

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# L'anthropisation de l'environnement au cours de l'ère industrielle : la mémoire des sédiments illustrée par le projet ARCHEO

**Frédérique Eyrolle, Hugo Lepage, Amandine Morereau,  
Valérie Nicoulaud-Gouin, Rodolfo Gurriaran**

PSE-ENV/SRTE/LRTA

Laboratoire de Recherche sur les Transferts des radionucléides au sein des écosystèmes  
Aquatiques

**SFRP**

***Journées thématiques de la section environnement***

***Sols, sédiments et radioactivité***

*Espace centenaire – Paris XII  
6 et 7 février 2019*



# Les archives sédimentaires

Les **archives sédimentaires** collectées sur les marges alluviales des fleuves (berges, lônes, plaine d'inondation) ou bien dans des compartiments d'accumulation sédimentaire artificiels (darses, barrages) peuvent permettre de **reconstruire a posteriori les concentrations en divers polluants** ayant transité au cours des dernières décennies dans les fleuves.



S'applique aux substances qui sont piégées par les matières en suspension :

*De nombreux contaminants organiques, les microplastiques, les éléments traces stables ou radioactifs ...*

# Les radionucléides recherchés

Dans le cas particulier des radionucléides, il s'agit d'étudier les éléments à vie moyenne à longue :

- d'origine artificielle,
- d'origine naturelle mais dont les activités humaines ont pu modifier les concentrations dans l'environnement (e.g.,  $^{40}\text{K}$ , U/Th).



*Emetteurs  $\gamma$*

*Isotopes du plutonium*

$^{14}\text{C}$

*Tritium organiquement lié (TOL)*

*Descendants des chaînes U/Th,*

$^{236}\text{U}$

*Autres ....*



### TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

GROUPE		NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'IUPAC (1985)																NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1966)										18 VIIIA	
IA																												He	
1																												2	
1																												10	
2																												18	
3																												36	
4																												54	
5																												86	
6																												118	
7																													
1	H																											2	He
2	Li	Be															B	C	N	O	F	Ne							
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar											
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr											
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe											
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn											
7	Fr	Ra	Ae-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq																

**Lanthanides**

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
LANTHANE	CÉRIUM	PRASEODYME	NÉODYME	PROMÉTHIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM	TERBIUM	DYSPROSIUM	HOLMIUM	ÉRBIUM	THULIUM	YTTÉRIUM	LUTÉTIUM	

**Actinides**

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	
ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMÉRICIUM	CURIUM	BERKÉLIUM	CALIFORNIUM	ENSTENIUM	FERMOLIUM	MÉNDELÉVIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM	

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 687-683 (2001)  
La masse atomique relative est donnée avec six chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.  
Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique naturelle connue, une masse atomique est indiquée.  
Copyright © 1998-2002 ENIG (enig@efp-epfl.ch)

**Reconstruire les concentrations des radionucléides  
ayant transité dans les grands fleuves français  
au cours de l'ère nucléaire (100 dernières années)  
à partir d'archives sédimentaires**

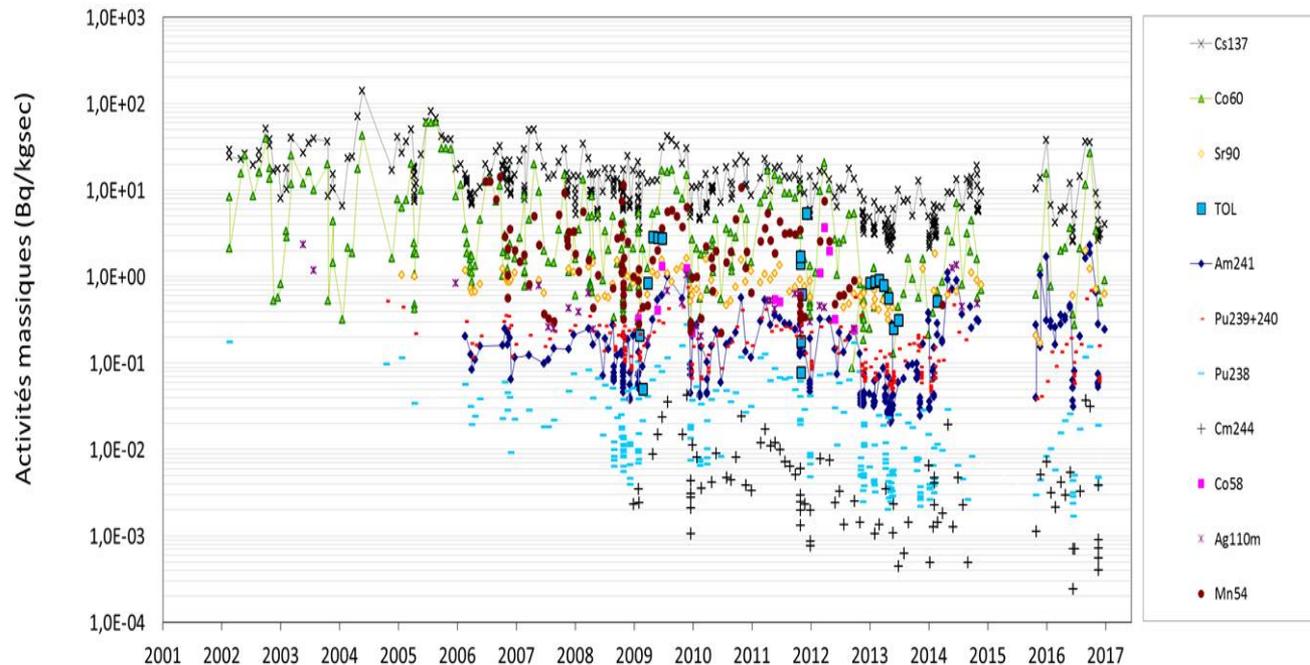
**à l'échelle du territoire français métropolitain**



*« Dans la vie rien n'est à craindre, tout est  
à comprendre »  
Marie Curie, 1903.*

## Disposer d'archives sédimentaires datées permettant de compléter les données de la surveillance des milieux aquatiques

- Pour des périodes non couvertes par les suivis (ante 1980),
- Pour des éléments non considérés à l'époque (RN « émergents »),
- Déceler des anomalies, i.e. contamination en plutonium de la Loire.



Chronique des activités massiques des radionucléides d'origine artificielle détectés dans les matières en suspension de l'eau de la partie aval du Rhône collectées par la station SORA; 2002-2016.

## Constituer une « carothèque »

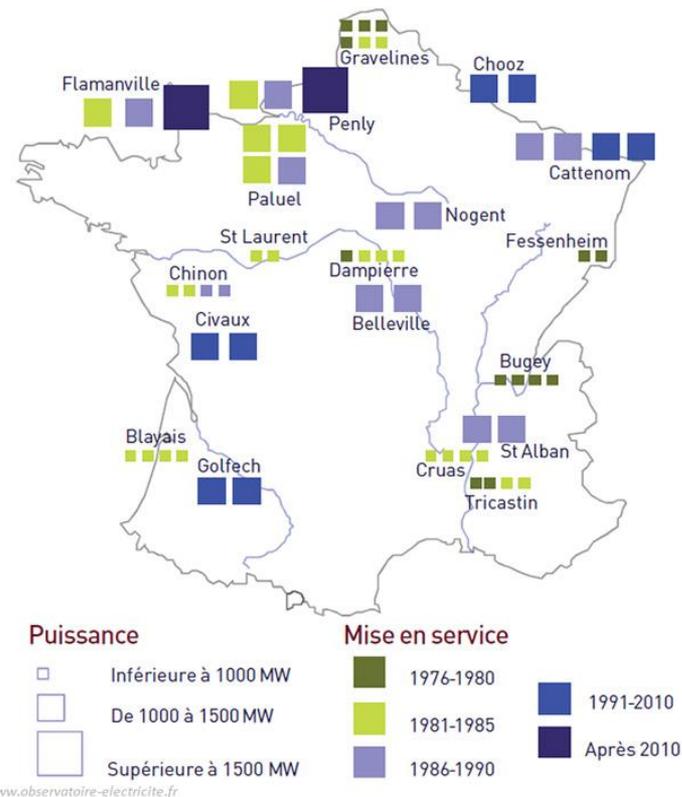
i.e., une échantillothèque d'archives sédimentaires datées

- Pour faciliter les réponses aux demandes sociétales et institutionnelles (e.g., expertises, saisines),
- Pour étudier d'autres contaminants (collaborations externes, ex. ARCHEORHONE 2017-2018; ANR Trajectoire in prep.).



## Reconstituer les flux historiques aux entrées et sorties du territoire

- Les flux de radioactivité délivrés par les fleuves au domaine marin (**Rhône, Loire, Seine, Garonne**),
- Les apports du **Rhin** (CNPE suisses),
- Les exports par le Rhin, la **Meuse** et la **Moselle**.



## Connaître les origines

- Les apports par les **bassins versants** (drainage des sols marqués par les retombées atmosphériques, référentiels, fonds géochimiques),
- Les **rejets liquides des industries du cycle du combustible nucléaire** (CNPE, retraitement du combustible irradié, mines, ...)



## Evaluer le marquage environnemental et son évolution

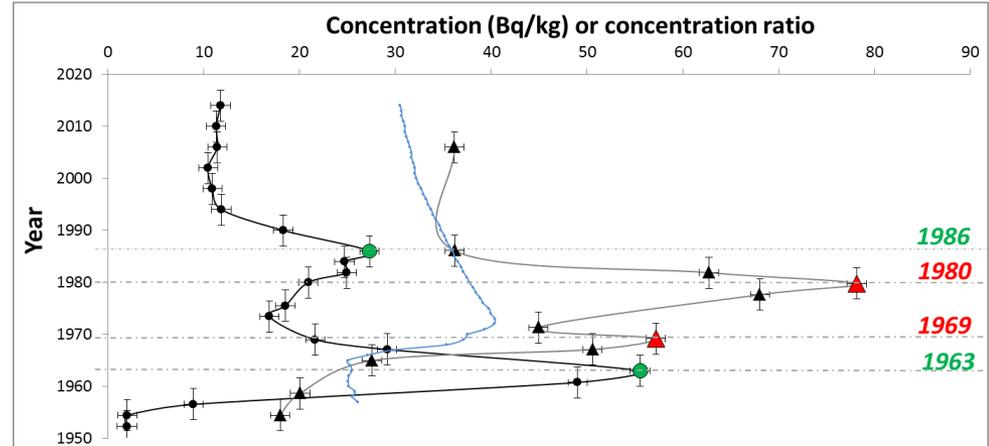
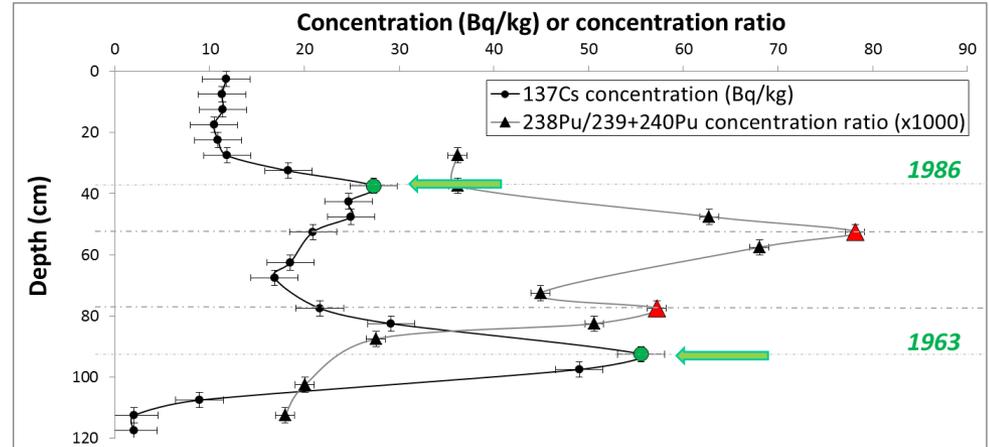
- Niveaux de marquage des systèmes fluviaux : **anthropisation**
- **Trajectoires socio-historiques** (évolutions et tendances au cours des 100 dernières années)
- Rémanence et résilience.

*Anticiper les questions du grand public sur les évènements du passé*

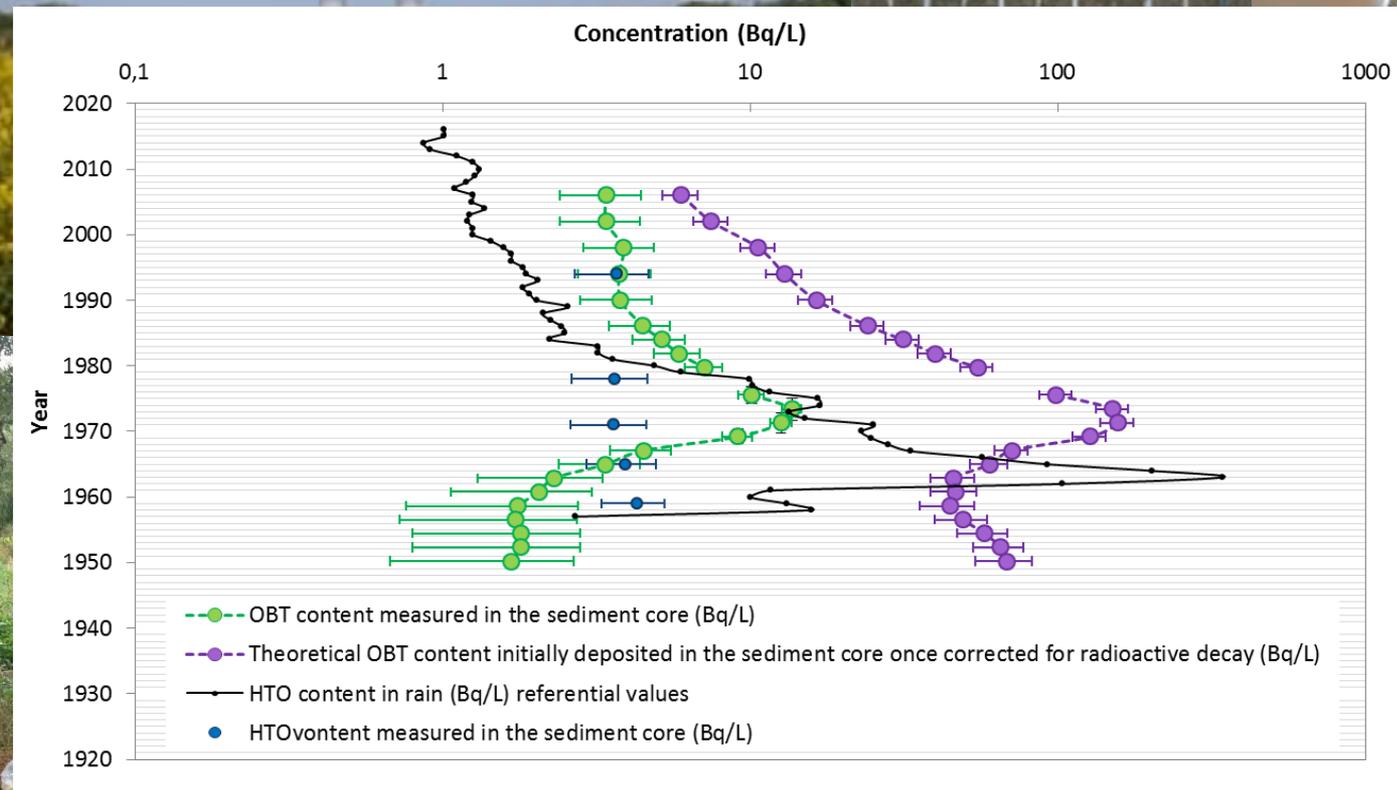


# La trace des accidents réacteurs du CNPE de St Laurent-des-eaux

## Dans la Loire ...

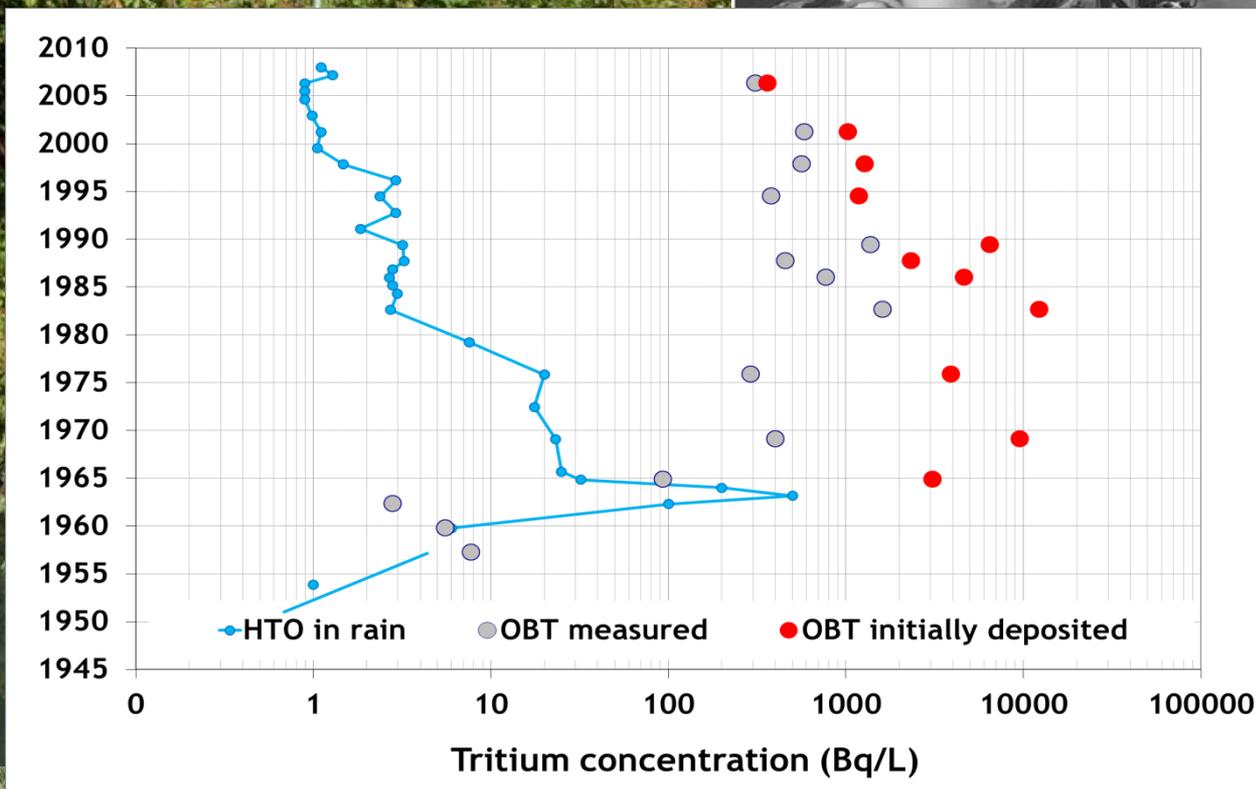


## Toujours dans la Loire ...



## Dans le Rhône ...

Atelier des régleuses,  
Ecole d'horlogerie de  
Saint-Imier, 1910-1920.





Merci de votre  
attention