



RECORD



Identification de l'origine des polluants par l'usage des méthodes isotopiques. Approche critique et cas d'application

Philippe Négrel

Michaela Blessing, Romain Millot,

Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent

RECORD, Méthodes isotopiques d'identification de l'origine des polluants
métalliques et organiques dans les milieux : état de l'art et approche critique
d'application, 2010, 115pp, n°09-0138/1A.

http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record09-0138_1A.pdf



Géosciences pour une Terre durable

brgm

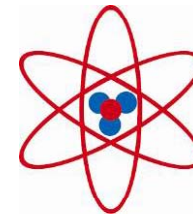
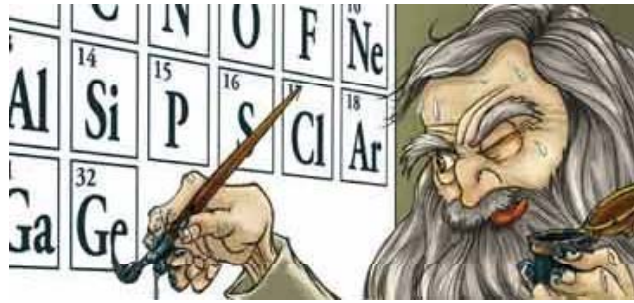
Points majeurs

> **Attentes de cette étude**



- vision actuelle de l'ensemble des études menées et valorisées par la communauté scientifique sur l'utilisation de l'approche isotopique dans la caractérisation des polluants sur un nombre limité de métaux et de molécules organiques.
- mise en évidence de l'apport des outils isotopiques dans la caractérisation et le traçage inverse des sources de pollutions, via l'apport des isotopes dans l'étude des processus de dégradation des molécules.





LA NOTION D'ISOTOPE

1 H 1.008																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 23.00	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90	46 Pd 106.40	47 Ag 107.90	48 Cd 112.40	49 In 114.80	50 Sn 118.70	51 Sb 121.80	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30
55 Cs 132.90	56 Ba 137.30	57 La* 138.90	72 Hf 178.50	73 Ta 181.00	74 W 183.90	75 Re 186.20	76 Os 190.20	77 Ir 192.20	78 Pt 195.10	79 Au 197.00	80 Hg 200.60	81 Tl 204.40	82 Pb 207.20	83 Bi 209.00	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac** (227)	104 Ku (258)	105 Ha (260)													

*Lanthanides

58 Ce 140.10	59 Pr 140.90	60 Nd 144.20	61 Pm (145)	62 Sm 150.40	63 Eu 152.00	64 Gd 157.30	65 Tb 158.90	66 Dy 162.50	67 Ho 164.90	68 Er 167.30	69 Tm 168.90	70 Yb 173.00	71 Lu 175.00
--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

**Actinides

90 Th 232.00	91 Pa 231.00	92 U 238.00	93 Np 237.00	94 Pu 239.10	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (258)
--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

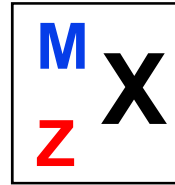


Géosciences pour une Terre durable

brgm

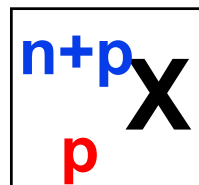
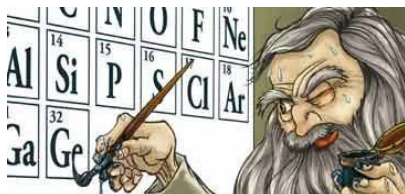
Les éléments chimiques

Rappels



1																	2
H 1.008																	He 4.00
3	4											5	6	7	8	9	10
Li 6.94	Be 9.01											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18
11	12											13	14	15	16	17	18
Na 23.00	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.06	Cl 35.45	Ar 39.95
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.90	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.71	Cu 63.55	Zn 65.38	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc 98.91	Ru 101.07	Rh 102.90	Pd 106.40	Ag 107.90	Cd 112.40	In 114.80	Sn 118.70	Sb 121.80	Te 127.60	I 126.90	Xe 131.30
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs 132.90	Ba 137.30	La* 138.90	Hf 178.50	Ta 181.00	W 183.80	Re 186.20	Os 190.20	Ir 192.20	Pt 195.10	Au 197.00	Hg 200.60	Tl 204.40	Pb 207.20	Bi 209.00	Po (210)	At (210)	Rn (222)
87	88	89	104	105													
Fr (223)	Ra (226)	Ac** (227)	Ku (258)	Ha (260)													
*Lanthanides																	
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Ce 140.10	Pr 140.90	Nd 144.20	Pm (145)	Sm 150.40	Eu 152.00	Gd 157.30	Tb 158.90	Dy 162.50	Ho 164.90	Er 167.30	Tm 168.90	Yb 173.00	Lu 175.00				
**Actinides																	
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
Th 232.00	Pa 231.00	U 238.00	Np 237.00	Pu 239.10	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (254)	Fm (257)	Md (256)	No (254)	Lr (258)				

- > **X** : espèce atomique (U, Pb, C, Rb, ...)
- > **M** : nombre de nucléons
 - nucléon : particule du noyau (protons et neutrons)
 - c'est aussi la **masse molaire** (g/mol), c'est-à-dire la masse de N atomes (N : nombre d'Avogadro (6,023 10²³))
 - Ex. ²³⁸U uranium avec 238 nucléons dans son noyau
 - N atomes d' ²³⁸U pèse 238 g => 238g/mol
- > **Z** : **numéro atomique** = nombre de protons du noyau
 - Ex. ²³⁸₉₂U possède 92 protons



bore ¹⁰B ¹¹B
 plomb ²⁰⁴Pb ²⁰⁶Pb ²⁰⁷Pb ²⁰⁸Pb

Qu'est-ce qu'un isotope ?

- Isotope (isos "égal, le même" et topos "lieu, place", proprement "qui occupe la même place") > même comportement chimique
- fait référence à la classification des éléments chimiques de Mendeleïev, car pour un même élément chimique, il peut exister différents noyaux. > variations isotopiques $^{82}\text{Se}/^{76}\text{Se}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^7\text{Li}/^6\text{Li}$
- si le nombre de protons est toujours égal à Z, le nombre de neutrons peut varier et on parle alors d'isotopes de l'élément chimique. > fractionnement isotopique: $10^{-4} - 10^{-6}$ (0.0001 – 0.000001)

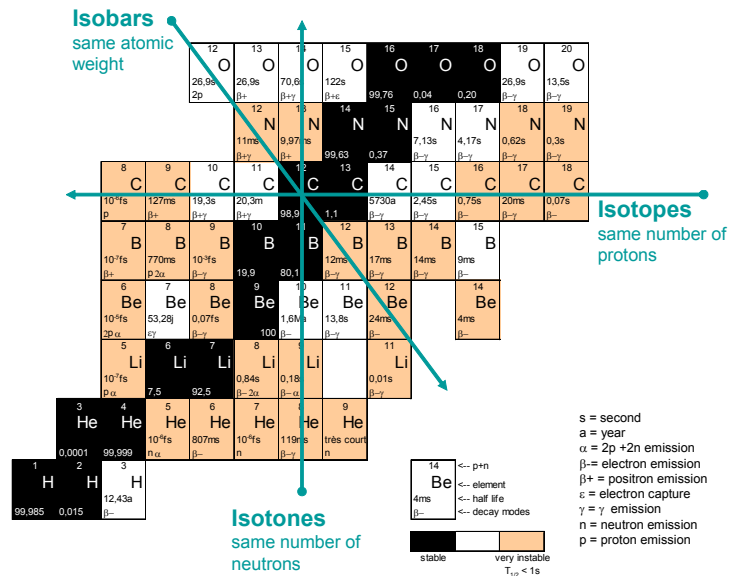
fonction du temps
fonction du processus chimique
fonction de l'origine
fonction de l'état rédox

1 H 1.008																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 23.00	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.71	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90	46 Pd 106.40	47 Ag 107.90	48 Cd 112.40	49 In 114.80	50 Sn 118.70	51 Sb 121.80	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30
55 Cs 132.90	56 Ba 137.30	57 La* 138.90	72 Hf 178.50	73 Ta 181.00	74 W 183.90	75 Re 186.20	76 Os 190.20	77 Ir 192.20	78 Pt 195.10	79 Au 197.00	80 Hg 200.60	81 Tl 204.40	82 Pb 207.20	83 Bi 209.00	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac** (227)	104 Ku (258)	105 Ha (260)													
*Lanthanides			58 Ce 140.10	59 Pr 140.90	60 Nd 144.20	61 Pm (145)	62 Sm 150.40	63 Eu 152.00	64 Gd 157.30	65 Tb 158.90	66 Dy 162.50	67 Ho 164.90	68 Er 167.30	69 Tm 168.90	70 Yb 173.00	71 Lu 175.00	
**Actinides			90 Th 232.00	91 Pa 231.00	92 U 238.00	93 Np 237.00	94 Pu 239.10	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)	

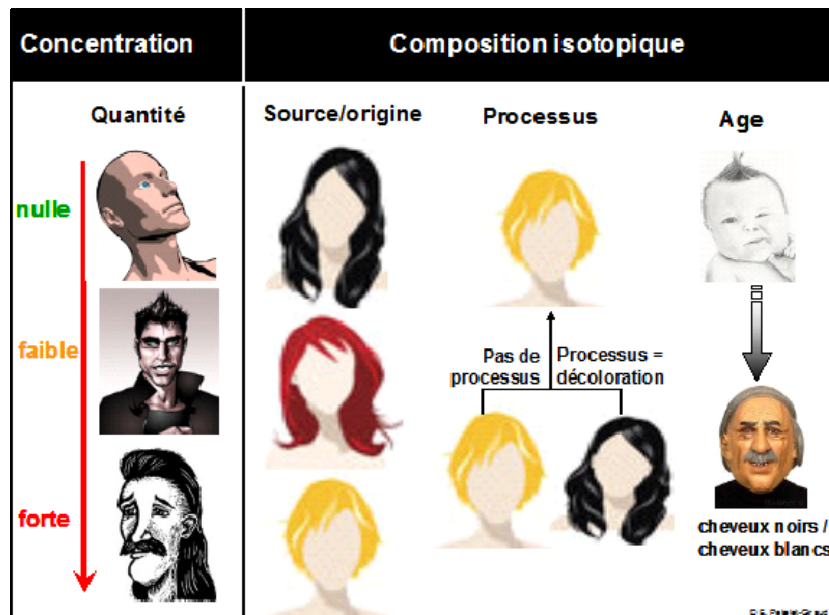


Géosciences pour une Terre durable
brgm

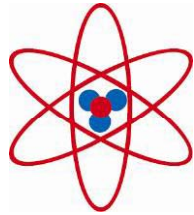
Concept des études isotopiques



Etude démographique	Etude géochimique
<p>Population = nombre d'individus</p>	<p>Analyse élémentaire = concentration de l'élément ($\mu\text{g/L}$, mmol/L, ppm ...)</p>
<p>Analyse détaillée</p> <p>ratio homme/femme</p> <p>âge des individus</p>	<p>Analyse isotopique</p> <p>rapport isotopique ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)</p> <p>datation (géochronologie)</p>



A quoi ça sert ?



B Analyses "en routine" au BRGM										Th En cours de développement										Si En projet										H Mesure au BRGM (CF-IRMS, TIMS)									
1																	2																						
H																	He																						
1.008																	4.00																						
3	4																	5	6	7	8	9	10																
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne																
6.94	9.01																	10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18																
11	12																	13	14	15	16	17	18																
Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar																
23.00	24.31																	26.98	28.09	30.97	32.06	35.45	39.95																
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																						
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																						
39.10	40.08	44.96	47.90	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.71	63.55	65.38	69.72	72.59	74.92	78.96	79.90	83.80																						
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																						
85.47	87.62	88.91	91.22	92.91	95.94	98.91	101.07	102.90	106.40	107.90	112.40	114.80	118.70	121.80	127.60	126.90	131.30																						
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																						
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																						
132.90	137.30	138.90	178.50	181.00	183.90	186.20	190.20	192.20	195.10	197.00	200.60	204.40	207.20	209.00	(210)	(210)	(222)																						
87	88	89	104	105																																			
Fr	Ra	Ac**	Ku	Ha																																			
(223)	(226)	(227)	(258)	(260)																																			
*Lanthanides																																							
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																										
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																										
140.10	140.90	144.20	(145)	150.40	152.00	157.30	158.90	162.50	164.90	167.30	168.90	173.00	175.00																										
**Actinides																																							
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																										
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																										
232.00	231.00	238.00	237.00	239.10	(243)	(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(256)	(254)	(258)																										

Dynamique des écoulements

vitesse: O H

datation: ³H ¹⁴C ³⁶Cl

transfert: O H Sr Nd

traçage: O H Sr Nd

Origine

mélange: O Sr Nd B

salinité: B Sr S

interaction eau/roche:
Li Sr Nd Pb B O H

aire d'alimentation:
O H

Pollution

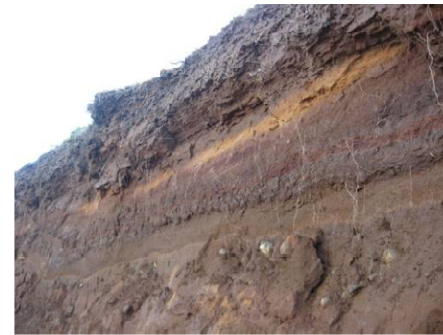
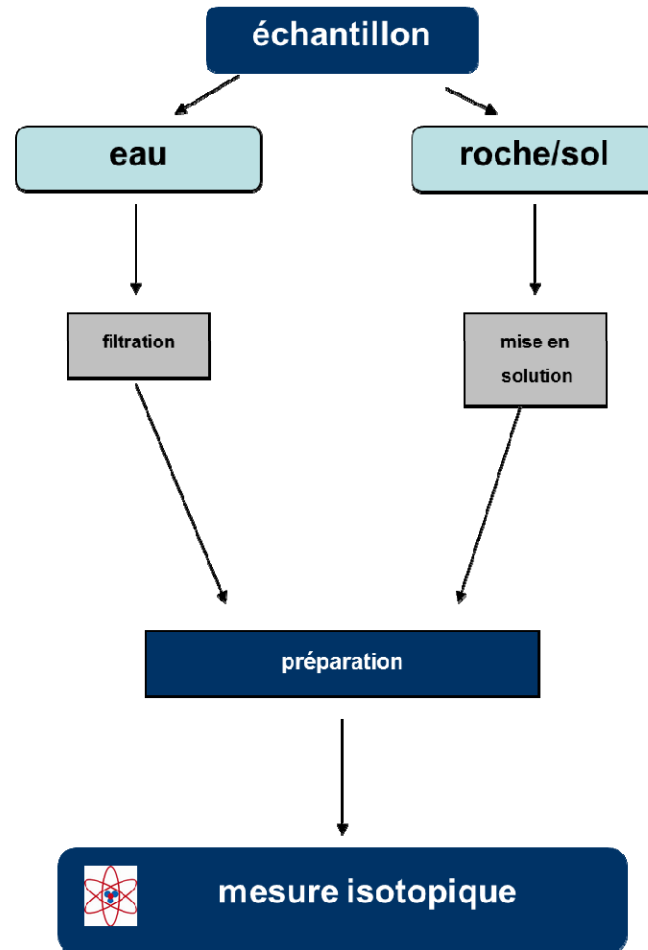
agricole:
N Sr B C Pb

domestique:
B Sr

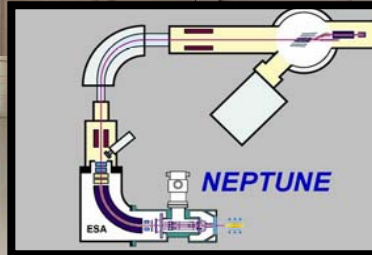
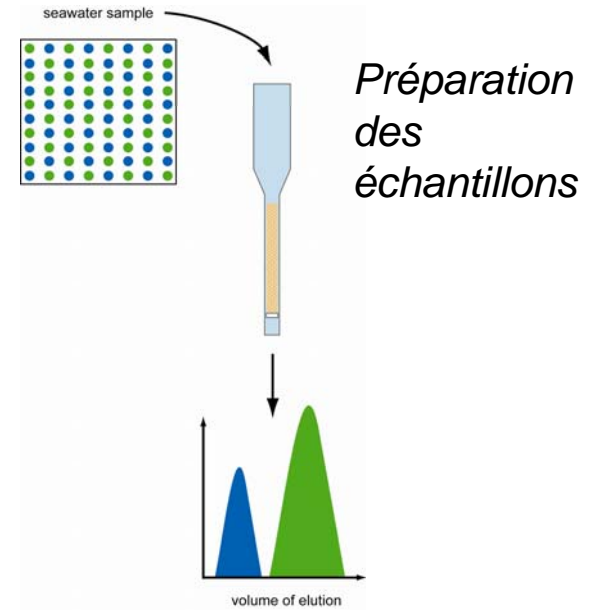
industrielle:
S O Pb Cd Zn Cr



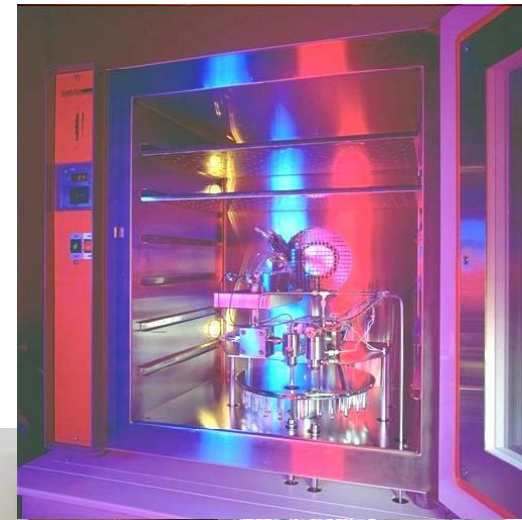
Du terrain aux données



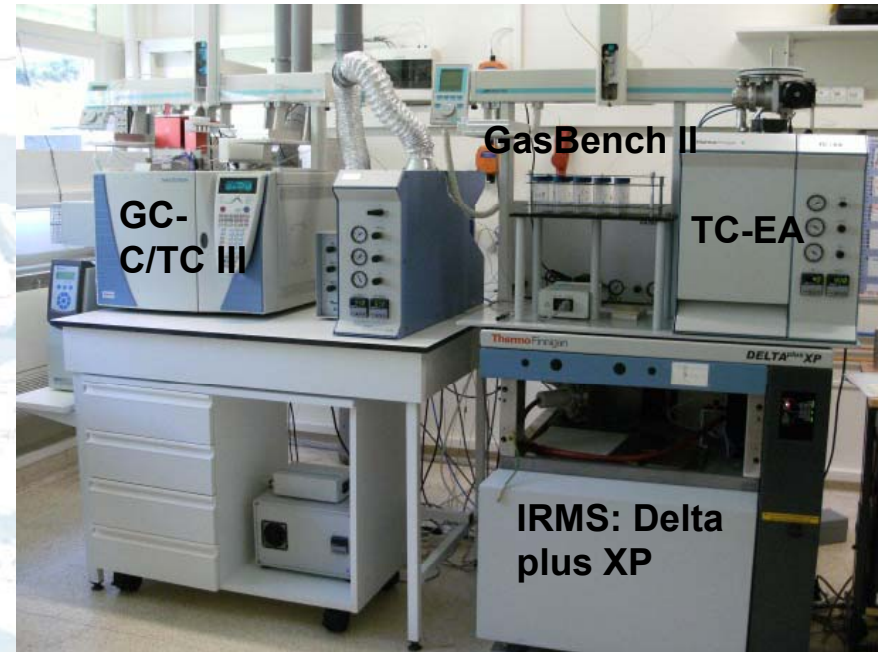
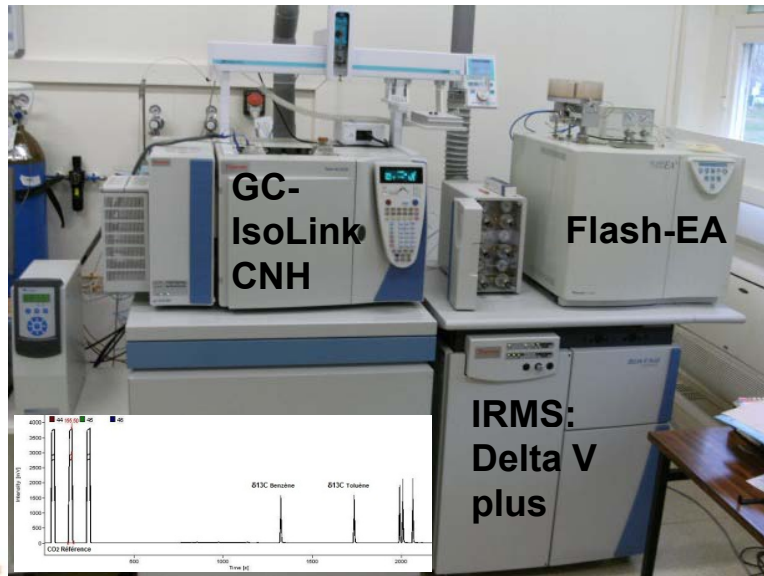
Mesure des rapports isotopiques



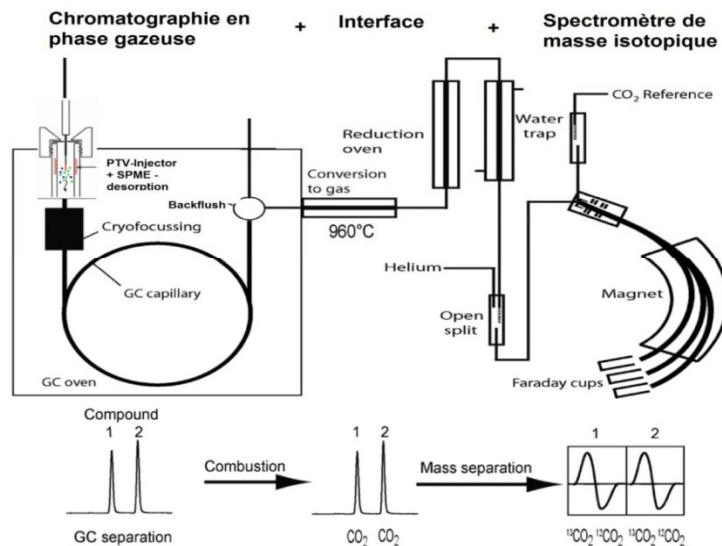
Mesure des rapports isotopiques



Continuous-flow isotope ratio mass spectrometry



Stable Isotope Forensic Investigations



CSIA - Compound Specific Isotope Analysis by GC-C-IRMS or by GC-TC-IRMS

- $\delta^{13}\text{C}$ of dissolved or product BTEX, MTBE, chlorinated solvents, alkanes, PAHs, PCBs, methane, C_1 à C_6 -alkanes
- δD of dissolved or product BTEX, MTBE, alkanes, PAHs, methane, C_1 à C_6 -alkanes

Le rapport isotopique

Définition

- > Le rapport isotopique d'un échantillon est le rapport de la concentration de l'isotope lourd sur celle de l'isotope léger

$$R = \frac{[\text{isotope lourd}]}{[\text{isotope léger}]}$$

- > Les compositions isotopiques sont exprimées en rapports de concentration par rapport à un standard

$$\delta = \left[\frac{R_{\text{échantillon}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right] * 1000$$

- > Le fractionnement isotopique est dû aux différences de masse et d'énergie entre les différents isotopes d'un même élément. L'élément le plus léger présente le fractionnement le plus important.

Valeur du fractionnement :

$$\alpha = \frac{\delta_{\text{Produit}} + 1000}{\delta_{\text{réactif}} + 1000}$$

Le fractionnement isotopique

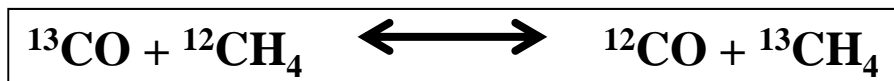
- > Le fractionnement isotopique permet de déterminer l'origine des constituants et de reconstituer les phénomènes physiques, chimiques et biologiques ayant affecté la répartition isotopique (fractionnements).
- > Les fractionnements isotopiques ont lieu au cours :
 - De réactions d'échange isotopique.
 - De processus physico-chimiques d'ordre cinétique comme la diffusion.
 - De changements d'état (absorption-désorption, évaporation-condensation et fusion cristallisation).
- > L'un ou l'autre de ces processus devient prédominant suivant l'élément chimique étudié.

Fractionnement isotopique (2)

De réactions d'échange isotopique (Fractionnement à l'équilibre)

- Ces réactions sont dues à l'établissement de l'équilibre thermodynamique pour les différents isotopes entre les espèces moléculaires en présence.
- Comme les réactions chimiques, les échanges isotopiques sont régis par la loi d'action de masse.

Exemple : réaction d'échange isotopique entre CO et CH₄ :



on peut écrire la constante d'équilibre :

$$K = \frac{[^{13}\text{CO}] / [^{12}\text{CO}]}{[^{13}\text{CH}_4] / [^{12}\text{CH}_4]}$$

K est fonction de la température.

Fractionnement isotopique (3)

Des processus physico-chimiques d'ordre cinétique comme la diffusion

- Les effets cinétiques tiennent aux plus grandes vitesses de réaction des molécules « légères », qui conduisent donc généralement à des produits de réaction enrichis en isotopes légers.
- La diffusion à l'état gazeux, mais aussi liquide et solide, est une autre voie pour produire un fractionnement isotopique, les isotopes légers diffusant plus vite que les lourds.

Des changements d'état

- Les changements d'état peuvent produire un fractionnement isotopique. C'est le cas en particulier du passage liquide-vapeur, où la tension de vapeur des isotopes légers est supérieure à celle des isotopes lourds.

L'équation de Rayleigh $R/R_0 = f^{(\alpha-1)}$

R : rapport isotopique de la vapeur restante, R_0 : celui de la vapeur avant que la condensation ne commence, f : fraction de la vapeur résiduelle, et α : facteur de fractionnement isotopique.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Standards internationaux

Elt	Couple	δ	Standard International	Valeur du standard
O	$^{18}\text{O} - ^{16}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}$	SMOW ("Standard Mean Ocean Water")	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{SMOW}} = 2,0052 \cdot 10^{-2}$
H	$^2\text{H} - ^1\text{H}^*$	$\delta\text{D} = \delta^2\text{H}$	SMOW	$\text{D}/\text{H}_{\text{SMOW}} = 1,557 \cdot 10^{-4}$
C	$^{13}\text{C} - ^{12}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}$	PDB (Pee Dee Belemnite, formation de Caroline du Sud)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{PDB}} = 1,122 \cdot 10^{-2}$
N	$^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$	$\delta^{15}\text{N}$	Atmosphère (air)	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{ATM}} = 3,613 \cdot 10^{-3}$
S	$^{34}\text{S} / ^{32}\text{S}$	$\delta^{34}\text{S}$	CTD (Cañon Diablo Troïlite - FeS) (Meteorite Crater, Arizona)	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}_{\text{CDT}} = 4,4994 \cdot 10^{-2}$



Traçage isotopique des composés organiques dans des aquifères contaminés

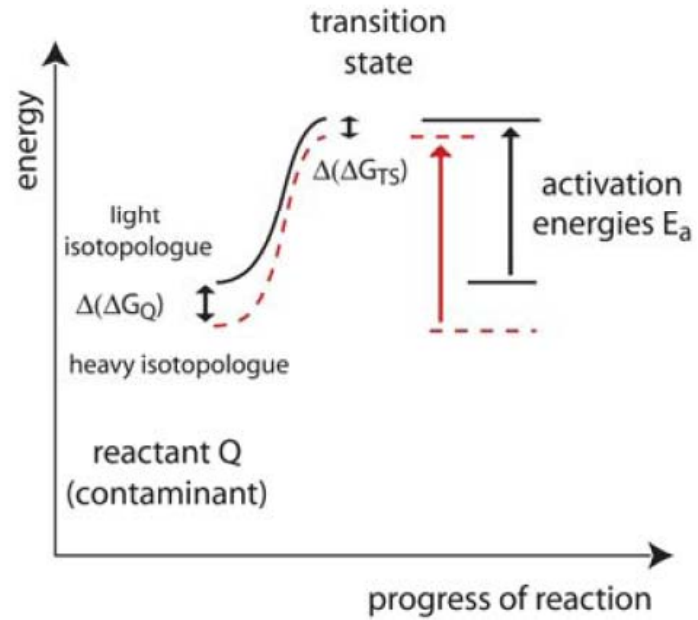


Michaela Blessing

Objectifs

- ✓ **mettre en évidence la dégradation des polluants organiques**
- ✓ **étudier l'évolution de l'atténuation naturelle *in-situ***
- ✓ **tracer la source d'un produit ou étudier l'origine d'un métabolite**
- ✓ **retracer l'histoire d'une contamination**

Théorie et principe



Elsner M. (2010, J. Environ. Monit.)

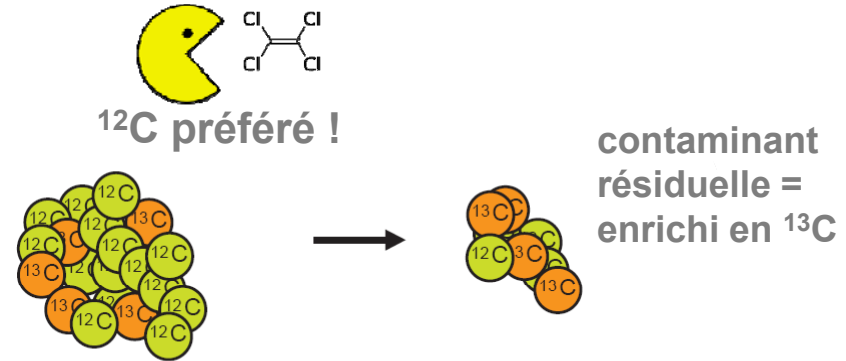
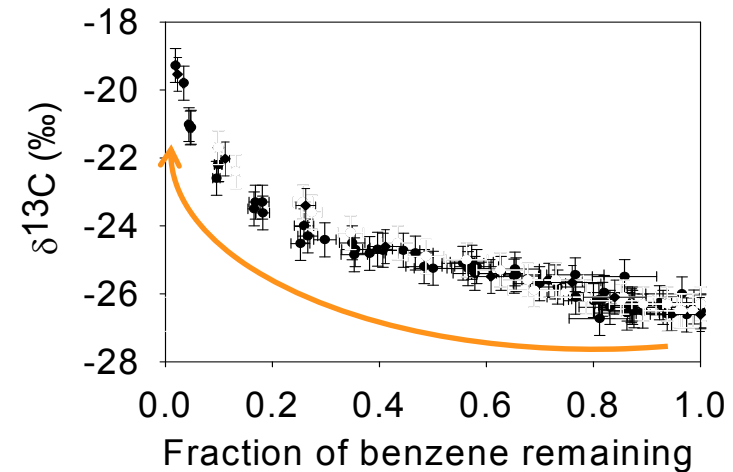


Figure 1. Principle of isotope fractionation

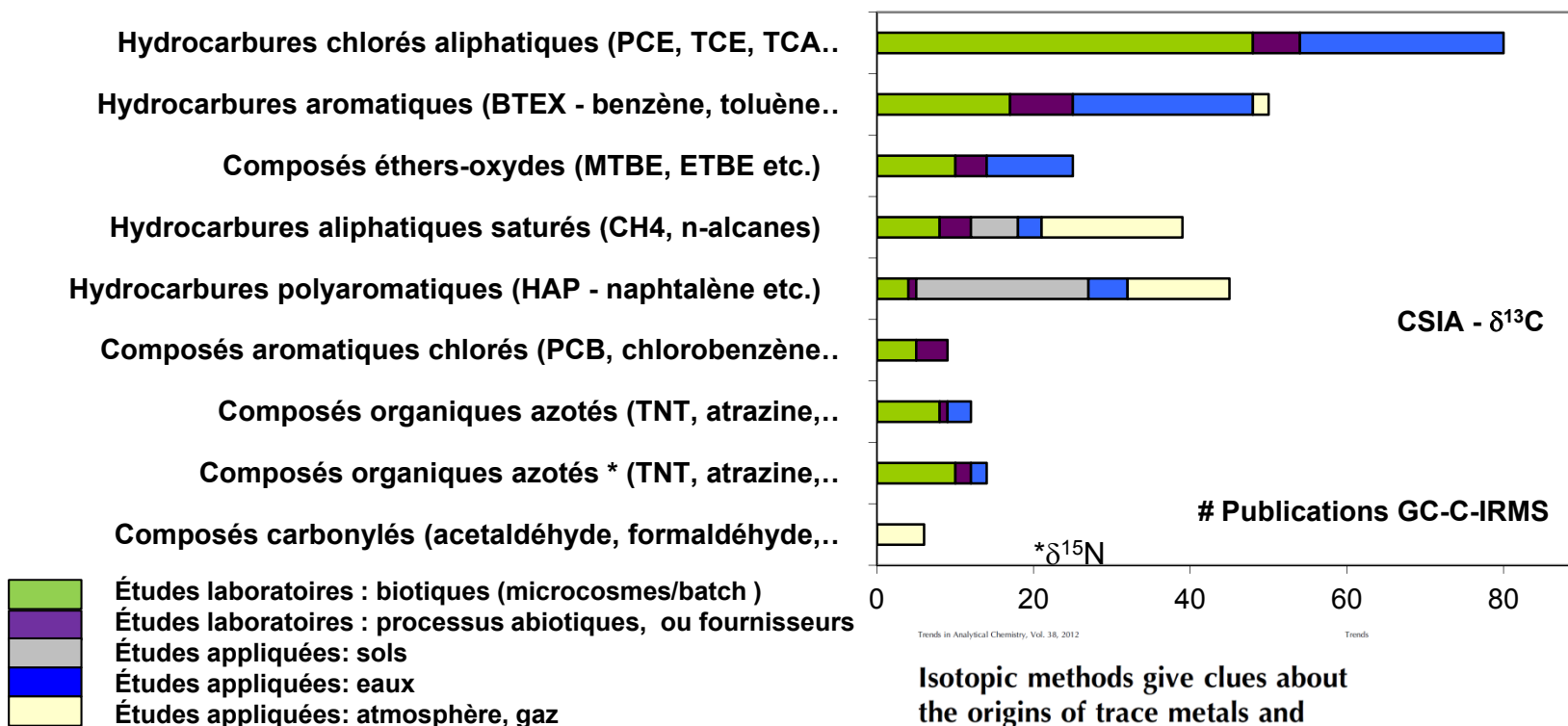


Mancini et al. (2003, Appl. Env. Microbiol.)

Etat de l'art

Publications internationales:

- dégradation biotique et abiotique des composés organiques → fractionnement isotopique (facteurs ϵ)
- application et validation du concept sur sites contaminés
- différenciation des sources/origines



Trends in Analytical Chemistry, Vol. 38, 2012

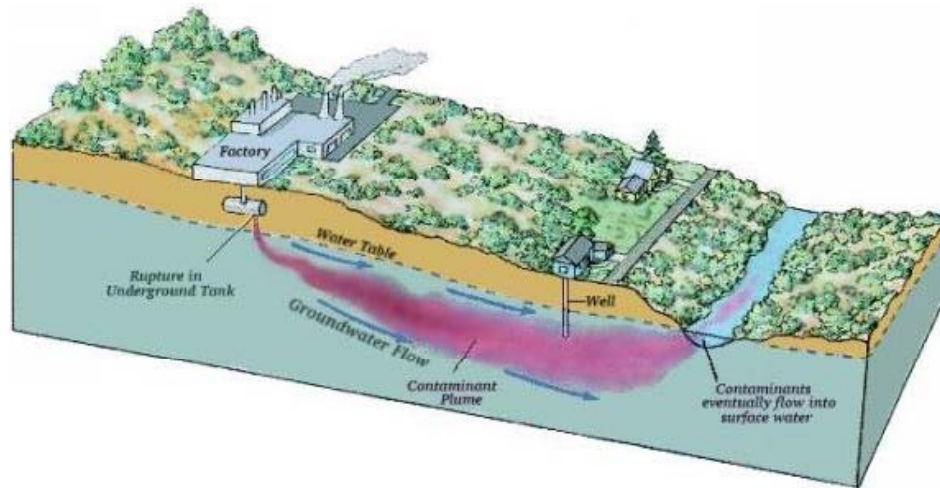
Trends

Isotopic methods give clues about the origins of trace metals and organic pollutants in the environment

Philippe Négrel, Michaela Blessing, Romain Millot, Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent



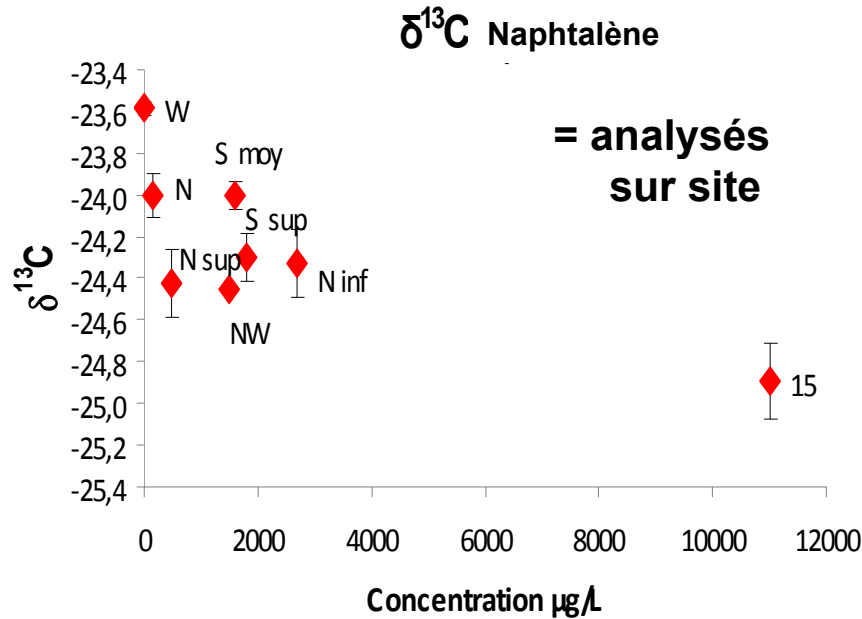
Applications sur sites contaminés



Caractérisation isotopique – surtout $\delta^{13}\text{C}_{\text{COHV}}$ / $\delta^{13}\text{C}$ et δD BTEX, MTBE et Nap

- en différents points de l'aquifère: variations spatiales
 - réseau de piézomètres, bon choix du positionnement des piézomètres
- à des périodes différentes: variations temporelles
 - adaptation des fréquences de campagnes de prélèvement selon étude
- à différents niveaux de l'aquifère: variations spatiales 3D
 - prélèvements à des différents profondeurs de l'aquifère (p.ex. préleveurs passifs)

Application sur site – projet ATTENA (BRGM)



→ Quantification de la biodégradation *in-situ*

$$B = \left[1 - \left(\frac{R_t}{R_0} \right)^{\frac{1}{\alpha - 1}} \right] \times 100$$

Biodégradation (B [%]) calculée entre Pz 15 et Pz W → 49% - 99%

Tableau 2-3 : Données de la littérature sur des valeurs de ϵ pour la biodégradation de naphthalène en fonction des mécanismes/conditions.

+ données littérature

Conditions	Type	carbon		hydrogen		Reference
		ϵ [‰]	\pm [‰]	ϵ [‰]	\pm [‰]	
aerobic	<i>P. putida</i> strain NCIB9816	-0.1	0.2	lb		Morasch et al. 2002
sulfate-reducing	pure culture Naph S2	-0.3	0.1	-43	6	Bergmann et al. 2011
	enrichment culture N47	-2	0.4	-59	8	
	enrichment culture N47	-1.1	0.4	n.d.		Griebler et al. 2004

Dans la bibliographie

Trends in Analytical Chemistry, Vol. 38, 2012

Trends

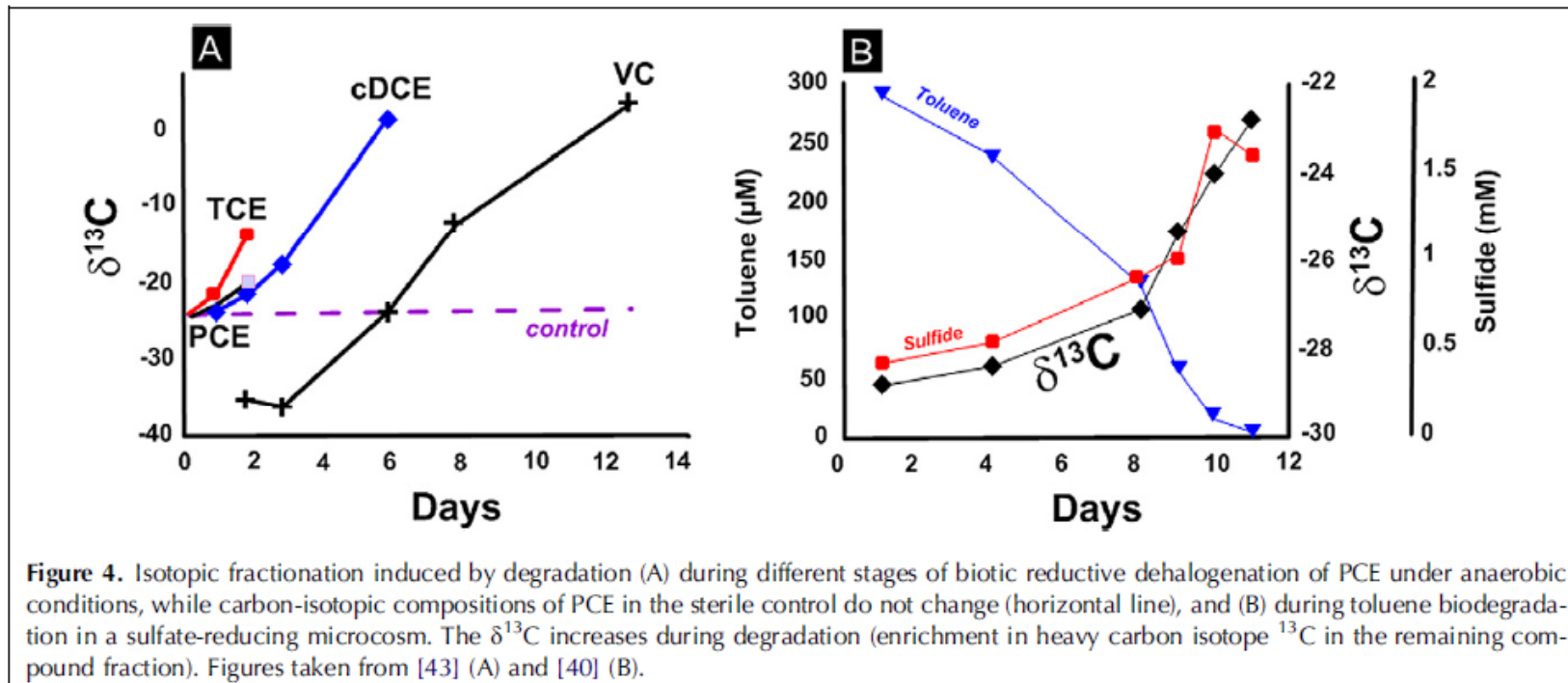


Figure 4. Isotopic fractionation induced by degradation (A) during different stages of biotic reductive dehalogenation of PCE under anaerobic conditions, while carbon-isotopic compositions of PCE in the sterile control do not change (horizontal line), and (B) during toluene biodegradation in a sulfate-reducing microcosm. The $\delta^{13}\text{C}$ increases during degradation (enrichment in heavy carbon isotope ^{13}C in the remaining compound fraction). Figures taken from [43] (A) and [40] (B).

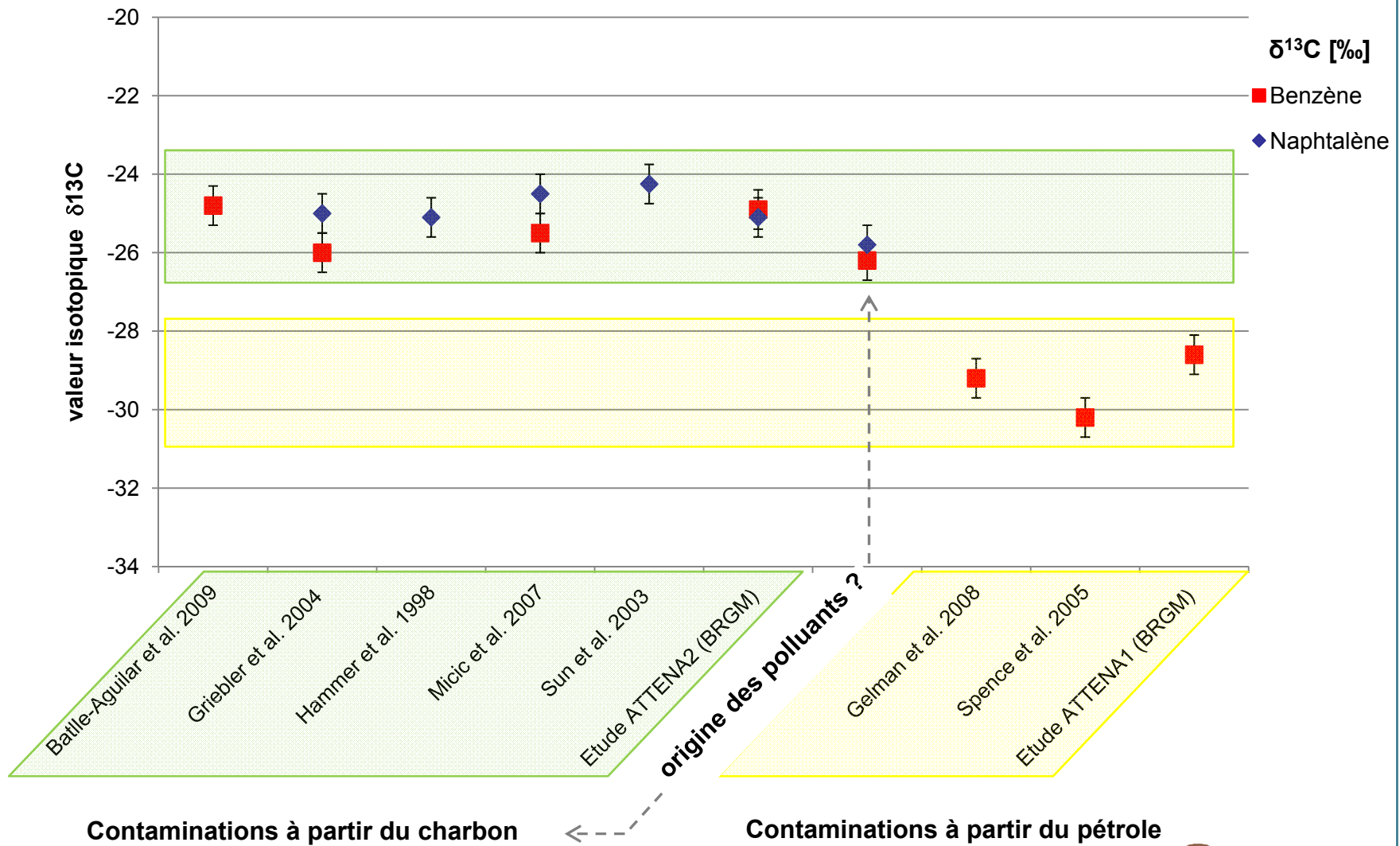
Trends in Analytical Chemistry, Vol. 38, 2012

Trends

Isotopic methods give clues about the origins of trace metals and organic pollutants in the environment

Philippe Négrel, Michaela Blessing, Romain Millot, Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent

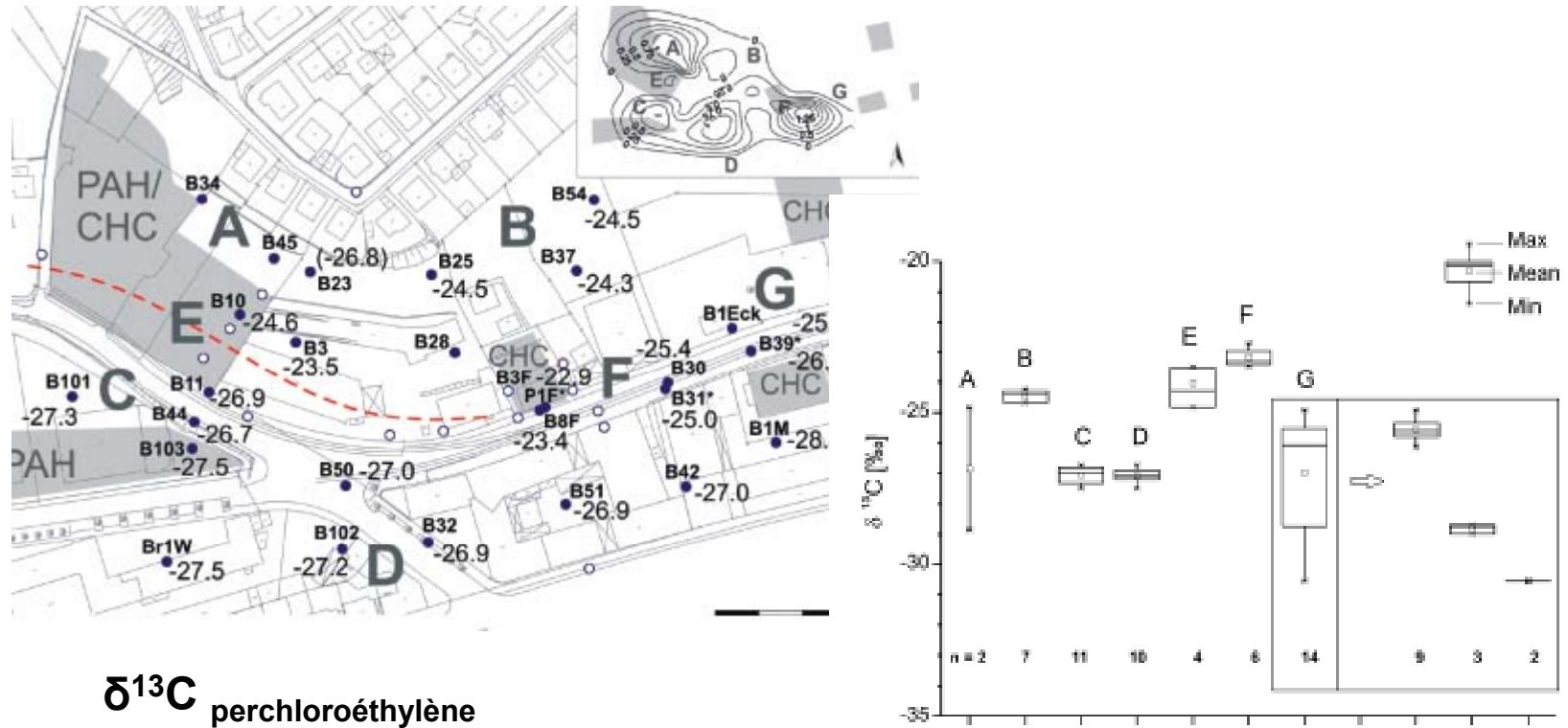
Signatures isotopiques → origine des polluants ?



Blessing et al., Présentation, 12.04.2011, DREAL Bourgogne.

Site industriel allemand – sources multiples

→ Différentiation des sources de contaminations industrielles



Blessing et al., Environ. Sci. Technol. 2009, 43, 2701–2707

Conclusions

Objectif	Avantages	Inconvénients
→ Mise en évidence d'une dégradation d'un polluant organique	La mise en évidence formelle d'une (bio)dégradation est faisable, même en absence des métabolites.	Positionnement des piézomètres tout au long du panache, concentrations trop faibles, les variations isotopiques mesurées risquent d'être peu significatives.
→ Identification et quantification des processus de dégradation	L'approche multi-isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^2\text{H}$ ou $\delta^{15}\text{N}$) peut être utile pour mieux caractériser et quantifier les processus de (bio)dégradation.	L'absence des facteurs d'enrichissement appropriés (mesurés ou données pertinentes issues de la littérature) peut ne pas permettre l'estimation correcte de la (bio)dégradation.
→ Différentiation des sources et/ou origines d'une contamination	Les signatures isotopiques en carbone ($\delta^{13}\text{C}$) permettent souvent de distinguer/ caractériser des sources différentes de certains molécules.	Nombre d'échantillons, fréquence de prélèvements, l'exactitude des mesures ne peut être obtenue que pour des pics chromatographiques bien résolus.



Un bref aperçu des isotopes des éléments métalliques



Philippe Négrel, Romain Millot, Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent



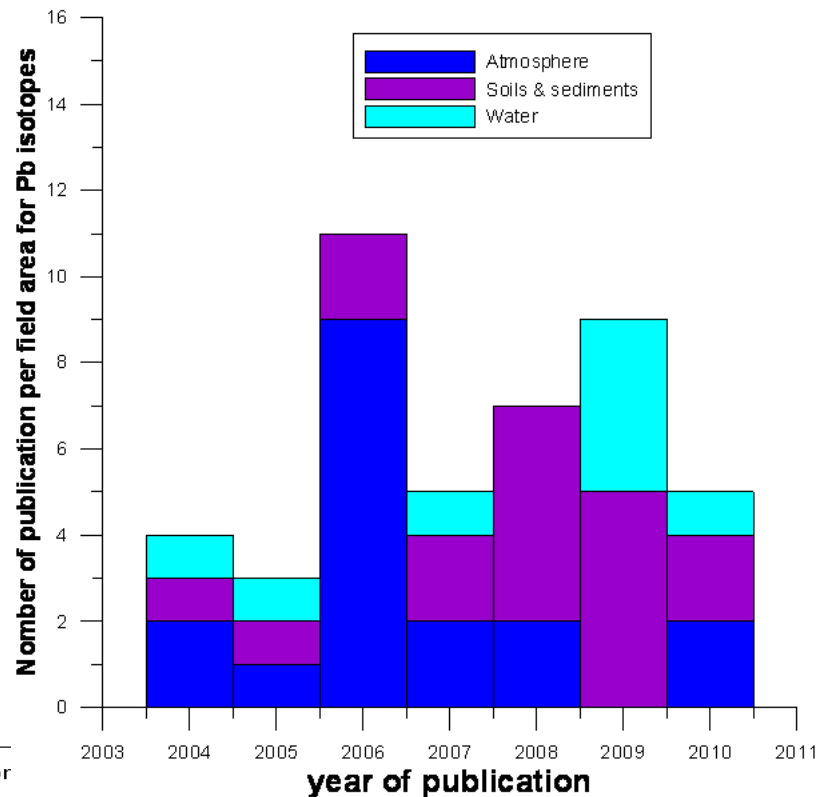
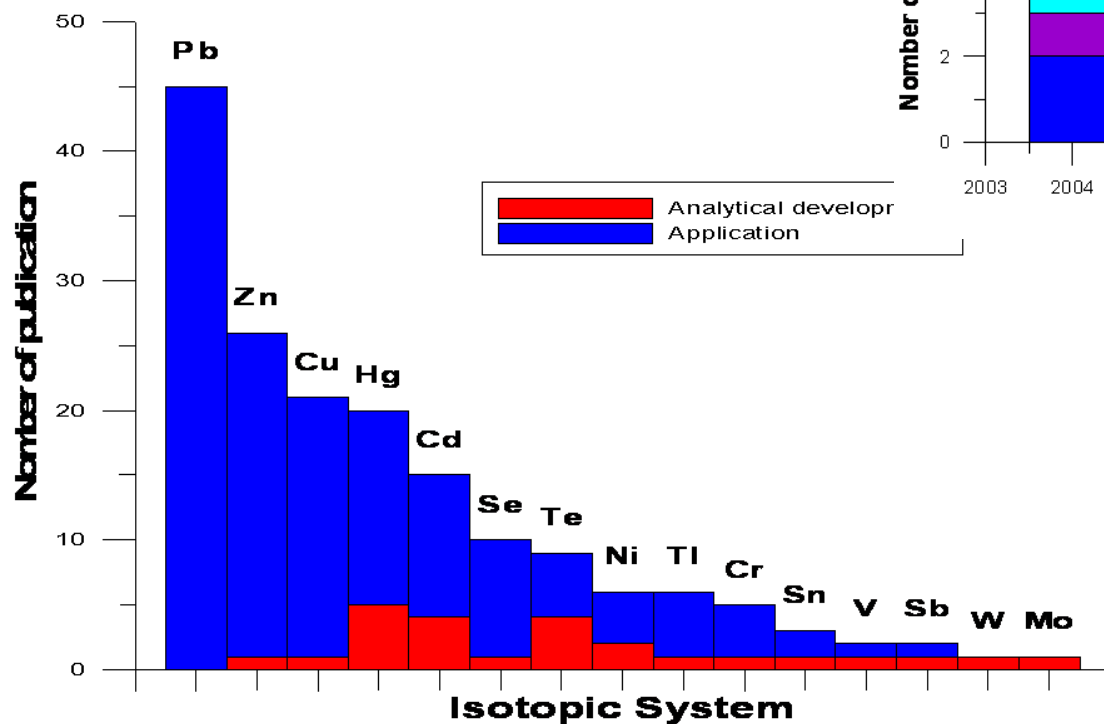
Les métaux

Trends in Analytical Chemistry, Vol. 38, 2012

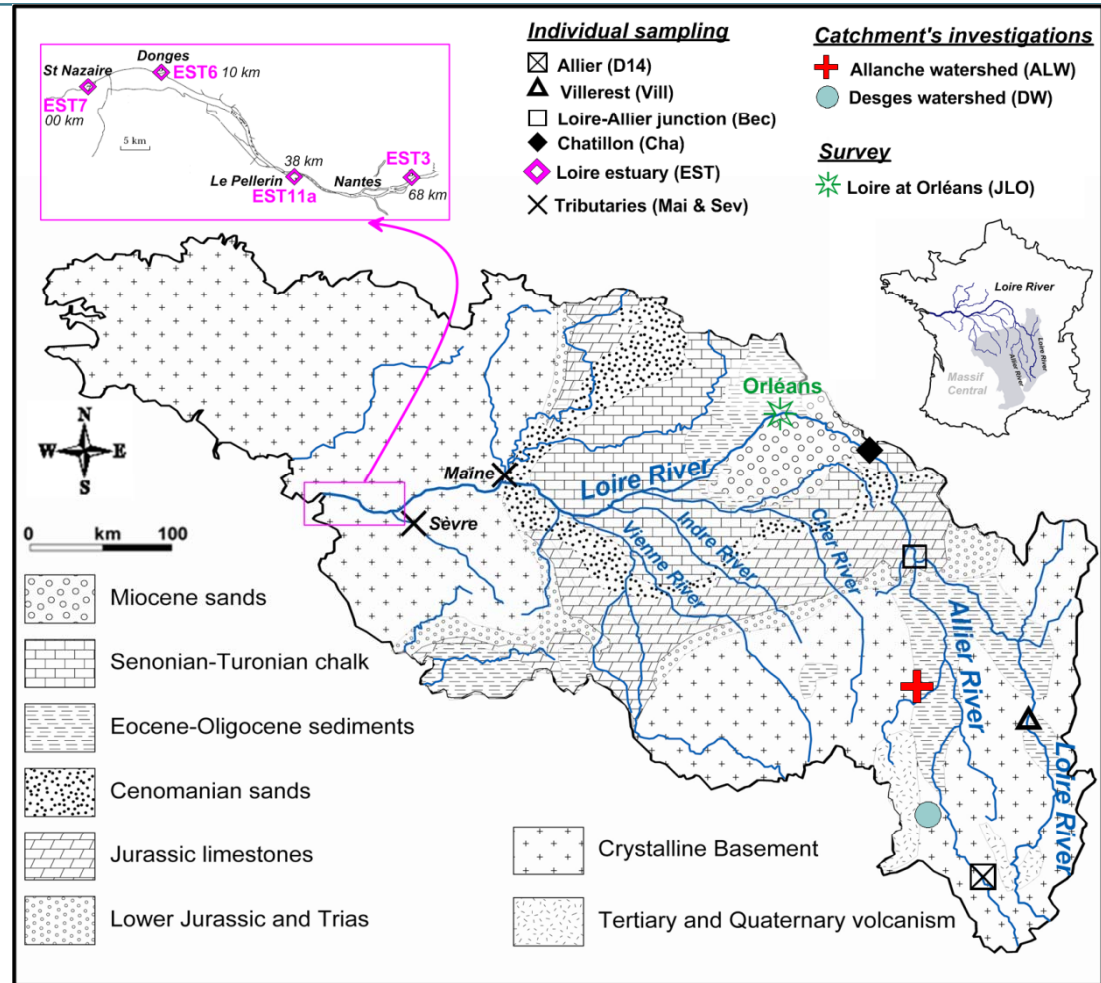
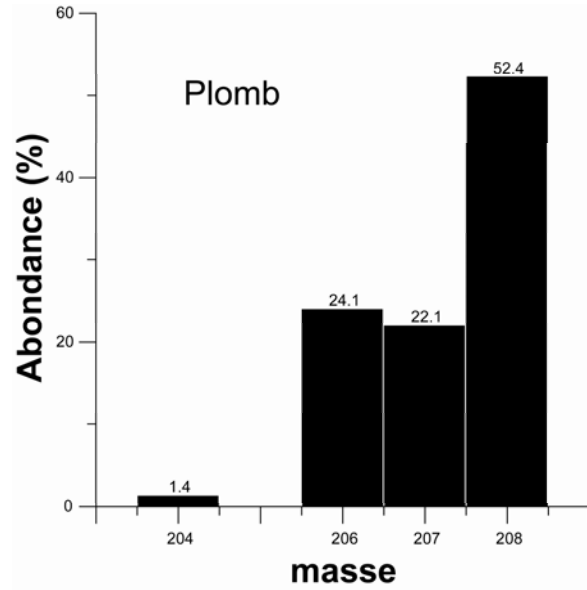
Trends

Isotopic methods give clues about the origins of trace metals and organic pollutants in the environment

Philippe Négrel, Michaela Blessing, Romain Millot, Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent



Loire : sédiment et Pb



Applied Geochemistry 27 (2012) 2019–2030



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Applied Geochemistry

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apgeochem



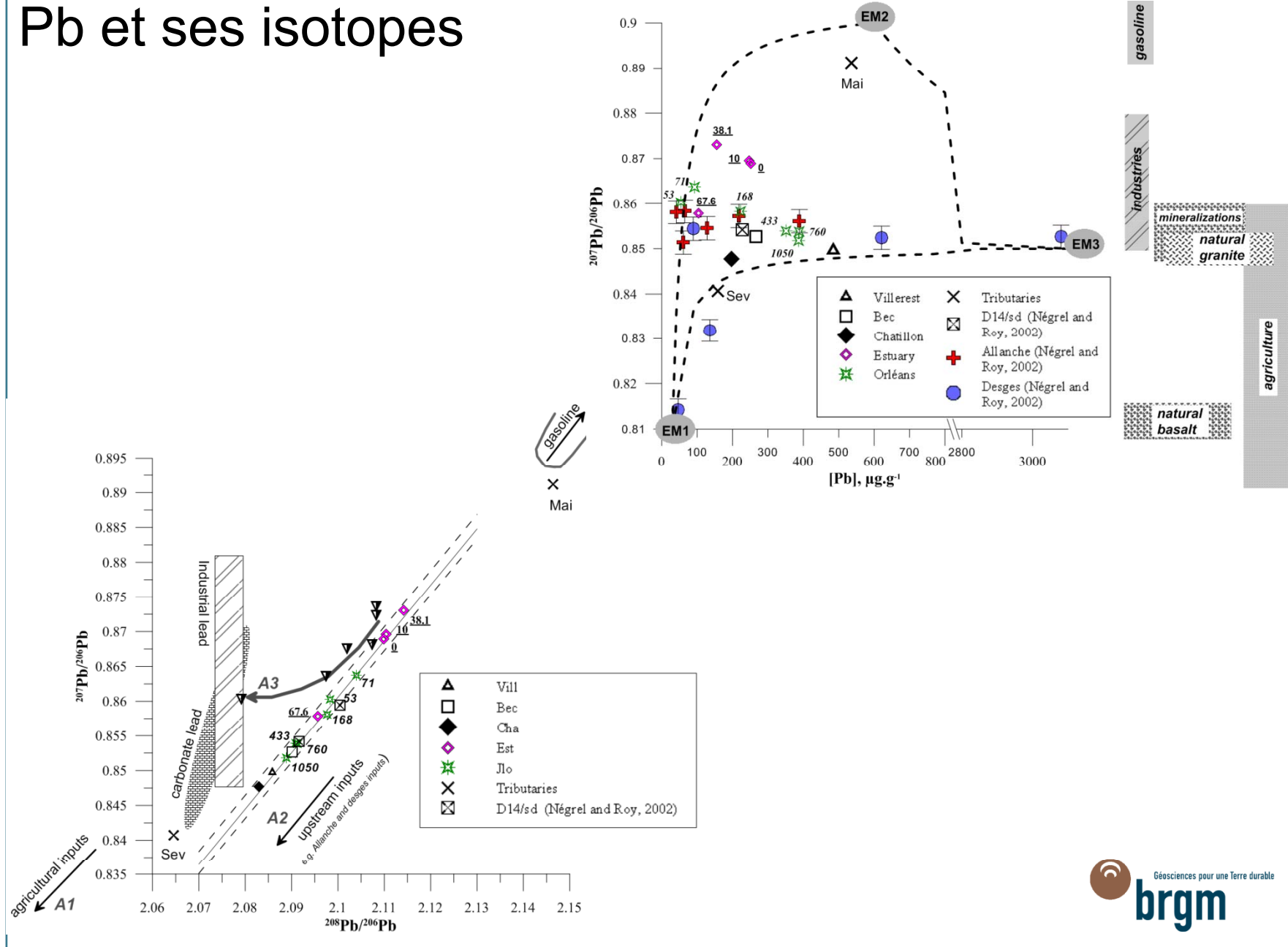
Isotopic evidence of lead sources in Loire River sediment

Philippe Négrel*, Emmanuelle Petelet-Giraud

BRGM, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2, France



Pb et ses isotopes



Isotopic methods give clues about the origins of trace metals and organic pollutants in the environment

Philippe Négrel, Michaela Blessing, Romain Millot, Emmanuelle Petelet-Giraud, Christophe Innocent

Recent advances in techniques and methodologies in analytical chemistry help to address problems of environmental contamination. This is particularly true for isotope determinations of metals using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MS) and on-line coupling of capillary gas chromatography and isotope-ratio MS, or compound-specific stable isotope analysis.

We explore the methodologies and applications using the isotope signatures of inorganic or organic contaminants, which offer good potential for distinguishing potential sources within contamination plumes and possibly even estimating different source inputs at the catchment scale. Moreover, for organic pollutants, such methods provide unique information for deciphering their origin and studying degradation processes.

© 2012 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Degradation; Environment; Inorganic element; Isotope; Isotopic determination; Isotopic signature; Organic molecule; Organic pollutant; Pollution; Trace metal

→ En préparation une version pour la revue « Géologues »

En guise de conclusion

Trends in Analytical Chemistry, Vol. 38, 2012

Acknowledgments

This study was supported by the “*Association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets*” Grant n° 09-0138/1A *Isotopic methods for identifying the origin of metal and organic pollutants in the environment: state of the art and critical approach for implementation* and by the BRGM Research Division through the METR09 Isotopes research program. The authors wish to acknowledge B. Couffignal and R. Gourdon from RECORD for their support during this study. Suggestions by A. Damien, C. Veronneau, D. Bilbault, H. Roussel, L. Cimolino and M. Brugioni from the RECORD steering group significantly improved the quality of this manuscript. We are grateful to H.M. Kluijver for proofreading and editing the English text.

RECORD, Méthodes isotopiques d'identification de l'origine des polluants métalliques et organiques dans les milieux : état de l'art et approche critique d'application, 2010, 115pp, n°09-0138/1A.

