DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Détection des essais nucléaires clandestins par la mesure des radioxénons atmosphériques

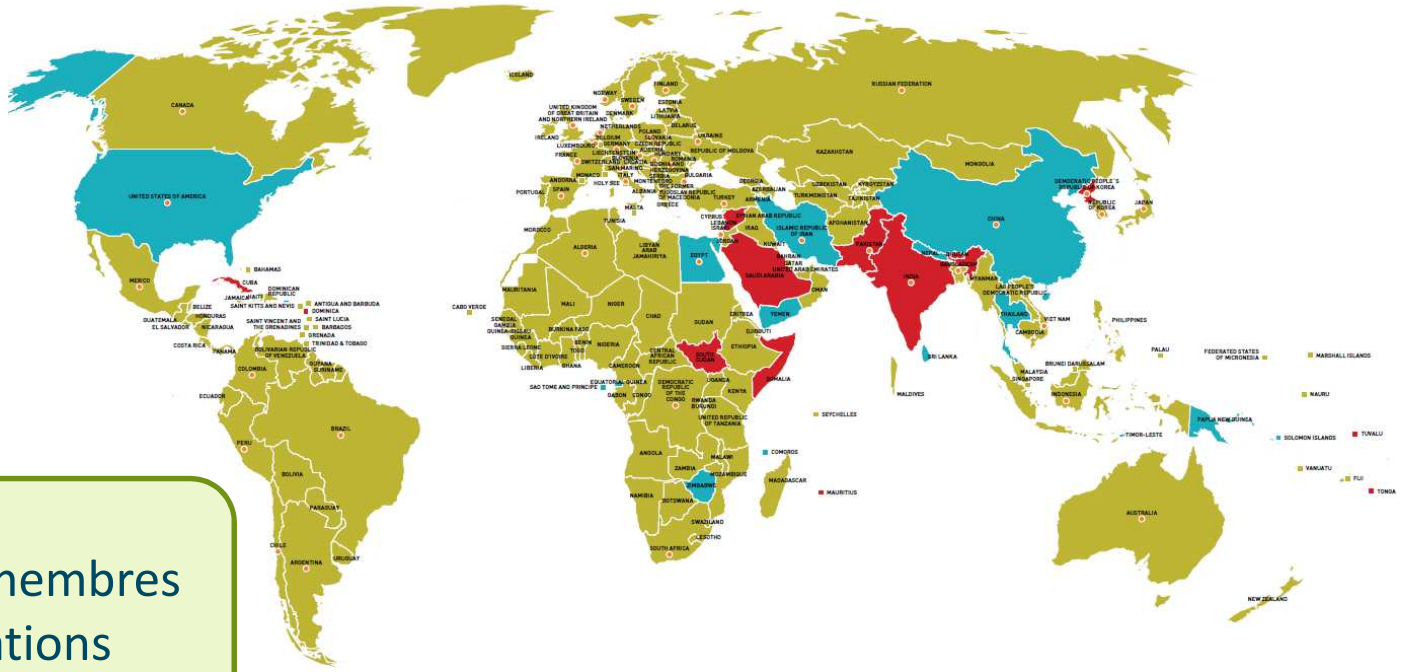
DAM/DASE

www.cea.fr

Contexte historique : la genèse du CTBT

Historique

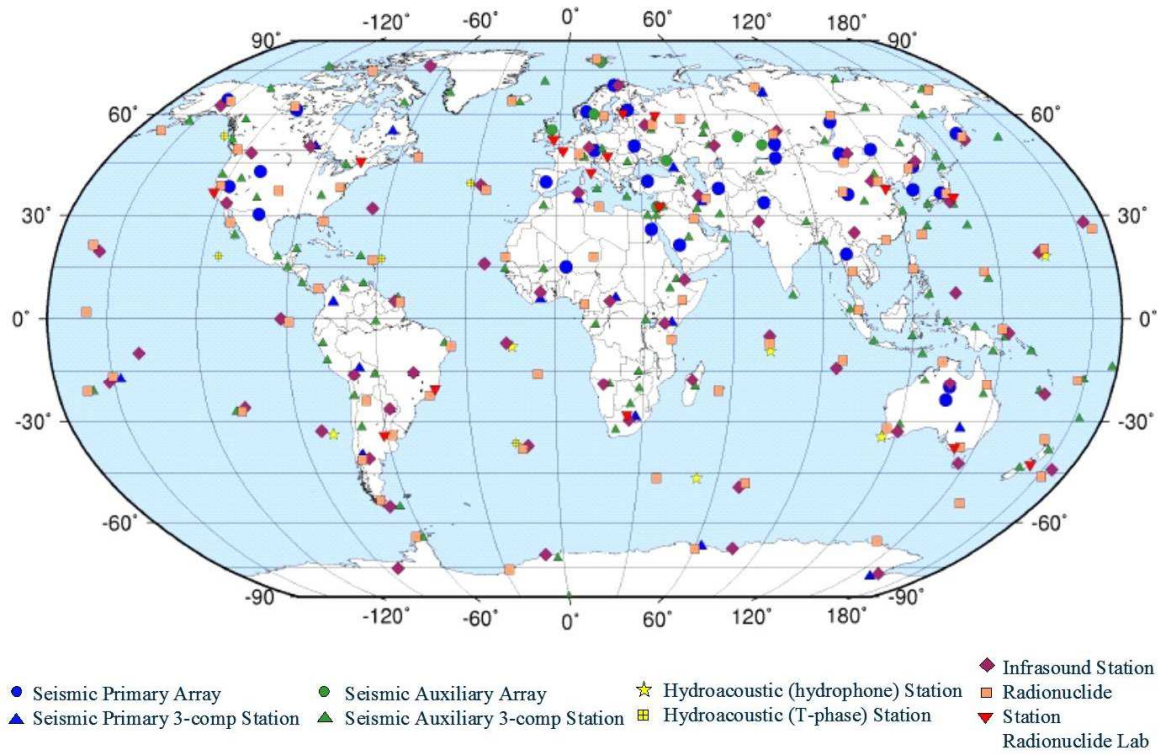
- **1993** : **ouverture des négociations**
- **Résolution des Nations Unies le 10/09/1996** crée le CTBTO, siège à Vienne
- Ouverture à la **signature** et à la **ratification** des états (F:1996 et 1999)
- ***« Le traité entrera en vigueur 180 j après la ratification par les 44 états de l'Annexe 2 »***



Au 01/03/17 :

- **183** états membres
- **166** ratifications
- **36** Annexe 2

Régime de vérification



ARTICLE IV

VERIFICATION

A. GENERAL PROVISIONS

1. In order to verify compliance with this Treaty, a verification regime shall be established consisting of the following elements:

(a) An International Monitoring System;

(b) Consultation and clarification;

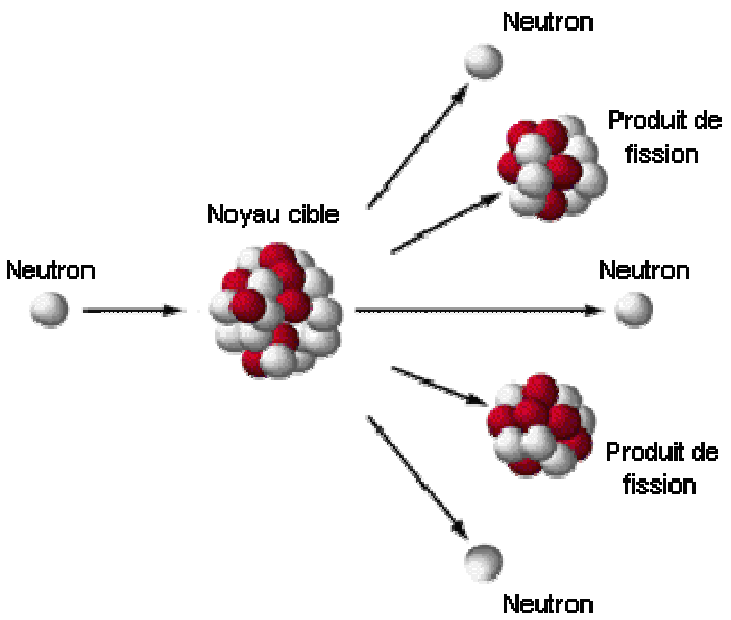
(c) On-site inspections; and

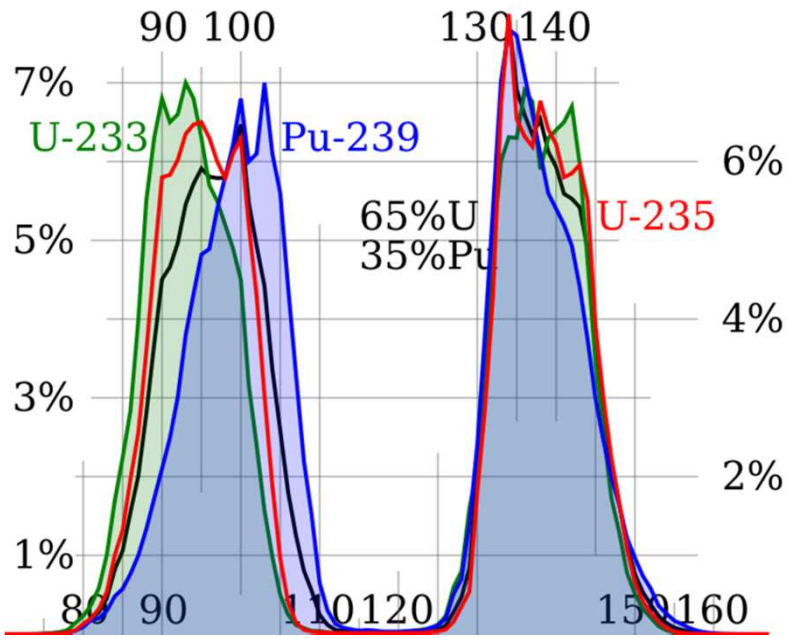
(d) Confidence-building measures.

At entry into force of this Treaty, the verification regime shall be capable of meeting the verification requirements of this Treaty.

- **337 stations** de détection (85% opérationnelles à ce jour)
- **« *Waveforms* » : sismique, hydroacoustique, infrasons**
- **« *Radionuclides* » : aérosols, gaz rares** (80+40, 12 gérées par F)

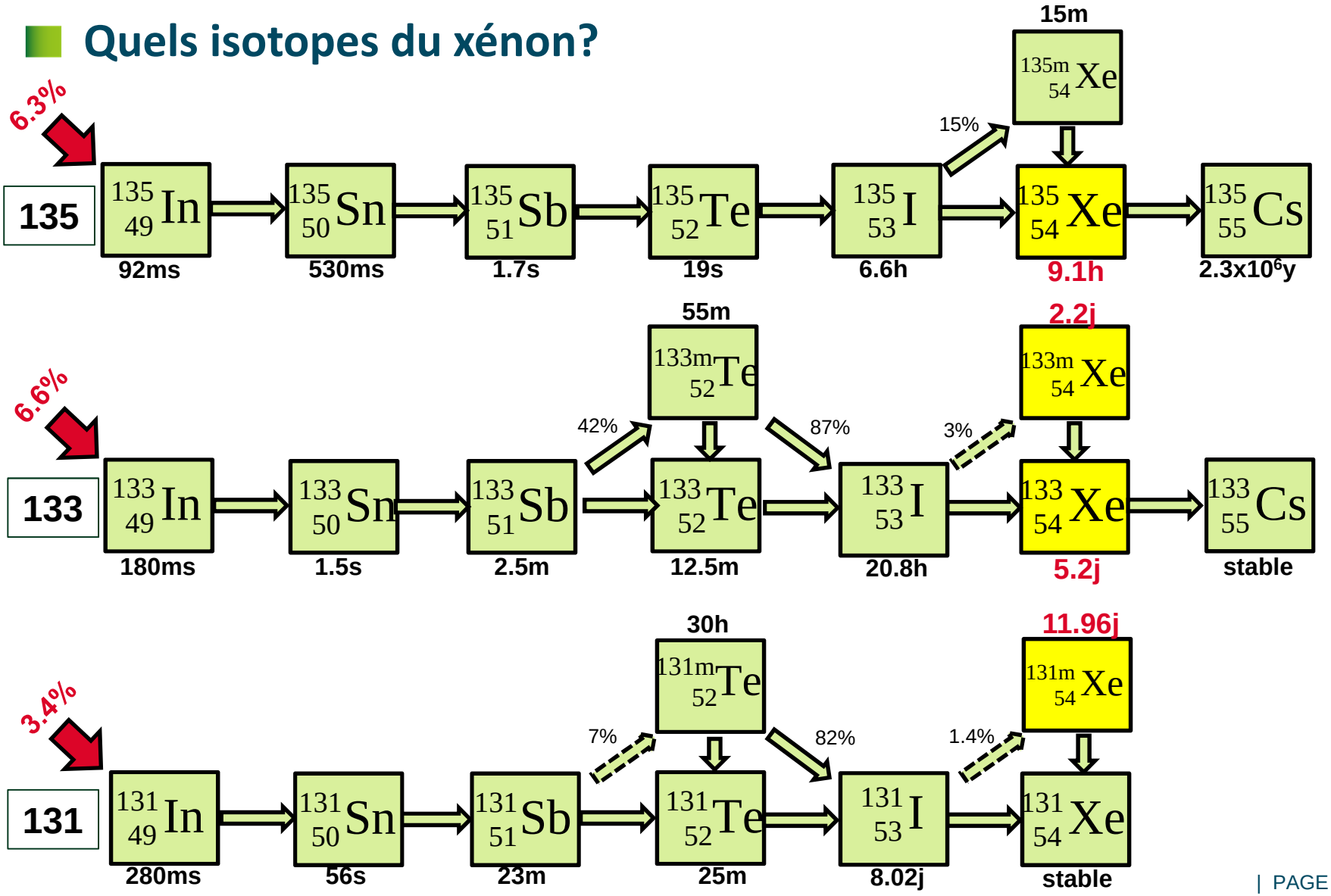
Quels marqueurs pertinents pour la détection des essais nucléaires ?





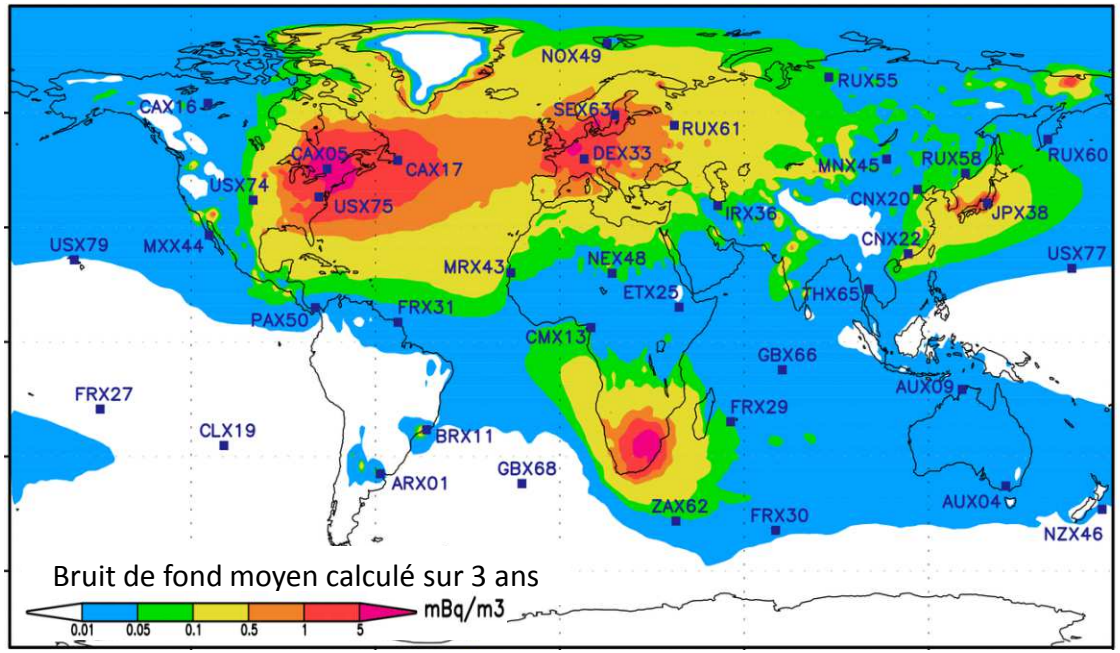
- **Les meilleurs marqueurs :**
  - Possèdent un **rendement de fission élevé**
  - Possèdent une **période assez courte** (j)
  - Sont **peu réactifs** avec leur environnement
  - Sont **facilement détectables** (γ)
  - Sont **discriminants** (civil *vs* militaire)

Quels isotopes du xénon?



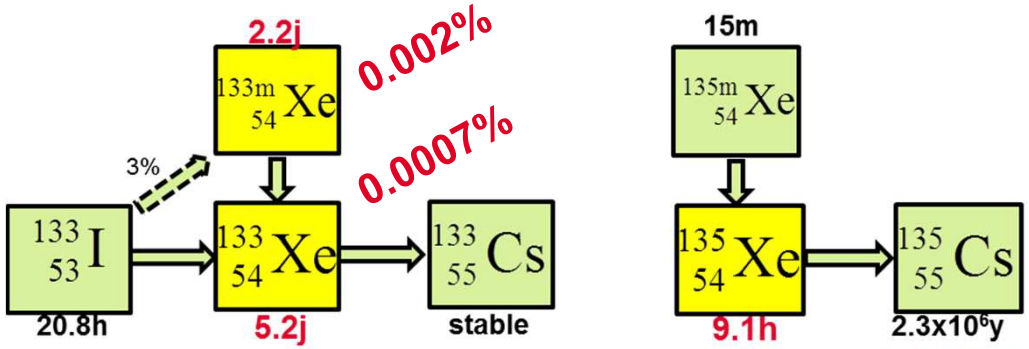
La problématique du bruit de fond

	Bq (Xe-133)
UPR	10^{12} /j
CNPE	10^{9}/tranche/j
Réacteurs recherche	$<10^{9}$ /j
Hôpitaux	$<10^{6}$ /j
Fukushima	10^{19}
Explosion nucléaire	10^{16}/kT



- **Certains rapports isotopiques** sont caractéristiques d'une explosion nucléaire.

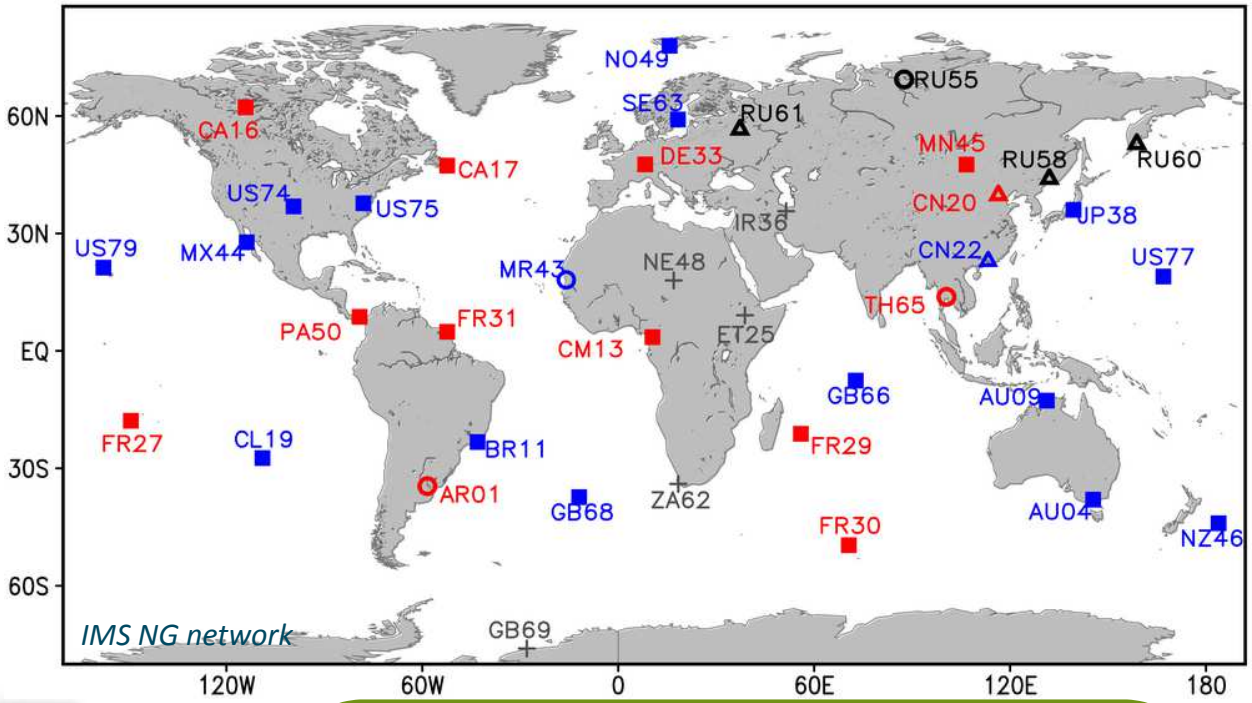
  - $^{133m}Xe/^{133}Xe$
  - $^{135}Xe/^{133}Xe$



Le réseau de surveillance international

Réseau gaz rares:

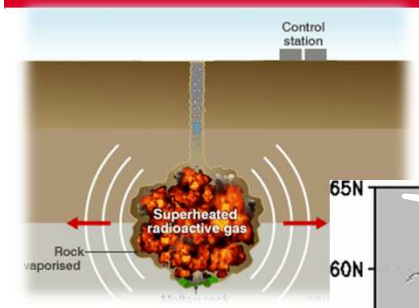
SAUNA station



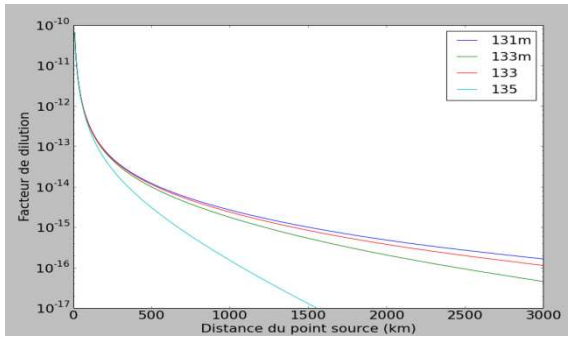
SPALAX station

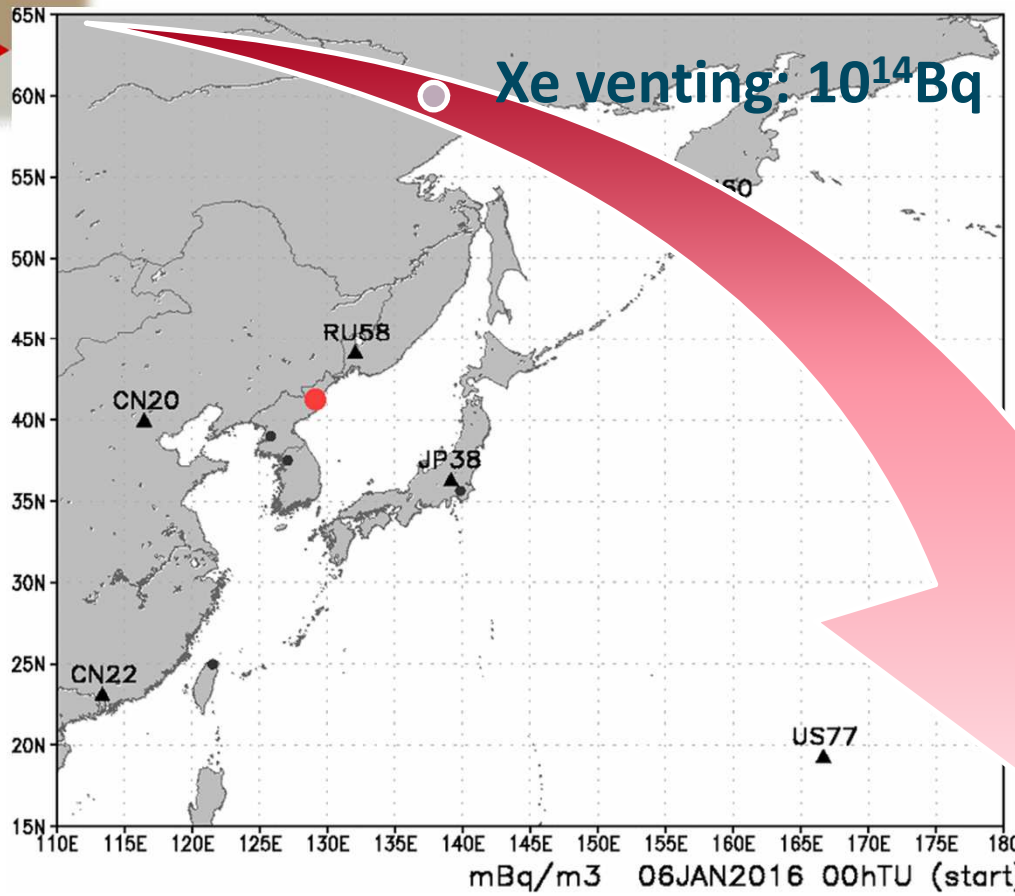
- Cycles de prélèvement **12-24h**
- Mesures ***in-situ***
- **Données brutes/analysées** distribuées aux États Parties
- **Taux de disponibilité >95%**
- Capacité d'**archivage des échantillons**

Le réseau de surveillance international



~10^{16} Bq (1kt – Xe133)

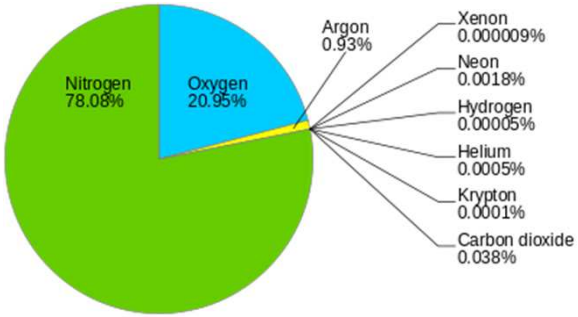


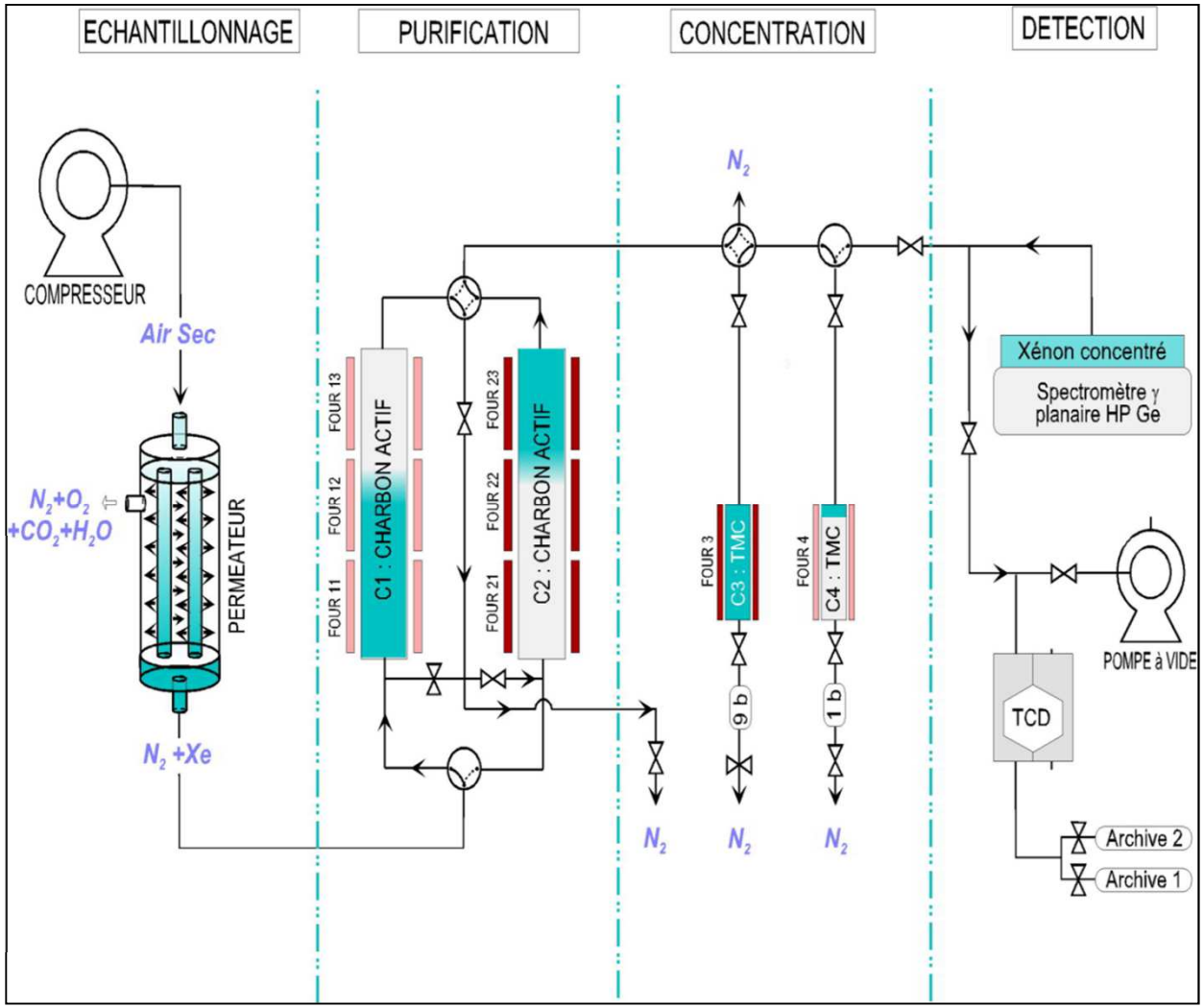


~10^{-1} Bq @ station

Principe de fonctionnement du SPALAX

Principe

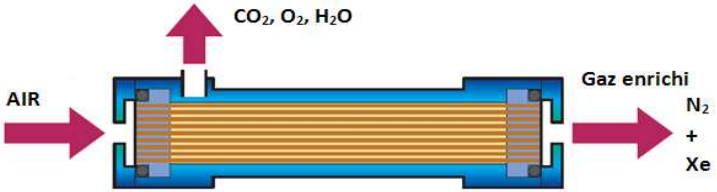


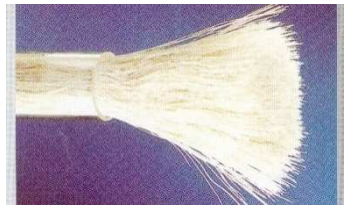


Principe de fonctionnement du SPALAX

Prélèvement

Compresseur à piston sec (10 bar - 30 m3/h)

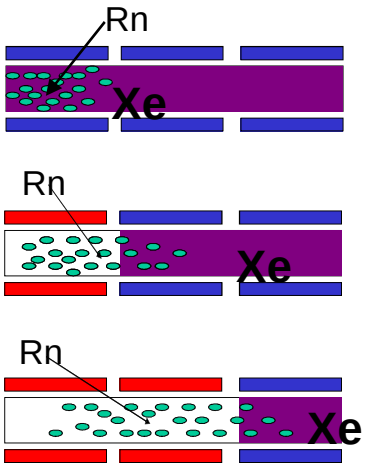




Membranes de séchage et de perméation

Enrichissement

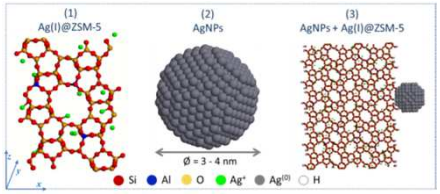
Colonnes de charbon actif

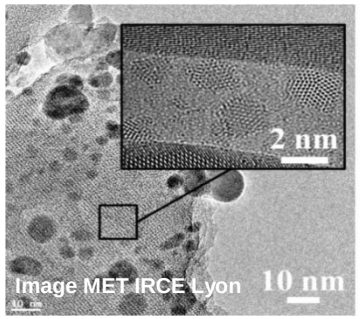


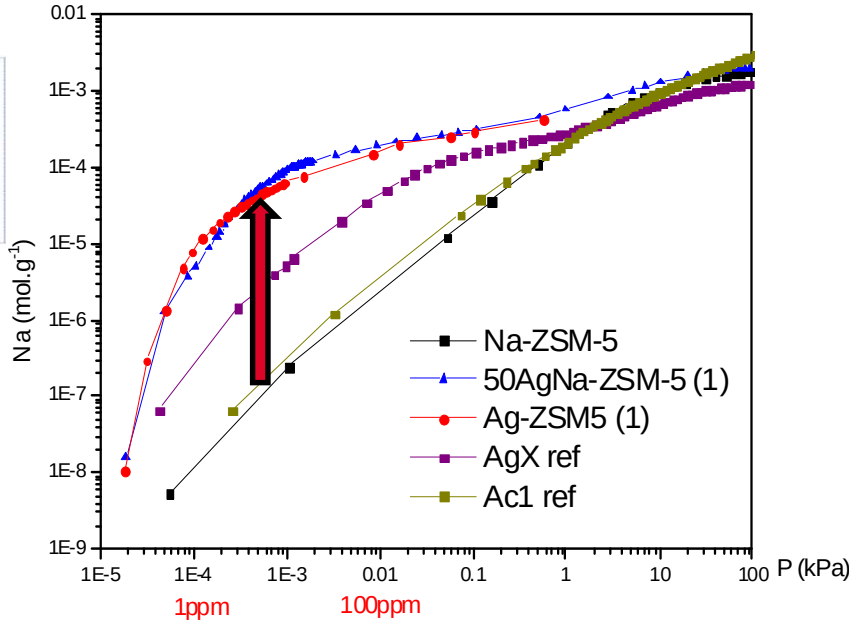
Principe de fonctionnement du SPALAX

Concentration

Colonnes de concentration

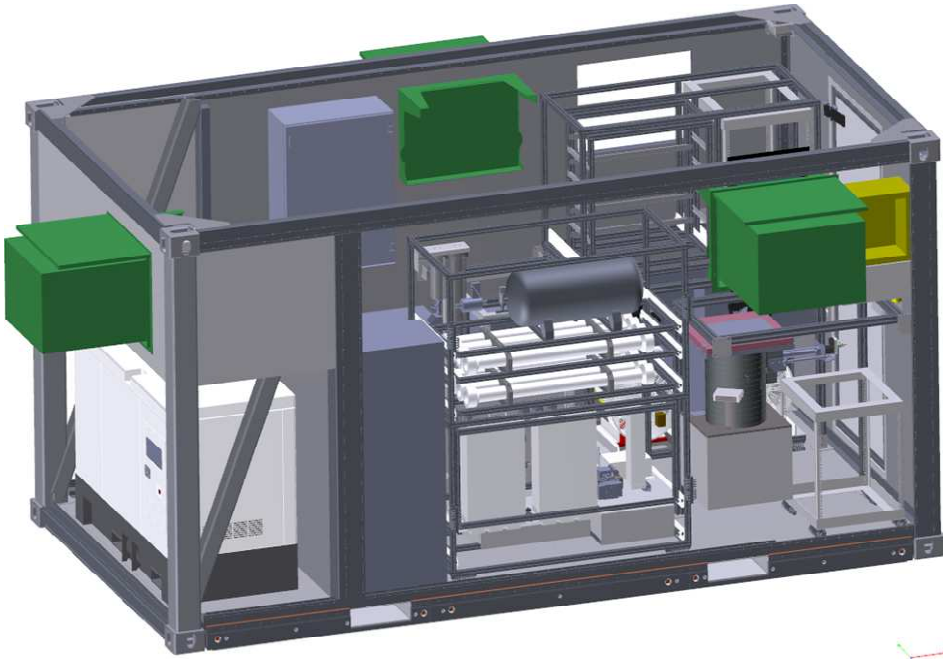




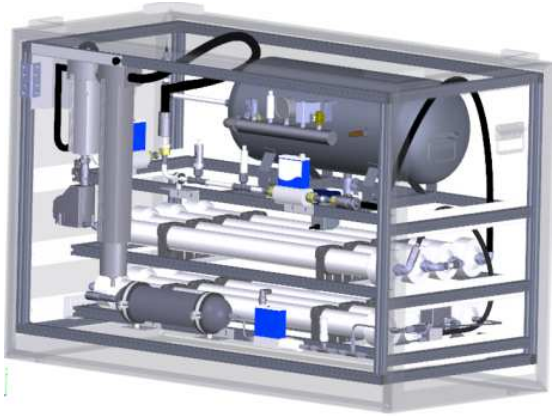


Caractéristique SPALAX NG	
Puissance électrique	6-7 kW
Volume d'air prélevé	240 m^3/8h
Volume d'air traité	50 m^3/8h
Volume de Xe produit	4 cm^3/8h
Facteur d'enrichissement Xe	4 x 10^6
Facteur d'appauvrissement Rn	10^5

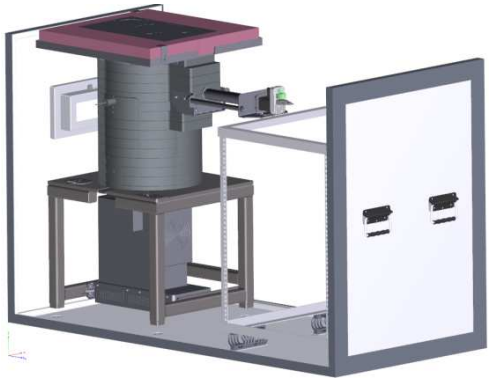
Intégration industrielle



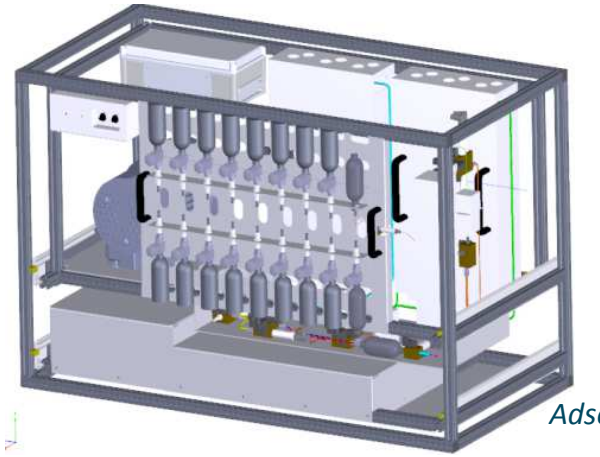
Compresseurs



Cuve, membranes



Détection

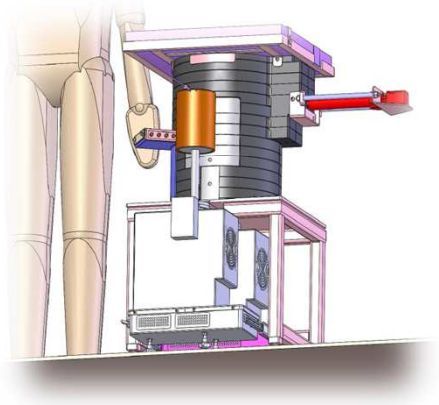


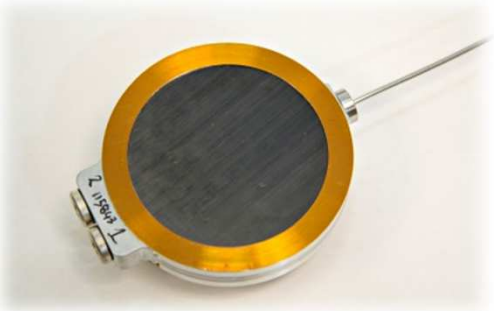
Adsorbants, archivage

Caractéristiques des radioxénons

Isotope	$T_{1/2}$ (d)	γ (kev/%)	X-rays$_K$ (keV/%)	ec$_{K,L}$ (keV/%)	β (keV/%)
Xe-131m	11.9	163.9 / 2%	29.8 / 29%	129.4 / 61%	-
			29.5 / 15%	158.8 / 29%	
Xe-133m	2.2	233.2 / 10%	29.8 / 30%	198.7 / 64%	-
			29.5 / 16%	228.1 / 21%	
Xe-133	5.2	81.0 / 38%	31.0 / 64%	45.0 / 52%	0-346 keV 99%
			30.6 / 35%	75.6 / 8%	
Xe-135	0.38	249.8 / 90%	-	-	0-900 keV 96%

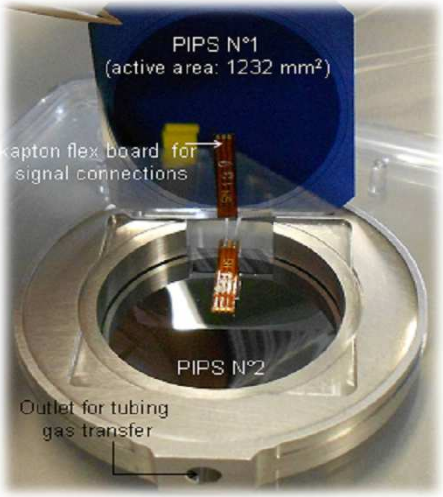
Détection : (γ-X) / (e^--β) / μ

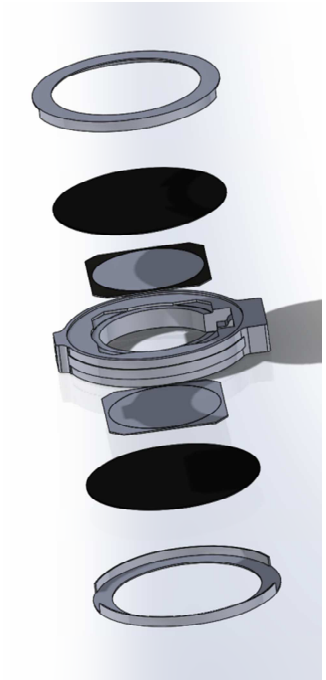


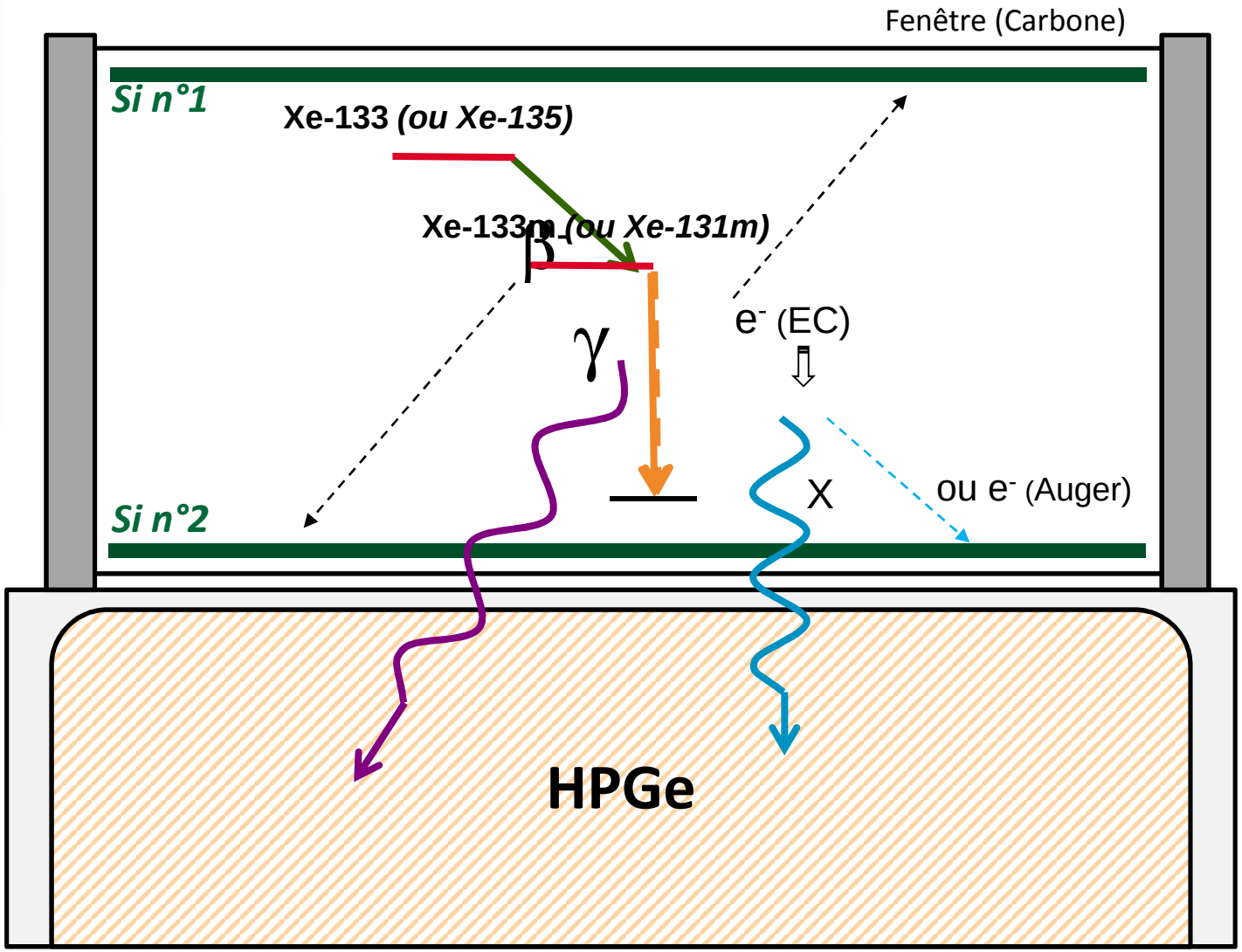


PIPSBOX detector

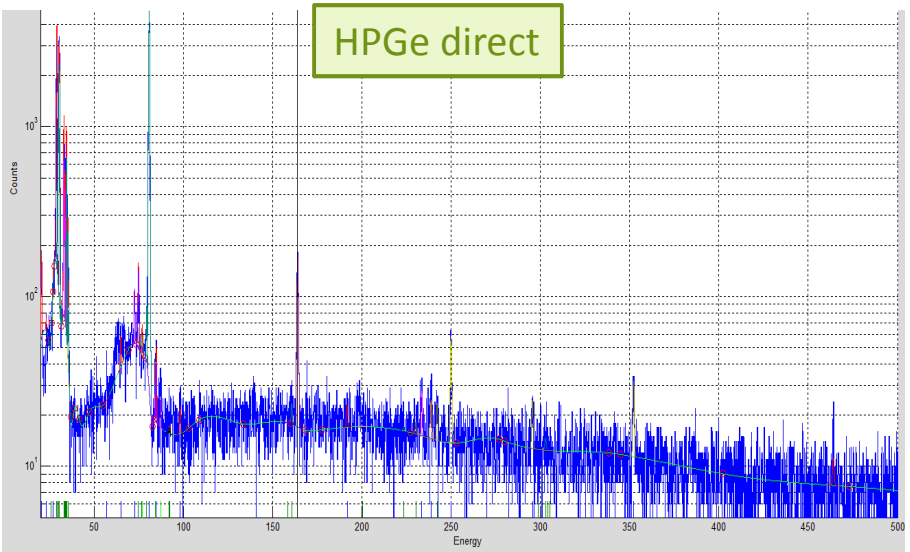
Système de détection

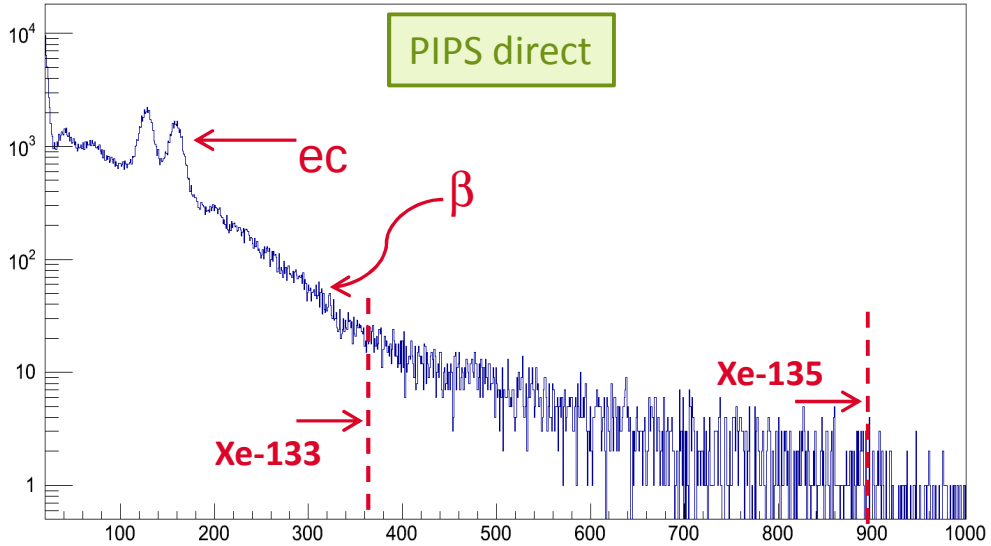


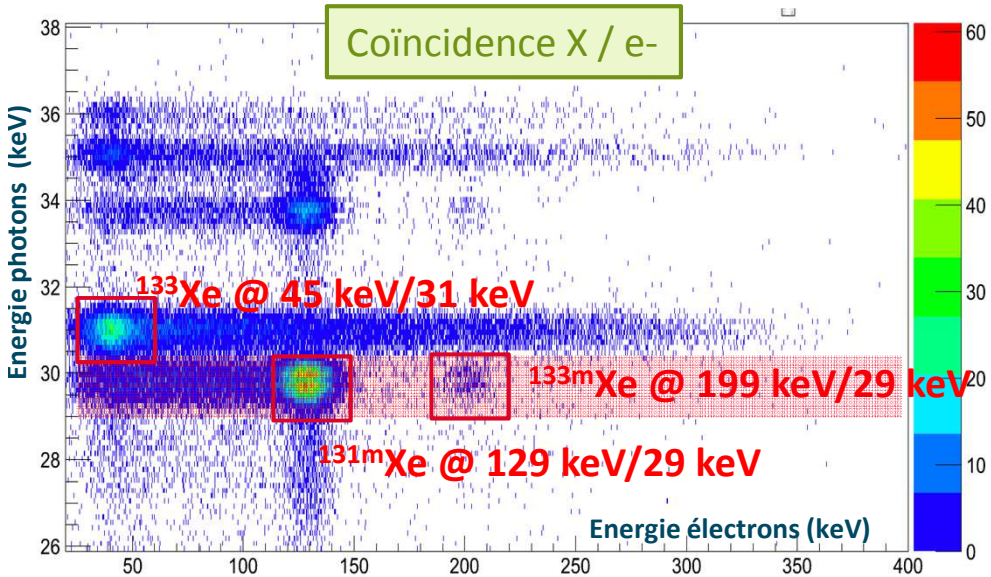


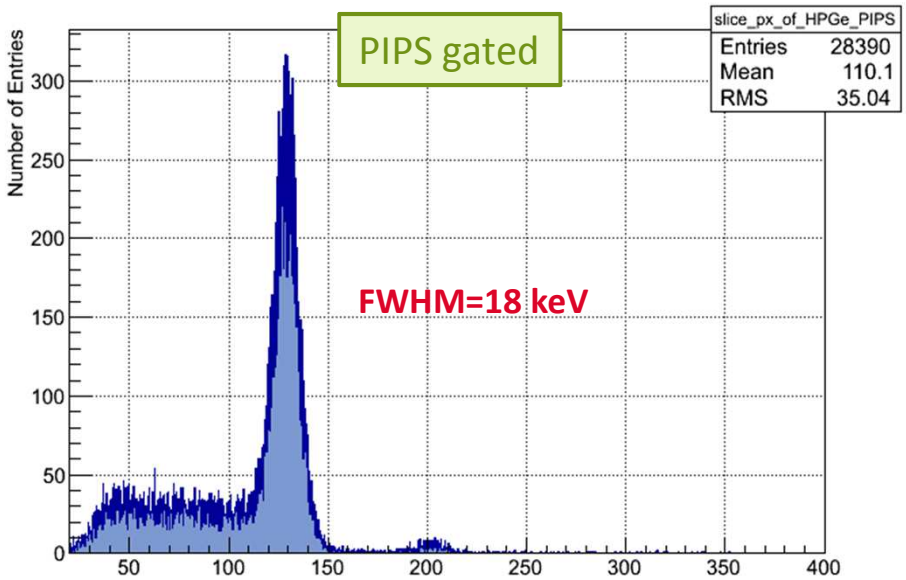


Système de détection



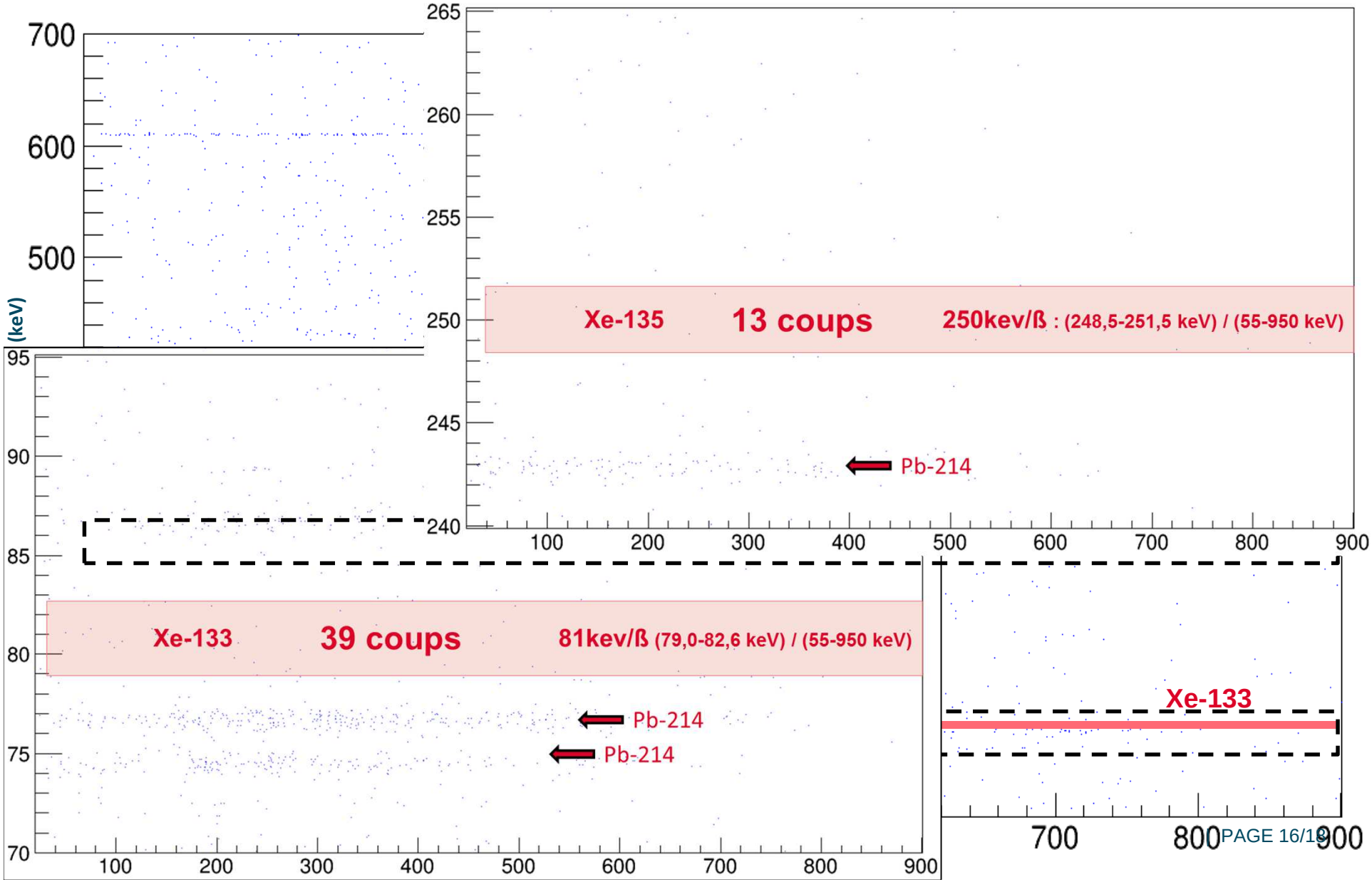




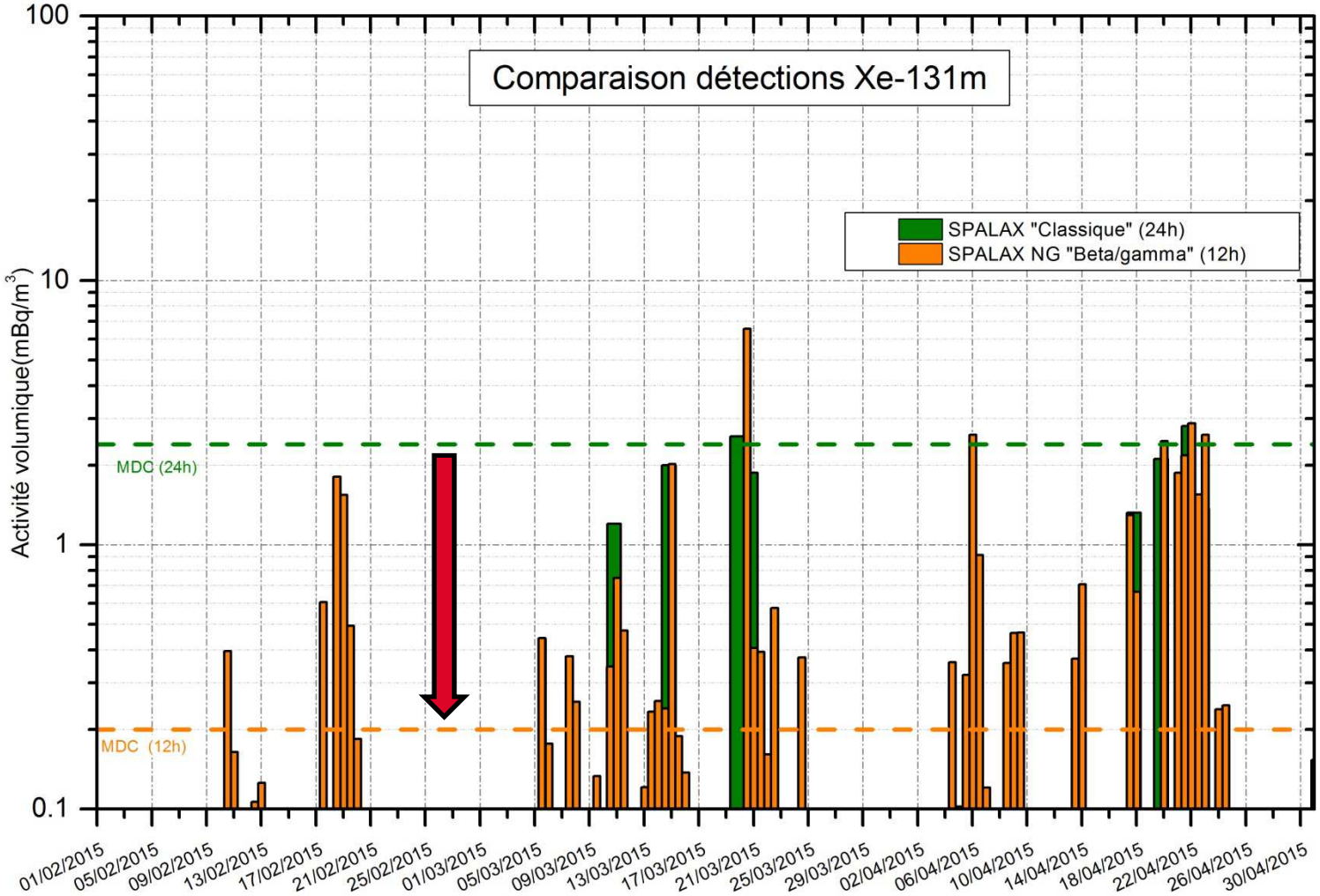


ECHANTILLON

Système de détection



Performances globales



Étalonnage du système de mesure

ETALON		
Nucléide	Activité (Bq) au 28/10/2014	Incertitude *(k=1)*
^{131m}Xe	75	7 %
^{133}Xe	100	6 %
^{133m}Xe	4,7	10 %
^{135}Xe	54	5 %

		Rendement de détection	Incertitude
^{133}Xe	81 keV (γ)	0,301	8%
	81 keV / ß	37,7 coups/s/kBq	8%
^{131m}Xe	164 keV (γ)	0,227	10%
	29,7 keV / ec129 keV	**34,4 coups/s/kBq**	**10%**
^{133m}Xe	233 keV (γ)	0,134	21%
	29,7 keV / ec129 keV	**34,0 coups/s/kBq**	**13%**
^{135}Xe	250 keV (γ)	0,167	17%
	250 keV / ß	91,1 coups/s/kBq	9%

ρ = 4,5% ± 0,2%

- **Des standards xénon (mono/multi isotope) seraient les bienvenus !**

Merci pour votre attention !

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Bruyères-le-châtel | 91297 ARPAJON Cedex
+33 (0)1 69 26 46 50 | F. +33 (0)1 69 26 70 65

Direction des Applications Militaires
Département Analyse, Surveillance, Environnement
Service Radioanalyse, Chimie, Environnement

Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019