

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



Analyse du strontium 90 dans les matrices environnementales

Problématique de la mesure à bas niveau

S. Brun, A. Delorme, S. Scapolan

DSM/SAC/UPSE/SPR

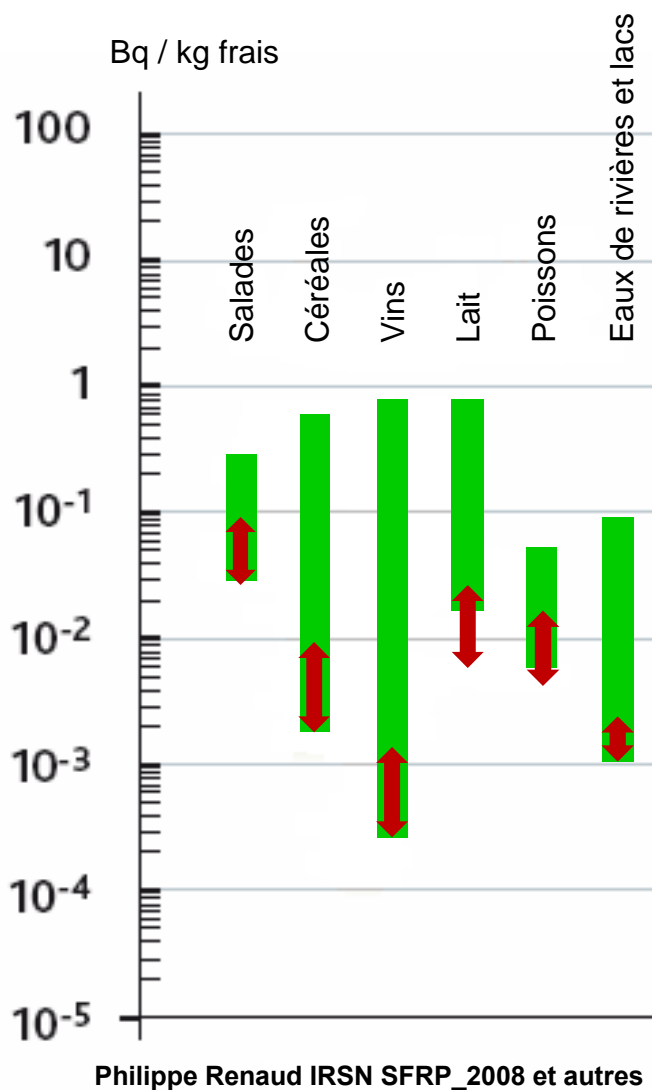
Laboratoire de Radioanalyse et de Chimie de L'Environnement

www.cea.fr

Journées SFRP "Ecotoxicologie, Radioécologie" des 19 et 20 juin 2012

- Le strontium 90 est un produit de fission de la chaîne du brome 90 émetteur β - pur.
- Origine des traces de strontium 90 détectées en France
 - Essais nucléaires atmosphériques 1945-1980
 - Accident de réacteur de Tchernobyl (faible contribution)
 - Installations nucléaires
- Diffusion, dépôt et transfert à l'homme
 - La diffusion atmosphérique du strontium 90 s'opère sous formes gazeuse et aérosol
 - Les conditions météorologiques déterminantes sur le mécanisme de dépôt sur les sols
 - L'absorption du strontium par les végétaux se fait principalement par voie racinaire
 - Le transfert à l'homme principalement par absorption digestive du lait et dérivés
- Toxicité pour l'homme
 - Discrimination Calcium/Strontium à l'avantage du Calcium
 - Fixation quasi exclusive dans le squelette et les dents, et notamment l'os spongieux
 - Période biologique 2500j
 - L'absorption chronique à très faible dose : légère inhibition de l'immunité
 - De plus fortes teneurs absorbées peuvent accroître le risque de leucémie
 - Exposition externe négligeable

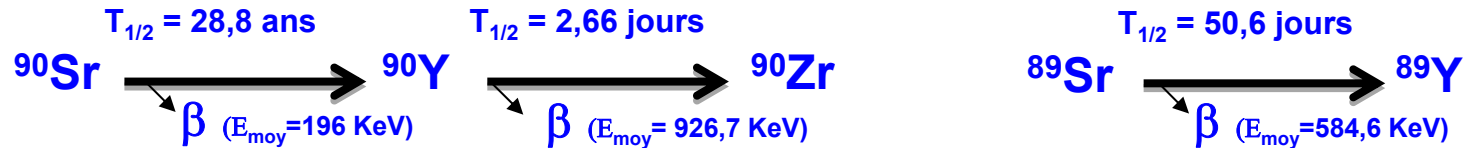
Les concentrations en strontium 90 dans les matrices environnementales et les denrées alimentaires en France



Teneurs actuelles

Limites de détection des méthodes

Les techniques d'analyses mises en œuvre pour la mesure du strontium 90



Radionucléides	^{90}Sr , ^{90}Y , ^{89}Sr
Entraîneur / traceur	$\text{Sr}_{\text{stable}}$, Y_{stable} / $\text{Sr}_{\text{stable}}$, Y_{stable} , ^{85}Sr
Séparation	Précipitation sélective Echange d'ion Extraction liquide-liquide Chromatographie d'extraction
Détermination du rendement	Spectrométrie gamma, scintillation liquide ICP MS, AAS, photométrie de flamme gravimétrie
Détection	Scintillation liquide Compteur proportionnel Mesure Cerenkov Semi conducteur Diode laser – Spectrométrie de masse

Choix de la méthode

- 1) Le ^{90}Sr est-il présent en quantité importante ?
- 2) Est-il en équilibre avec ^{90}Y ?
- 3) Présence de ^{89}Sr ?

^{90}Sr , ^{90}Y +
éléments
matrice



^{90}Sr



**1 à 20
jours**

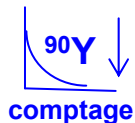
^{90}Sr , ^{90}Y +
éléments
matrice



^{90}Sr , ^{90}Y



^{90}Y



**20 à 30
jours**

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}_{\text{eq}}$ +
éléments
matrice



^{90}Y



**1 à 10
jours**

^{90}Sr , ^{90}Y , ^{89}Sr
éléments
matrice



^{90}Sr , ^{89}Sr



**1 à 15
jours**

^{90}Sr , ^{90}Y , ^{89}Sr
éléments
matrice



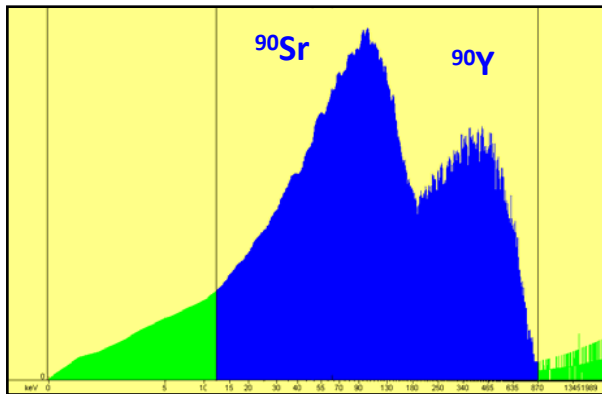
^{90}Sr , ^{89}Sr
comptage

^{90}Y
comptage

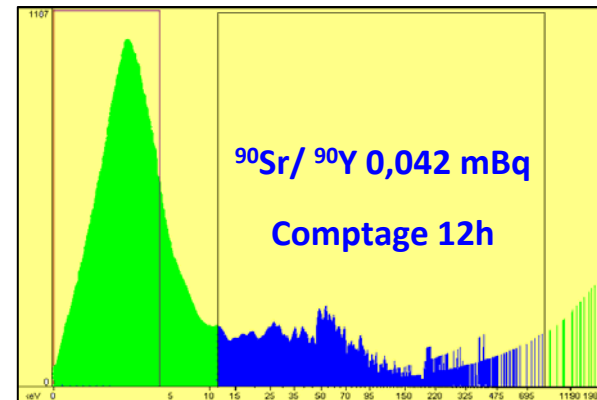
1 jour

Principale difficulté de la mesure sur des matrices environnementales : l'identification spectrale

- Absence de spectre sur les compteurs proportionnels
- Spectre obtenu sur compteur à scintillation liquide pour des activités significatives



Spectre de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}_{\text{eq}}$ obtenu par LSC



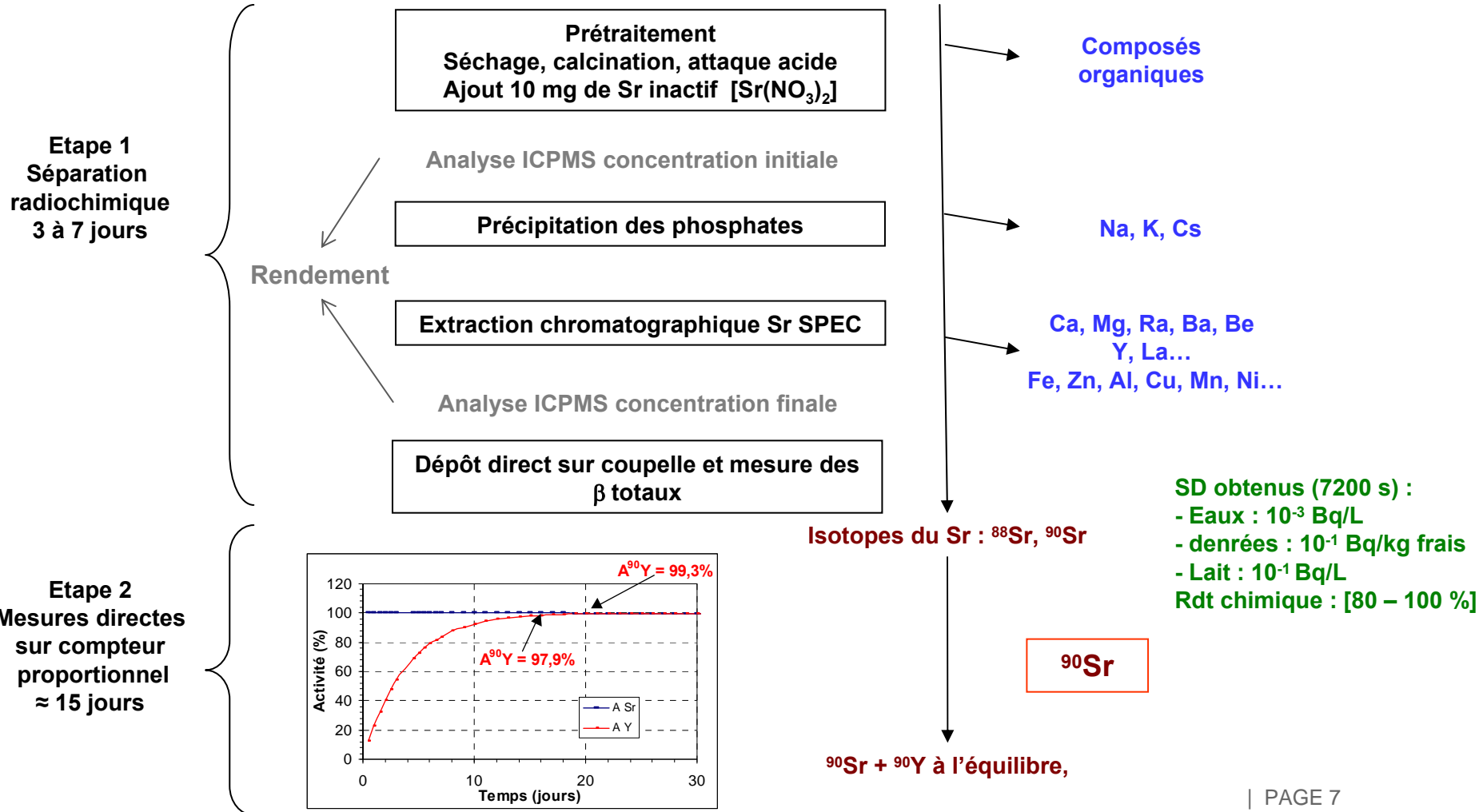
Spectre de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}_{\text{eq}}$ obtenu par LSC matrice environnement

- Spectre obtenu sur semi-conducteur en silicium PIPS
- Techniques laser couplées à la spectrométrie de masse

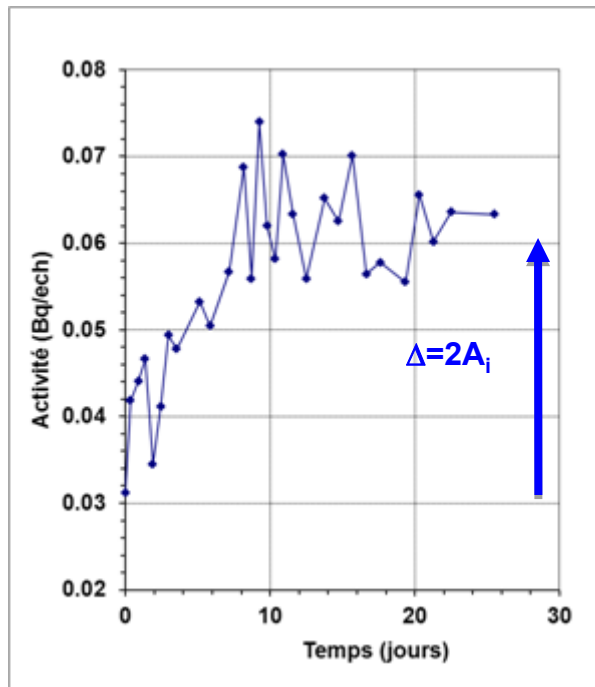
Méthode d'analyse du strontium 90 au SPR/LRCE

Eaux, lait, végétaux, sol, fruits et légumes, faune...
 PE : 30 g sec solide ; 5L pour eaux et 0,5 L pour lait

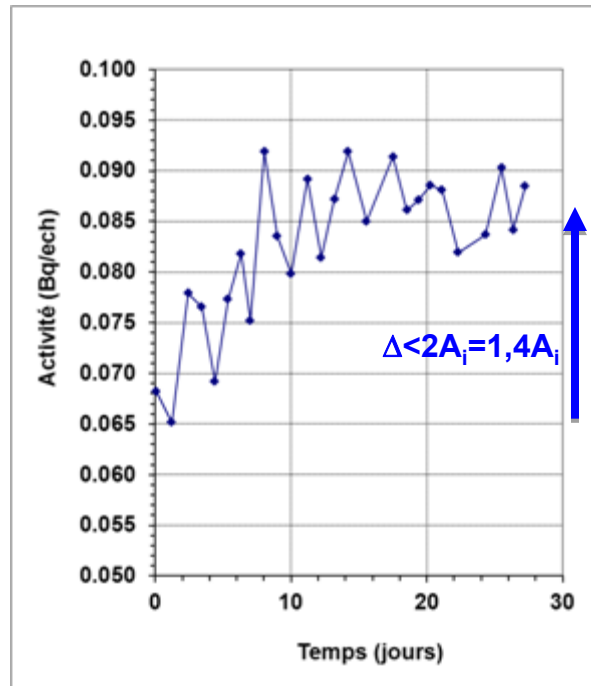
Alcalino terreux : Sr, Ca, Mg, Ra, Ba, Be
 Alcalins : Na, K, Cs... Terres rares : Y, La...
 Métaux : Pb, Fe, Zn, Al, Cu, Mn, Ni...
 Composés organiques



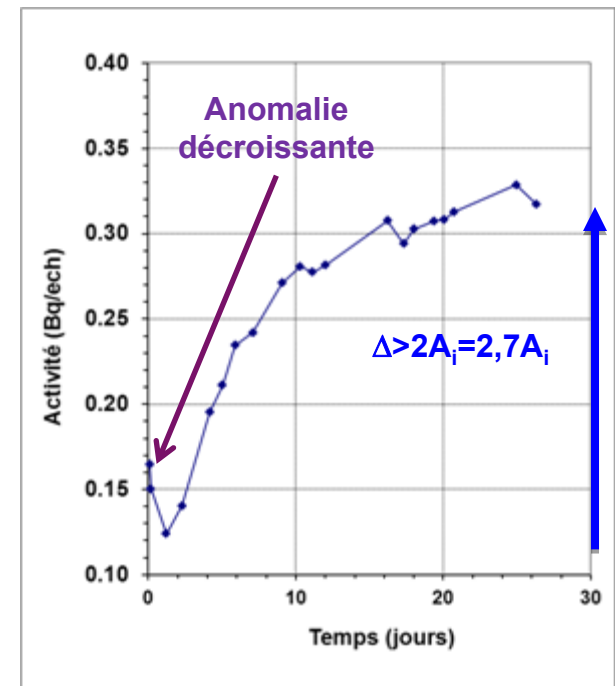
Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'interférences



Matrice sol



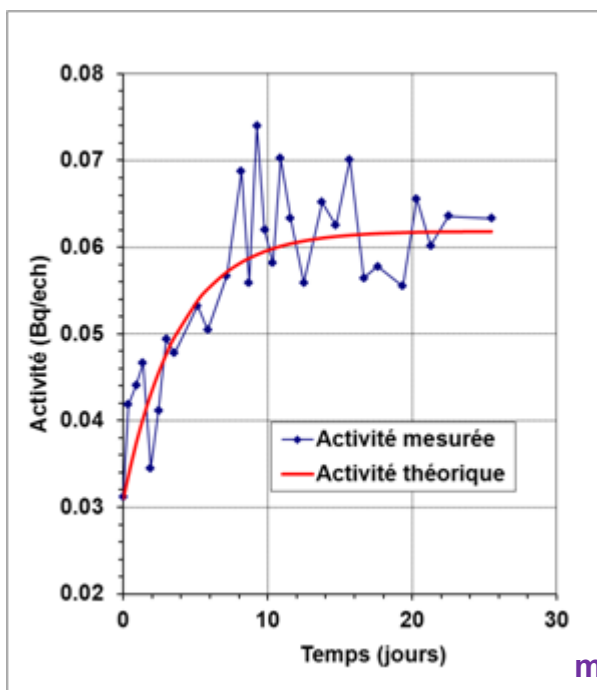
Matrice lait



Matrice sol

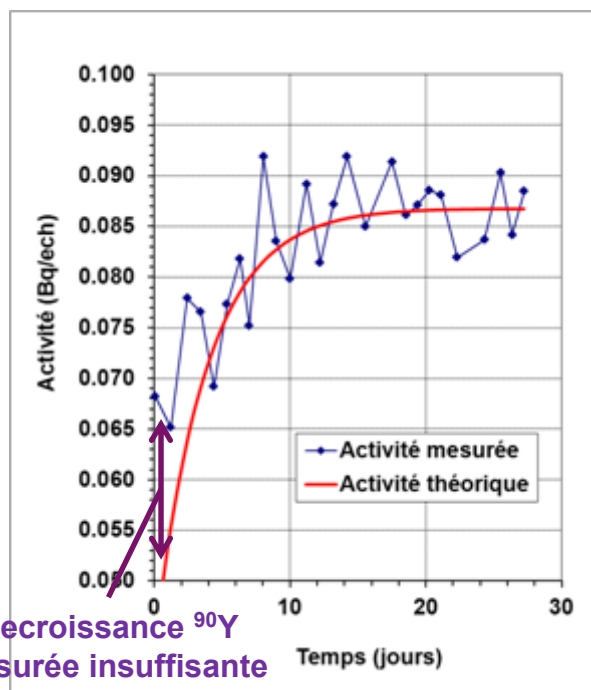
Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'interférences

Modélisation :
⁹⁰Sr/Y sans interférence



Matrice sol

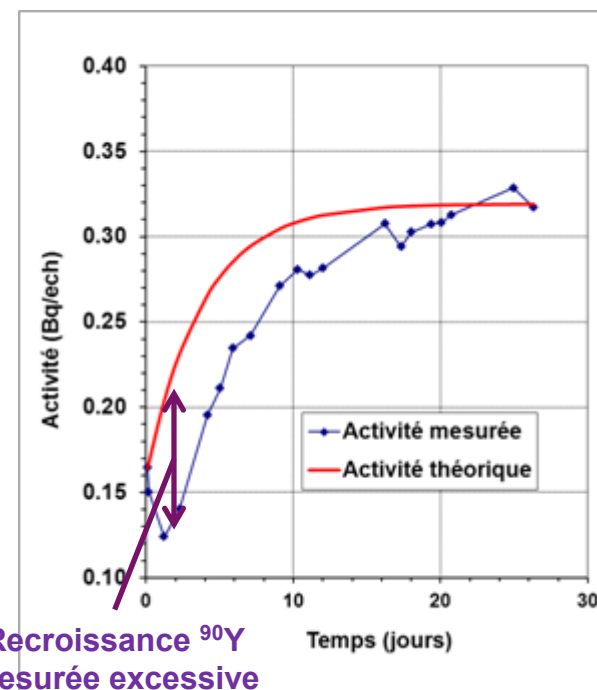
Modélisation :
⁹⁰Sr/Y sans interférence



Recroissance ⁹⁰Y
mesurée insuffisante

Matrice lait

Modélisation :
⁹⁰Sr/Y sans interférence

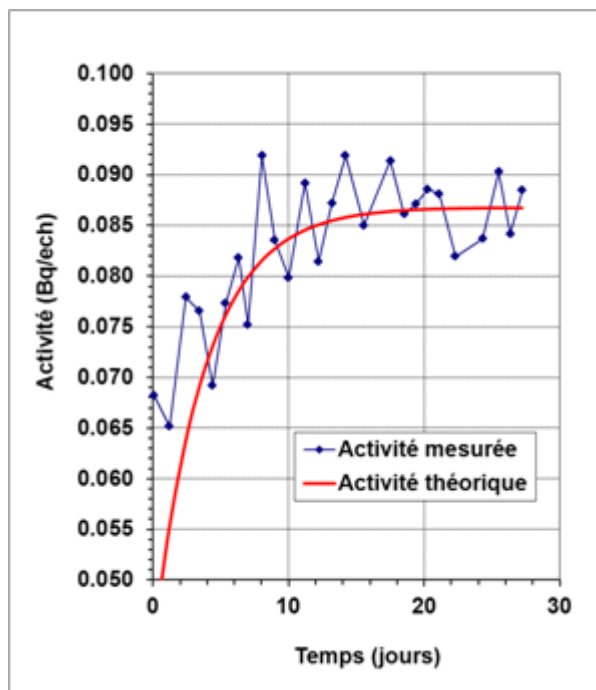


Recroissance ⁹⁰Y
mesurée excessive

Matrice sol

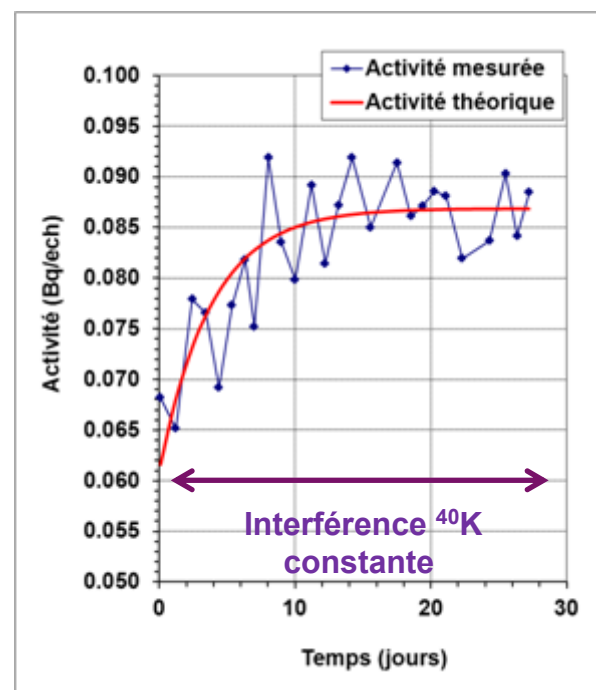
Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'une interférence β constante

Modélisation :
 $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$ sans interférence



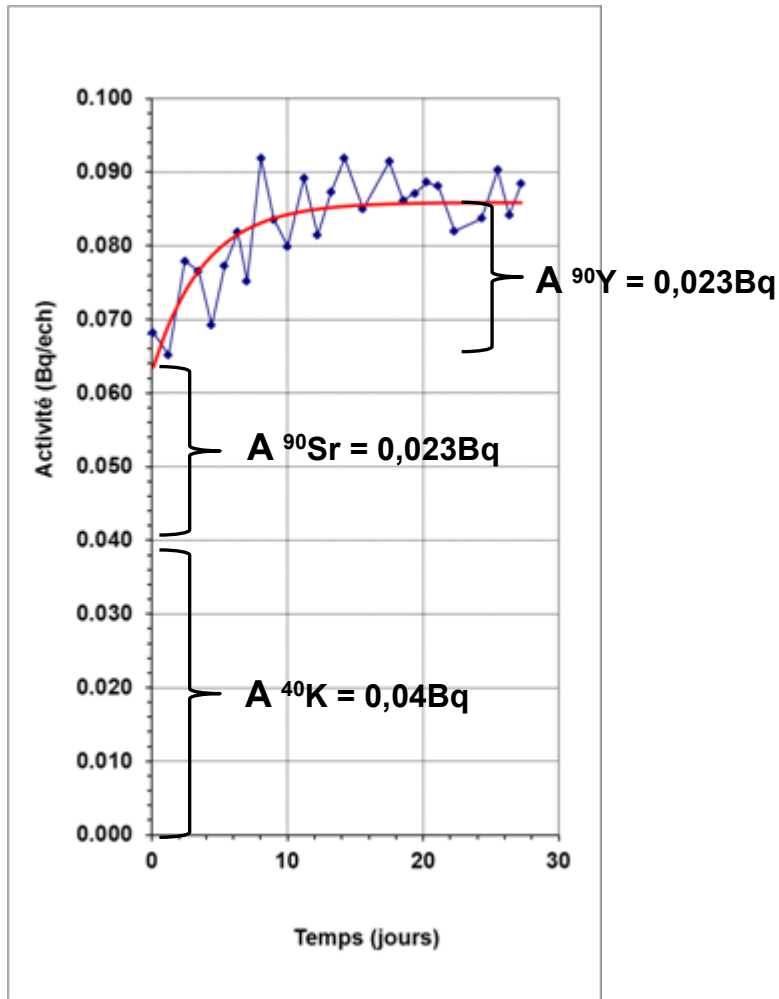
Matrice lait

Modélisation
 $^{90}\text{Sr}/\text{Y} + ^{40}\text{K}$



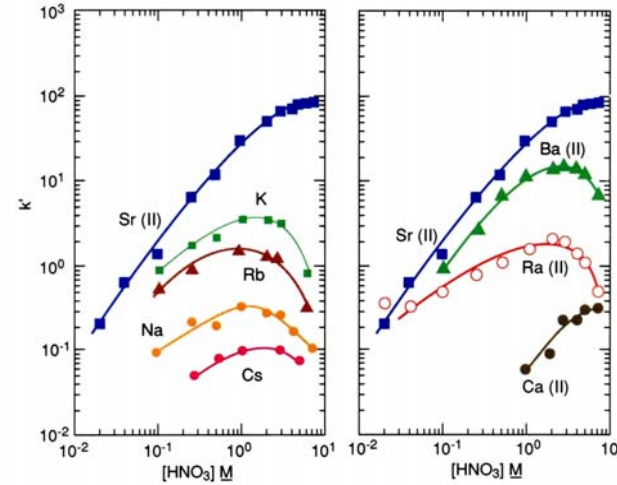
Matrice lait

Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'une interférence β constante

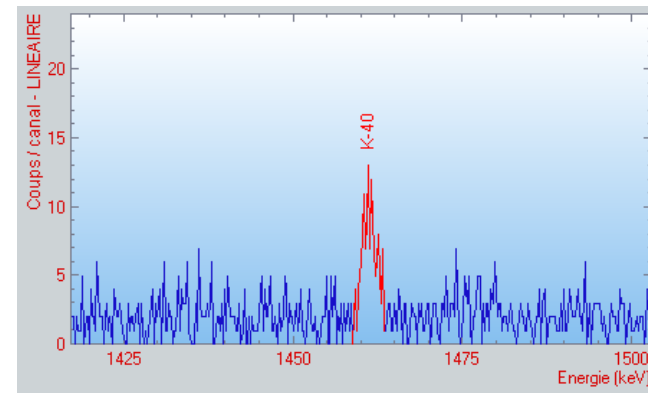


Acid dependency of k' for various ions at 23-25°C.

Sr Resin



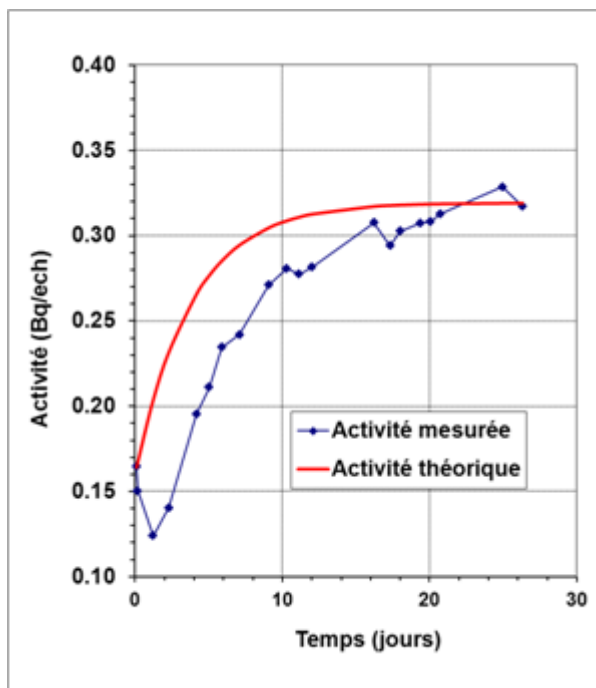
Horwitz & al (1992)



Spectre gamma (20 jours)
Détecteur Ge HP type N 60%

Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'interférences β non constantes

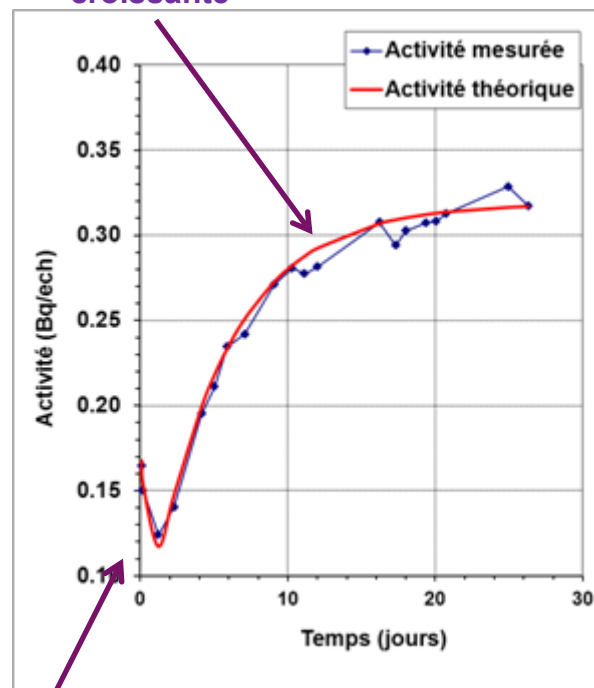
Modélisation :
 $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$ sans interférence



Matrice sol

Modélisation
 $^{90}\text{Sr}/\text{Y} + ^{210/212/214}\text{Bi} + ^{226}\text{Ra} + \text{fils}$

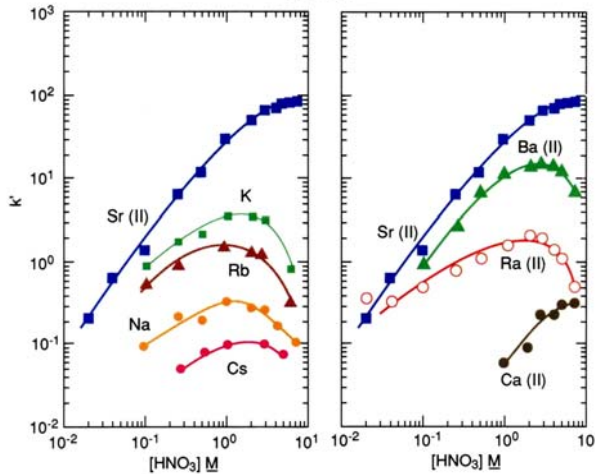
Interférence ^{226}Ra
croissante



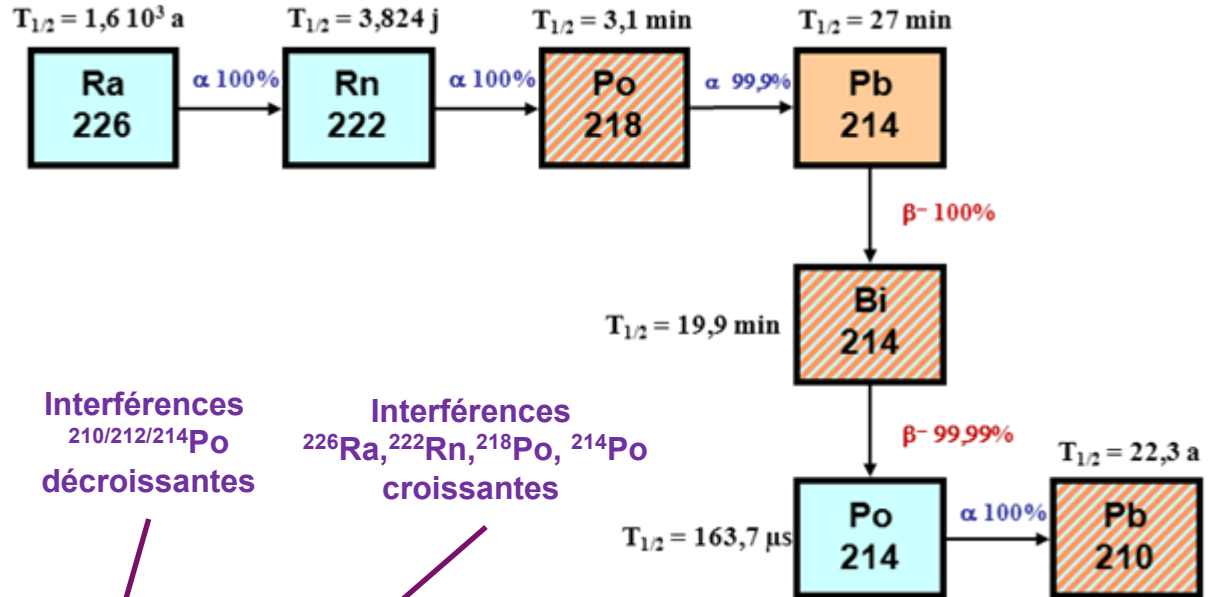
Interférence $^{210/212/214}\text{Bi}$ décroissante
Matrice sol

Suivi de la recroissance de l'yttrium 90 : mise en évidence d'interférences β non constantes

Acid dependency of k' for various ions at 23-25°C.
Sr Resin

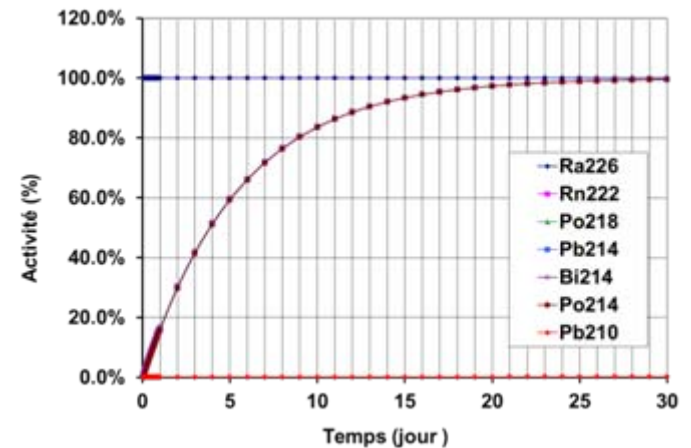
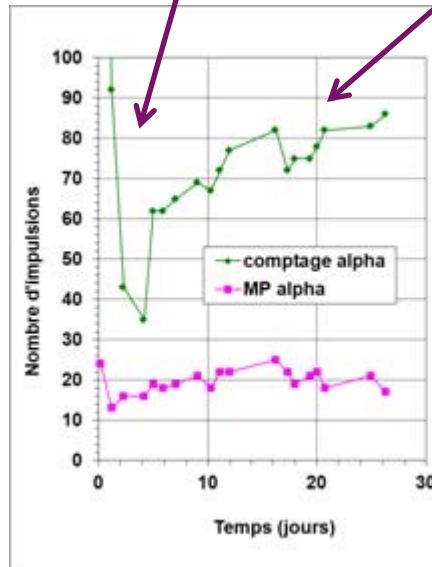
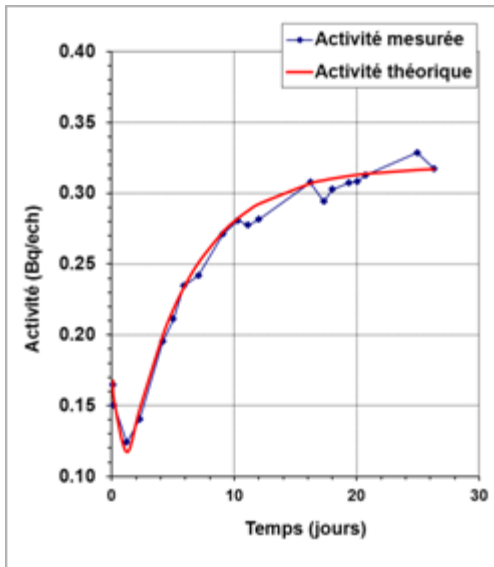


Horwitz & al (1992)



Interférences
 $^{210/212/214}\text{Po}$
décroissantes

Interférences
 $^{226}\text{Ra}, ^{222}\text{Rn}, ^{218}\text{Po}, ^{214}\text{Po}$
croissantes



- L'analyse du ^{90}Sr dans l'environnement est difficile
- La sélectivité des séparations radiochimiques préalables n'est pas toujours satisfaisante
- La mise en évidence d'interférence par des méthodes spectrales n'est pas toujours possible à très bas niveau (scintillation liquide)
- Les méthodes de suivi de recroissance ou de décroissance de l'yttrium 90 permettent de déceler les interférences éventuelles.
- Pour des mesures à très bas niveau, l'augmentation du temps de comptage ne doit pas être utilisée au détriment du suivi de recroissance ou de décroissance
- L'utilisation de méthodes spectrales utilisant des semi conducteurs PIPS pourrait offrir des perspectives

Références bibliographiques

Bouisset P., Gurriaran R., Yerebakanian E., Courti A. (2005) Spéctrométrie bêta appliquée aux mesures de la radioactivité dans l'environnement , Radioprotection vol 40 n°1, p29-45

Bushaw B. A. , Cannon B.D. (1997) Diode laser based resonance ionization mass spectrometric measurement of strontium-90, Spectrochimica Acta part B 52 p1839–1854

Brun S., Kergadallan Y., Boursier B., Fremy J.M., Janin F. (2003) Methodology for determination of radiostrontium in milk a review, Lait, vol 83 p1-15

Galle P. (1997) Toxiques nucléaires, Ed Masson p105-123

Horwitz E.Ph., Dietz M.L., Chiarizia R. (1992) The application of novel extraction chromatographic materials to the characterization of radioactive waste solutions, Journal of radioanalytical and Nuclear chemistry vol 161, n°2 p575-583

IRSN (2010) Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009

Lecompte Y. (2001) Radioécologie et radiotoxicologie du strontium 90, Lyon pharmaceutique p189-213

Renaud P. (2008) Evolution des concentrations en radionucléides dans l'environnement et adaptation des techniques de mesure aux besoins de la surveillance » Journée SFRP : "Surveillance de la radioactivité de l'environnement", 23-24 Septembre 2008

Roussel-Debet S., Beaugelin K. (2005) Fiche radionucléides IRSN - strontium 90 et environnement

Merci de votre attention

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 69 08 40 54 | F. +33 (0)1 69 08 80 44

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

DSM/SAC
UPSE
SPR
LRCE