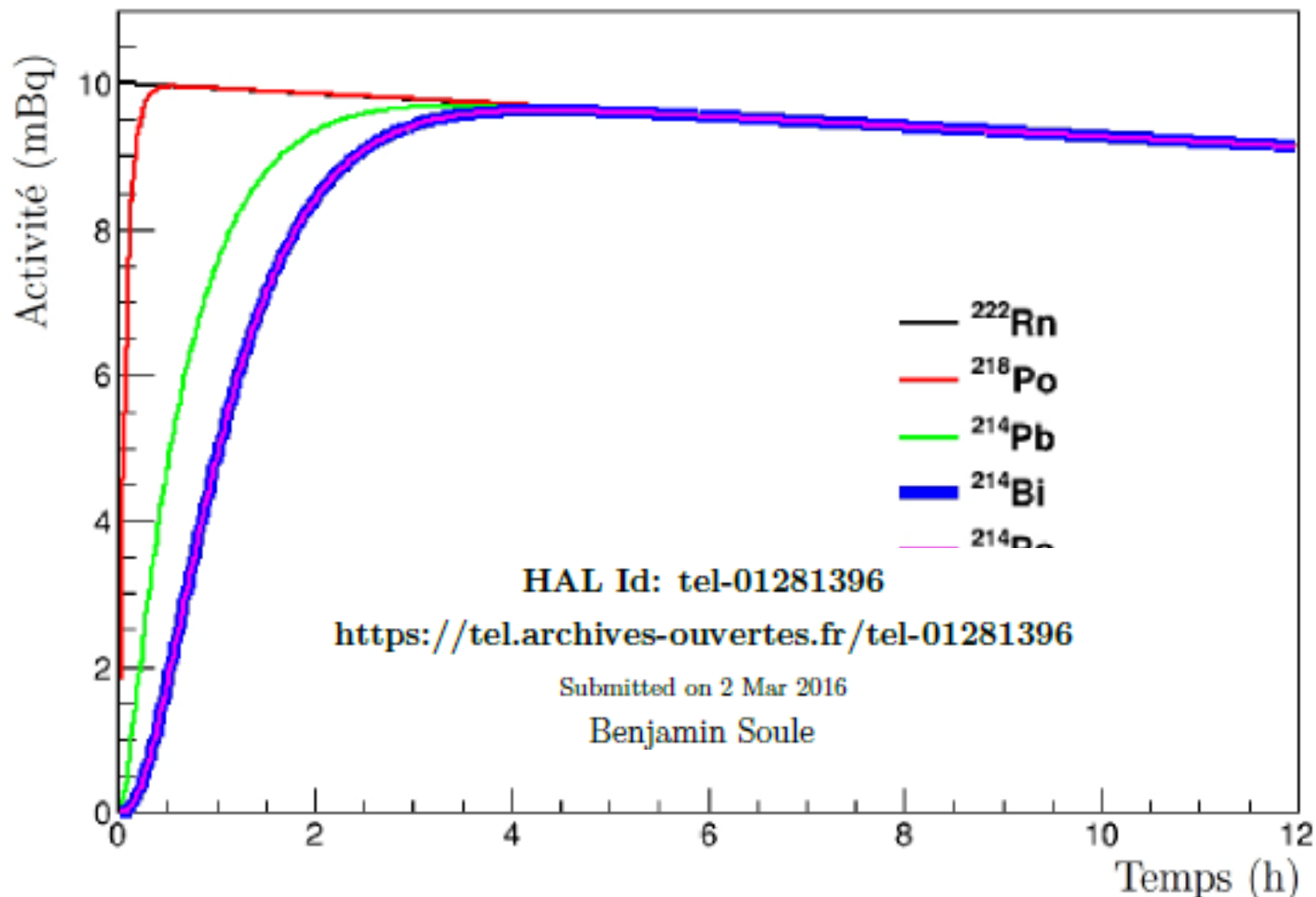


FIGURE 3.4: Activité des différents isotopes de la chaîne radioactive du ^{222}Rn en fonction du temps après introduction de 10 mBq de ^{222}Rn dans un volume isolé.