

# Évaluation générique des expositions et des risques associés aux substances chimiques présentes dans les régions uranifères

Marie-Hélène Bourgault, M. Sc., Patrick Poulin, Ph. D.  
Denise Phaneuf, M. Sc.

Le 17 septembre 2014

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)

# Plan de la présentation



- Objectifs
- Méthodologie
- Variabilité des risques
- Contribution des mines
- Faits saillants

# Objectifs



# Évaluation générique



- À partir de données sur les concentrations de substances chimiques présentes dans l'environnement de régions uranifères, assujetties ou non à l'exploitation, au Canada et ailleurs dans le monde :
  1. présenter la variabilité des expositions et des risques encourus par une hypothétique population avoisinante.
  2. évaluer la contribution théorique de l'activité minière uranifère.

# Plan de la présentation



- Objectifs
- Méthodologie
- Variabilité des risques
- Contribution des mines
- Faits saillants

# Méthodologie

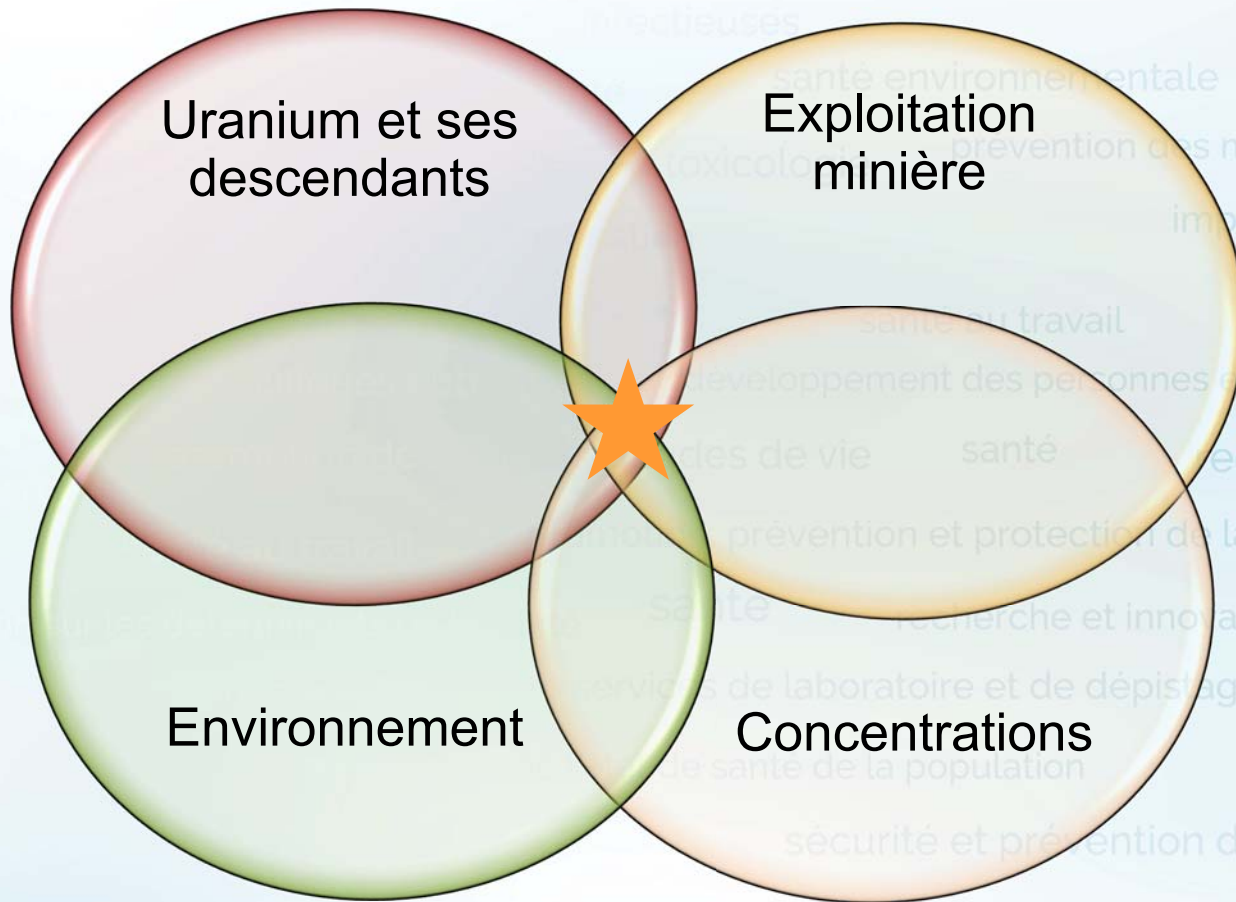
santé recherche  
innovation centre d'expertise et de référence  
nicotieuses promotion de saine  
santé environnementale se  
toxicologie prévention des maladies chroniques  
évaluation impact des politiques pub  
santé au travail  
développement des personnes et des communautés

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)

surveillance de l'état de santé de la population microbiologie prom  
sécurité et prévention des traumatismes  
recherche santé au tra

**Institut national  
de santé publique**  
Québec 

# Revue de la littérature



# Sélection des articles scientifiques

1 825

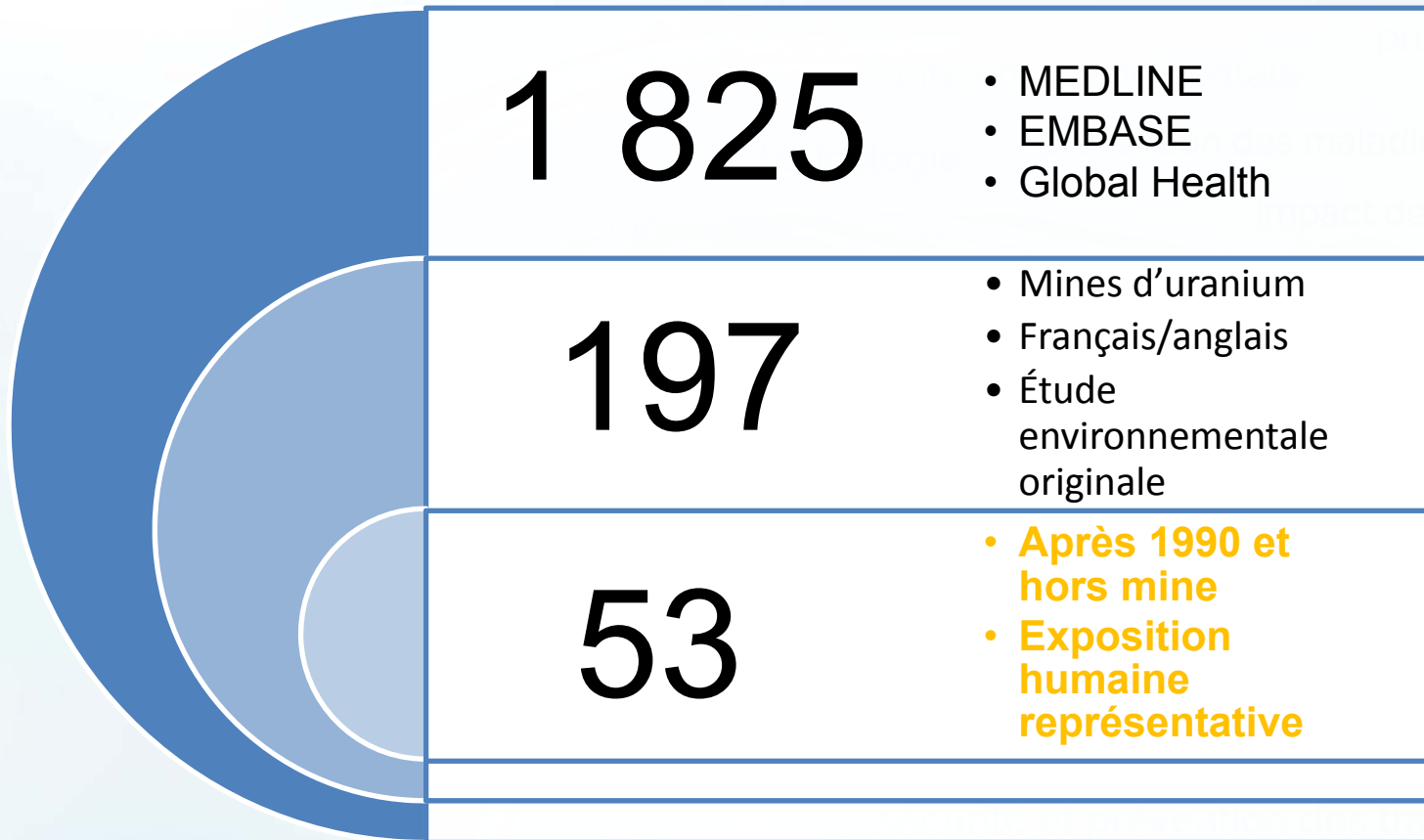
- MEDLINE
- EMBASE
- Global Health

197

- Mines d'uranium
- Français/anglais
- Étude  
environnementale  
originale



# Sélection des articles scientifiques



# Trois scénarios d'exposition utilisés

Variables	Types d'occupation du territoire		
	Urbain	Utilisateur de la ressource	Autochtone
Temps quotidien passé à l'extérieur (été)	2,4 h	4,8 h	7,2 h
Temps quotidien passé à l'extérieur (hiver)	0,5 h	1,0 h	1,5 h
Temps quotidien passé à l'intérieur (été)	21,6 h	19,2 h	16,8 h
Temps quotidien passé à l'intérieur (hiver)	23,5 h	23,0 h	22,5 h
Fraction de fruits d'origine locale	10 %	10 %	100 %
Fraction de légumes racines d'origine locale	10 %	10 %	10 %
Fraction d'autres légumes d'origine locale	10 %	10 %	10 %
Fraction de viandes d'origine locale	0 %	15 %	100 %
Fraction de poissons d'origine locale	0 %	5 %	100 %

# Évaluation de l'exposition et du risque



Doses d'exposition :

mSv/an  
µg/kg p.c-jour



Valeurs de référence :

1 mSv/an  
µg/kg p.c-jour



Indices de risque :

IR

Uranium :  
0,6 µg/kg p.c-jour  
toxicité rénale

# Plan de la présentation



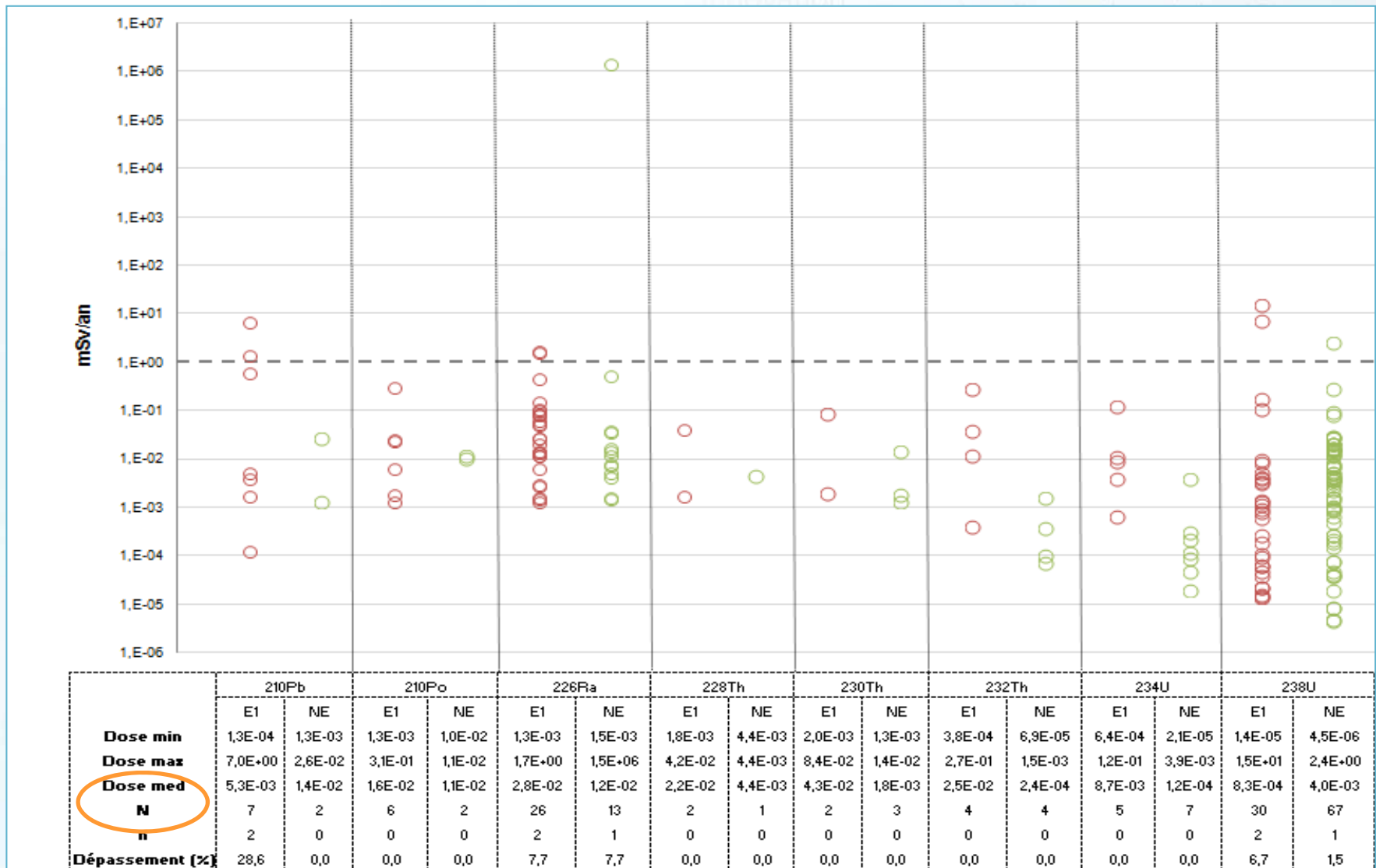
- Objectifs
- Méthodologie
- Variabilité des risques
- Contribution des mines
- Faits saillants

# Variabilité des risques

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)

Institut national  
de santé publique  
Québec 

# Étendue des IR radiologiques – ingestion d'eau



























# Valeurs médianes des IR radiol.

santé

recherche

	<sup>222</sup> Rn	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Po	Gm	<sup>210</sup> Pb	<sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th	<sup>234</sup> U	<sup>232</sup> Th
<b>AI</b>											
<b>P&amp;FM</b>	-	<b>8,9</b> (10)	<b>1,2</b> (10)	<b>0,5</b> (81)	<b>0,35</b> (41)	-	0,06 (43)	0,008 (18)	0,09 (4)	-	<b>0,001</b> (4)
<b>Fruits</b>	-	-	-	<b>0,45</b> (12)	-	-	0,16 (6)	<b>0,003</b> (11)	<b>0,006</b> (4)	-	-
<b>AE</b>											
<b>LR</b>	-	-	-	0,01 (3)	-	-	0,08 (3)	<< (2)	<< (2)	-	-
<b>Eau</b>	-	-	0,004 (3)	0,02 (43)	0,06 (12)	-	0,01 (14)	0,003 (97)	<< (10)	<< (16)	<< (13)
<b>SRRM</b>	-	0,006 (7)	<< (4)	0,002 (25)	-	-	0,001 (13)	<< (27)	-	-	<< (8)
<b>AL</b>	-	-	-	<b>0,003</b> (3)	-	-	<< (3)	<< (3)	<b>0,001</b> (2)	-	-
<b>V&amp;O</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,003 (12)	-	-	-

# Valeurs médianes des IR radiol.

santé

recherche

	<sup>222</sup> Rn	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Po	Gm	<sup>210</sup> Pb	<sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th	<sup>234</sup> U	<sup>232</sup> Th
AI	9,5 (21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P&FM	-	8,9 (10)	1,2 (10)	0,5 (81)	0,35 (41)	-	0,06 (43)	0,008 (18)	0,09 (4)	-	0,001 (4)
Fruits	-	-	-	0,45 (12)	-	-	0,16 (6)	0,003 (11)	0,006 (4)	-	-
AE	0,30 (19)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LR	-	-	-	0,01 (3)	-	-	0,08 (3)	<< (2)	<< (2)	-	-
Eau	-	-	0,004 (3)	0,02 (43)	0,06 (12)	-	0,01 (14)	0,003 (97)	<< (10)	<< (16)	<< (13)
SRRM	-	0,006 (7)	<< (4)	0,002 (25)	-	-	0,001 (13)	<< (27)	-	-	<< (8)
AL	-	-	-	0,003 (3)	-	-	<< (3)	<< (3)	0,001 (2)	-	-
V&O	-	-	-	-	-	-	-	0,003 (12)	-	-	-

# Valeurs médianes des IR radiol.

	<sup>222</sup> Rn	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Po	Gm	<sup>210</sup> Pb	<sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th	<sup>234</sup> U	<sup>232</sup> Th
AI	9,5 (21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P&FM	-	8,9 (10)	1,2 (10)	0,5 (81)	0,35 (41)	-	0,06 (43)	0,008 (18)	0,09 (4)	-	0,001 (4)
Fruits	-	-	-	0,45 (12)	-	-	0,16 (6)	0,003 (11)	0,006 (4)	-	-
AE	0,30 (19)	-	-	-	-	0,17 (19)	-	-	-	-	-
LR	-	-	-	0,01 (3)	-	-	0,08 (3)	<< (2)	<< (2)	-	-
Eau	-	-	0,004 (3)	0,02 (43)	0,06 (12)	-	0,01 (14)	0,003 (97)	<< (10)	<< (16)	<< (13)
SRRM	-	0,006 (7)	<< (4)	0,002 (25)	-	-	0,001 (13)	<< (27)	-	-	<< (8)
AL	-	-	-	0,003 (3)	-	-	<< (3)	<< (3)	0,001 (2)	-	-
V&O	-	-	-	-	-	-	-	0,003 (12)	-	-	-

# Valeurs médianes des IR radiol.

	<sup>222</sup> Rn	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>210</sup> Po	Gm	<sup>210</sup> Pb	<sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th	<sup>234</sup> U	<sup>232</sup> Th
AI	9,5 (21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P&FM	-	8,9 (10)	1,2 (10)	0,5 (81)	0,35 (41)	-	0,06 (43)	0,008 (18)	0,09 (4)	-	0,001 (4)
Fruits	-	-	-	0,45 (12)	-	-	0,16 (6)	0,003 (11)	0,006 (4)	-	-
AE	0,30 (19)	-	-	-	-	0,17 (19)	-	-	-	-	-
LR	-	-	-	0,01 (3)	-	-	0,08 (3)	<< (2)	<< (2)	-	-
Eau	-	-	0,004 (3)	0,02 (43)	0,06 (12)	-	0,01 (14)	0,003 (97)	<< (10)	<< (16)	<< (13)
SRRM	-	0,006 (7)	<< (4)	0,002 (25)	-	-	0,001 (13)	<< (27)	-	-	<< (8)
AL	-	-	-	0,003 (3)	-	-	<< (3)	<< (3)	0,001 (2)	-	-
V&O	-	-	-	-	-	-	-	0,003 (12)	-	-	-

# Valeurs médianes des IR chimiques

	As	Cd	U	Se	Mo	Hg	Pb
<b>Eau</b>	<b>8,1</b> <b>(15)</b>	0,16 (4)	<b>1,2</b> <b>(97)</b>	<b>0,02</b> <b>(16)</b>	0,78 (5)	0,68 (4)	<b>0,18</b> <b>(4)</b>
<b>Poissons &amp; fruits de mer</b>	<b>6,1</b> <b>(4)</b>	<b>7,9</b> <b>(4)</b>	<b>1,0</b> <b>(18)</b>	<b>1,0</b> <b>(23)</b>	-	-	<b>0,08</b> <b>(4)</b>
<b>Fruits</b>	-	-	0,72 (11)	-	-	-	-
<b>Viande &amp; os</b>	-	-	0,028 (12)	-	-	-	-
<b>Sol-roc-résidus-mineraux</b>	-	-	0,02 (27)	-	-	-	-
<b>Légumes racines</b>	-	-	<b>0,01</b> <b>(3)</b>	-	-	-	-
<b>Autres légumes</b>	-	-	<b>0,004</b> <b>(3)</b>	-	-	-	-

# Plan de la présentation



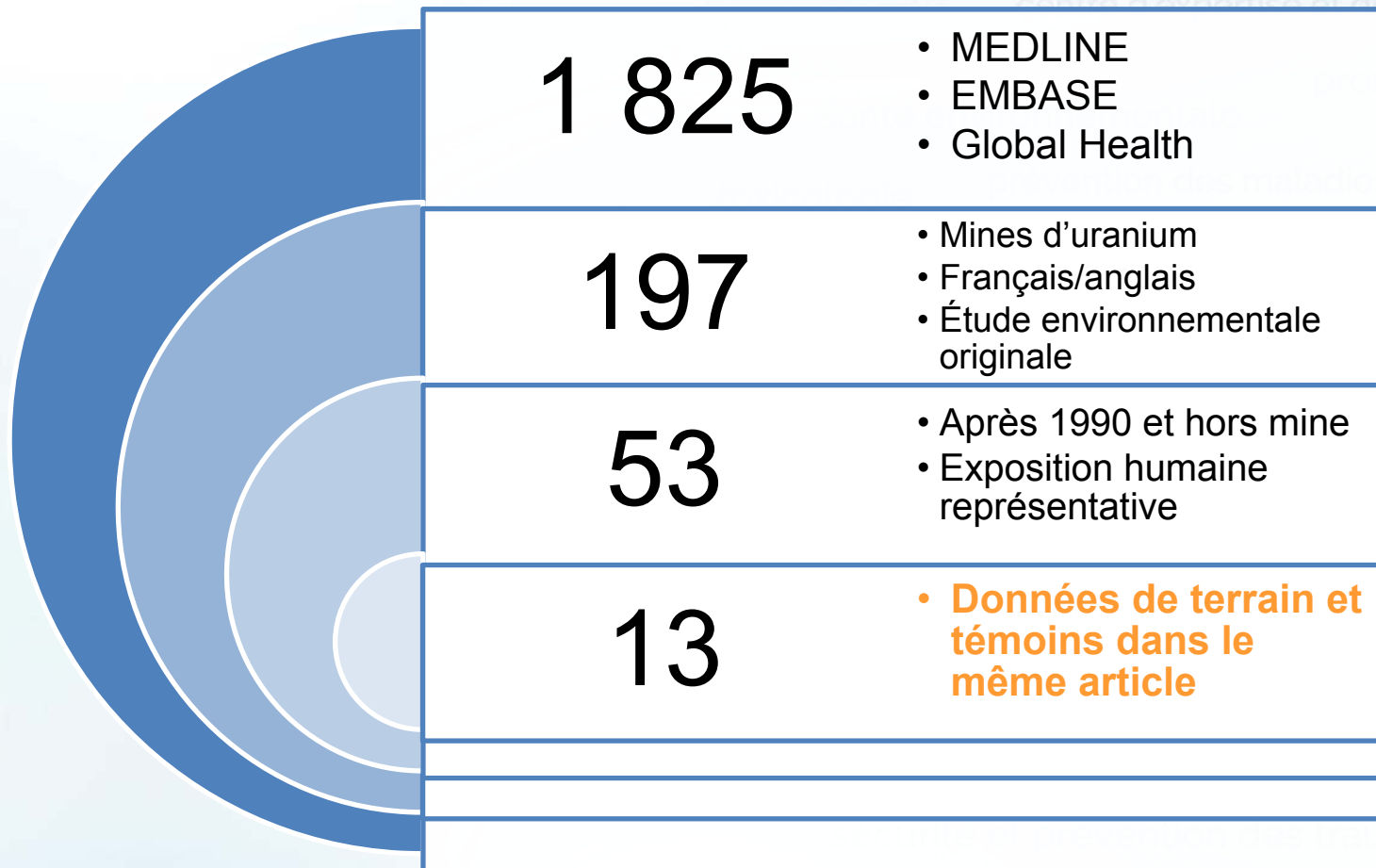
- Objectifs
- Méthodologie
- Variabilité des risques
- Contribution des mines
- Faits saillants

# Contribution des mines

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)

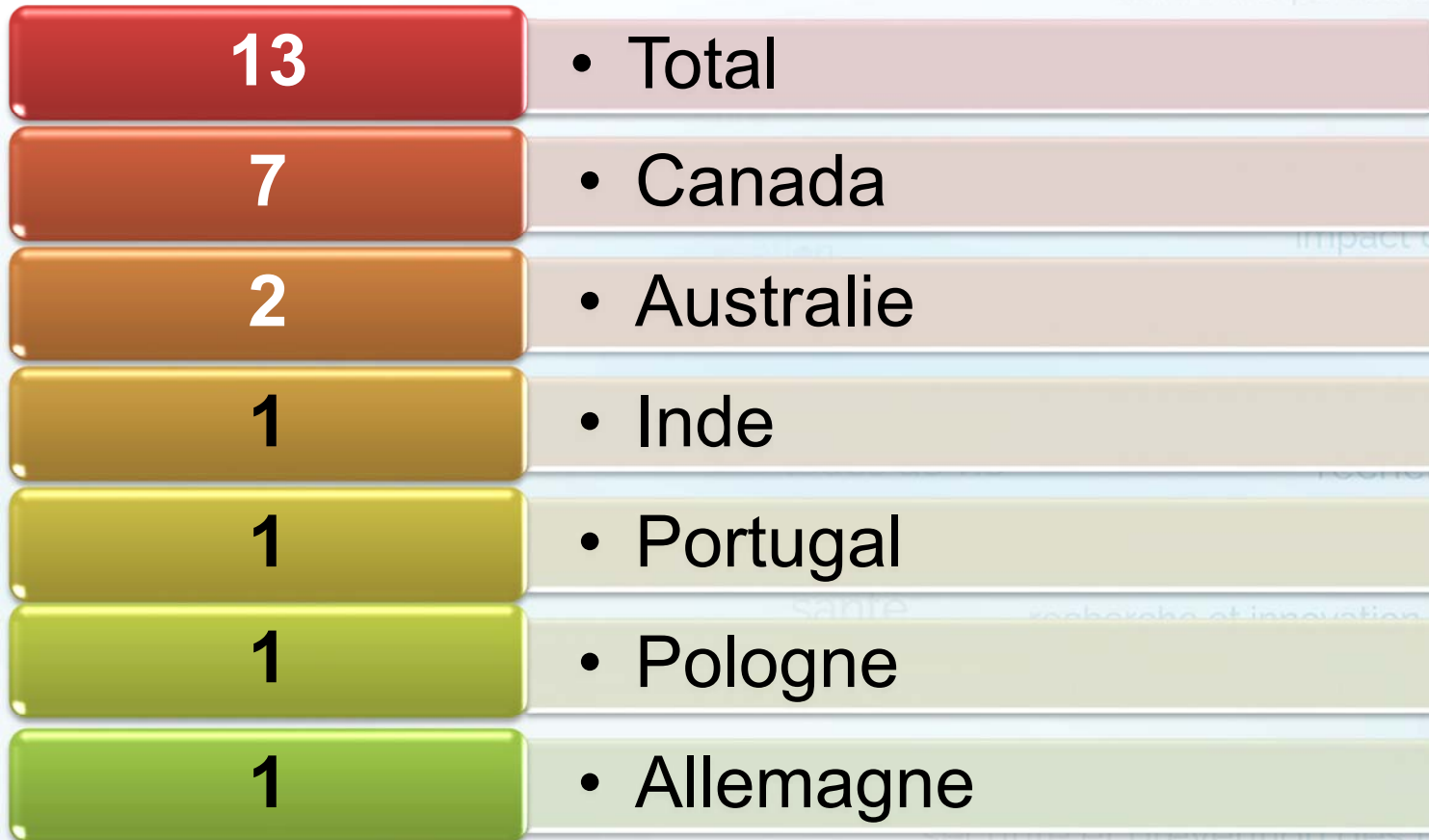
Institut national  
de santé publique  
Québec 

# Sélection des articles scientifiques





# Répartition des études par pays



# Contribution de la mine

IR Terrain

IR Témoin

Max.



Min.

$\Delta IR > 0$

Max.



Min.

# Absence de contribution de la mine

IR Terrain

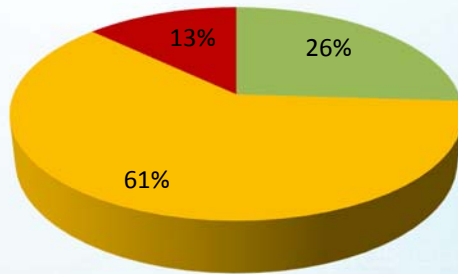
IR Témoin



# Répartition $\Delta$ IR obtenus

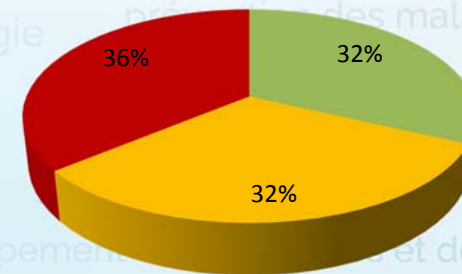
## Eau de surface (n = 89)

■  $\Delta$  IR = 0   ■  $0 < \Delta$  IR  $\leq$  1   ■  $\Delta$  IR > 1



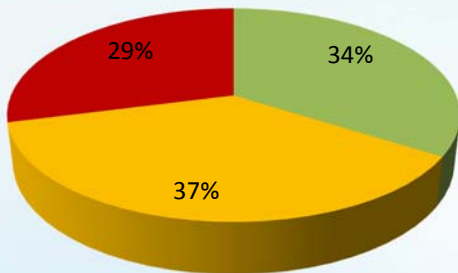
## Os de poissons (n = 28)

■  $\Delta$  IR = 0   ■  $0 < \Delta$  IR  $\leq$  1   ■  $\Delta$  IR > 1



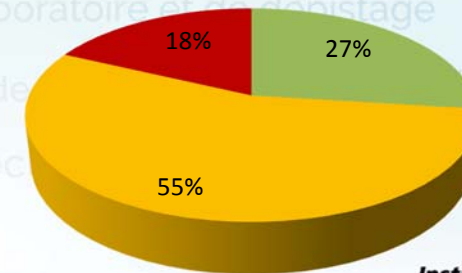
## Poissons (n = 38)

■  $\Delta$  IR = 0   ■  $0 < \Delta$  IR  $\leq$  1   ■  $\Delta$  IR > 1



## Moules (n = 22)

■  $\Delta$  IR = 0   ■  $0 < \Delta$  IR  $\leq$  1   ■  $\Delta$  IR > 1



# Dépassements des IR pour l'eau de surface

Pays	Type de site	Élément	n > 1	Étendue	Référence
Canada (Ontario)	inactif	U	2	2,28-5,54	Clulow et coll. (1998a)
Portugal	inactif	210Po U	4 7	1,08-1,55 2,29-28,60	Carvalho et coll. (2009)
Pologne	inactif	226Ra	1	1,20	Chrusciel et coll. (1996)

# Dépassements des IR pour les poissons

Pays	Type de site	Élément	n > 1	Étendue	Référence
Canada (Sask.)	inactif	U	2	1,01-78,87	Muscatello et Janz (2009ab)
		Sélénium	1	2,01	
		Arsenic	1	5,78	
		Cadmium	1	14,64	
Canada (Sask.)	actif	Sélénium	8	1,70-6,33	Muscatello et coll. (2006;2008) Phibbs et coll. (2011)

# Dépassements des IR pour les os de poissons

Pays	Type de site	Élément	n > 1	Étendue	Référence
Canada (Ontario)	inactif	$^{210}\text{Po}$ ,	6	2,24-13,47	Clulow et coll. (1998ab)
		$^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ U	3	4,28-51,84	
Canada (Sask.)	inactif	U	1	302,63	Muscatello et Janz (2009a)
Canada (Sask.)	actif	Sélénium	2	1,60-4,01	Muscatello et coll. (2006)

# Dépassements des IR pour les moules

Pays	Type de site	Élément	n > 1	Étendue	Référence
Australie	actif	$^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Ra}$	2 1	1,23-1,27 1,64	Bollhofer et coll. (2012)
Australie	inactif	$^{226}\text{Ra}$	1	2,27	Ryan et coll. (2008)



# Plan de la présentation



- Objectifs
- Méthodologie
- Variabilité des risques
- Contribution des mines
- **Faits saillants**

# Faits saillants

santé recherche  
innovation centre d'expertise et de référence  
nicotieuses promotion de saine  
santé environnementale se  
toxicologie prévention des maladies chroniques  
évaluation impact des politiques pub  
santé au travail  
développement des personnes et des communautés

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)

surveillance de l'état de santé de la population microbiologie prom  
sécurité et prévention des traumatismes  
recherche santé au tra

**Institut national  
de santé publique**  
Québec 

# Variabilité des expositions et des risques



- Variabilité importante du bruit de fond régional.
- Données canadiennes < internationales.
- Risques théoriques les plus élevés :
  - inhalation de radon.
  - ingestion d'eau, de poissons et de moules.
- Contribution des mines non différenciée à partir des distributions obtenues.

# Contribution des mines



- Données limitées dans l'eau, les poissons et les moules.
- Les mines d'U pourraient contribuer à l'exposition de la population, notamment pour ce qui est :
  - de l'uranium, du radium, du polonium, du plomb, du sélénium, de l'arsenic et du cadmium.
- Cette contribution, dans des circonstances spécifiques :
  - pourrait engendrer des dépassements des valeurs de référence.

# Références

Bollhofer, A., Brazier, J., Humphrey, C., Ryan, B. et Esparon, A. (2011). A study of radium bioaccumulation in freshwater mussels, *Velesunio angasi*, in the Magela Creek catchment, Northern Territory, Australia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(10), 964-974.

Carvalho, F. P., Oliveira, J. M. et Faria, I. (2009). Alpha emitting radionuclides in drainage from Quinta do Bispo and Cunha Baixa uranium mines (Portugal) and associated radiotoxicological risk. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(5), 668-673.

Clulow, F. V., Dave, N. K., Lim, T. P. et Avadhanula, R. (1998a). Radionuclides (lead-210, polonium-210, thorium-230, and -232) and thorium and uranium in water, sediments, and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environ. Pollut.*, 99(2), 199-213.

Clulow, F. V., Dave, N. K., Lim, T. P., and Avadhanula, R. (1998b). Radium-226 in water, sediments, and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environ. Pollut.*, 99(1), 13-28.

Chruściel, E., Jodłowski, P., Kalita, S. J., Pieczonka, J. et Piestrzyński, A. (1996). Effects of uranium mining on radioactive contamination in the Kletno Region in Poland. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 212(4), 259-268.

Muscatello, J. R. et Janz, D. M. (2009a). Selenium accumulation in aquatic biota downstream of a uranium mining and milling operation. *Science of the Total Environment*, 407(4), 1318-1325.

Muscatello, J. R. et Janz, D. M. (2009b). Assessment of larval deformities and selenium accumulation in northern pike (*Esox lucius*) and white sucker (*Catostomus commersoni*) exposed to metal mining effluent. *Environ. Toxicol. Chem.*, 28(3), 609-618.

Muscatello, J. R., Belknap, A. M. et Janz, D. M. (2008). Accumulation of selenium in aquatic systems downstream of a uranium mining operation in northern Saskatchewan, Canada. *Environmental Pollution*, 156(2), 387-393.

Muscatello, J. R., Bennett, P. M., Himbeault, K. T., Belknap, A. M. et Janz, D. M. (2006). Larval deformities associated with selenium accumulation in northern pike (*Esox lucius*) exposed to metal mining effluent. *Environmental science & technology*, 40(20), 6506-6512.

Phibbs, J., Wiramanaden, C. I., Hauck, D., Pickering, I. J., Liber, K. et Janz, D. M. (2011). Selenium uptake and speciation in wild and caged fish downstream of a metal mining and milling discharge. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(5), 1139-1150.

Ryan, B., Bollhofer, A. et Martin, P. (2008). Radionuclides and metals in freshwater mussels of the upper South Alligator River, Australia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99(3), 509-526.

Merci!  
Des questions?

# Dose d'exposition radiologique

**Activité  
(Bq/L)**

**x**

**Taux  
d'ingestion  
(L/an)**

**x**

**Facteur de  
conversion  
(mSv/Bq)**



**Dose annuelle  
(mSv/an)**

# Dose d'exposition chimique

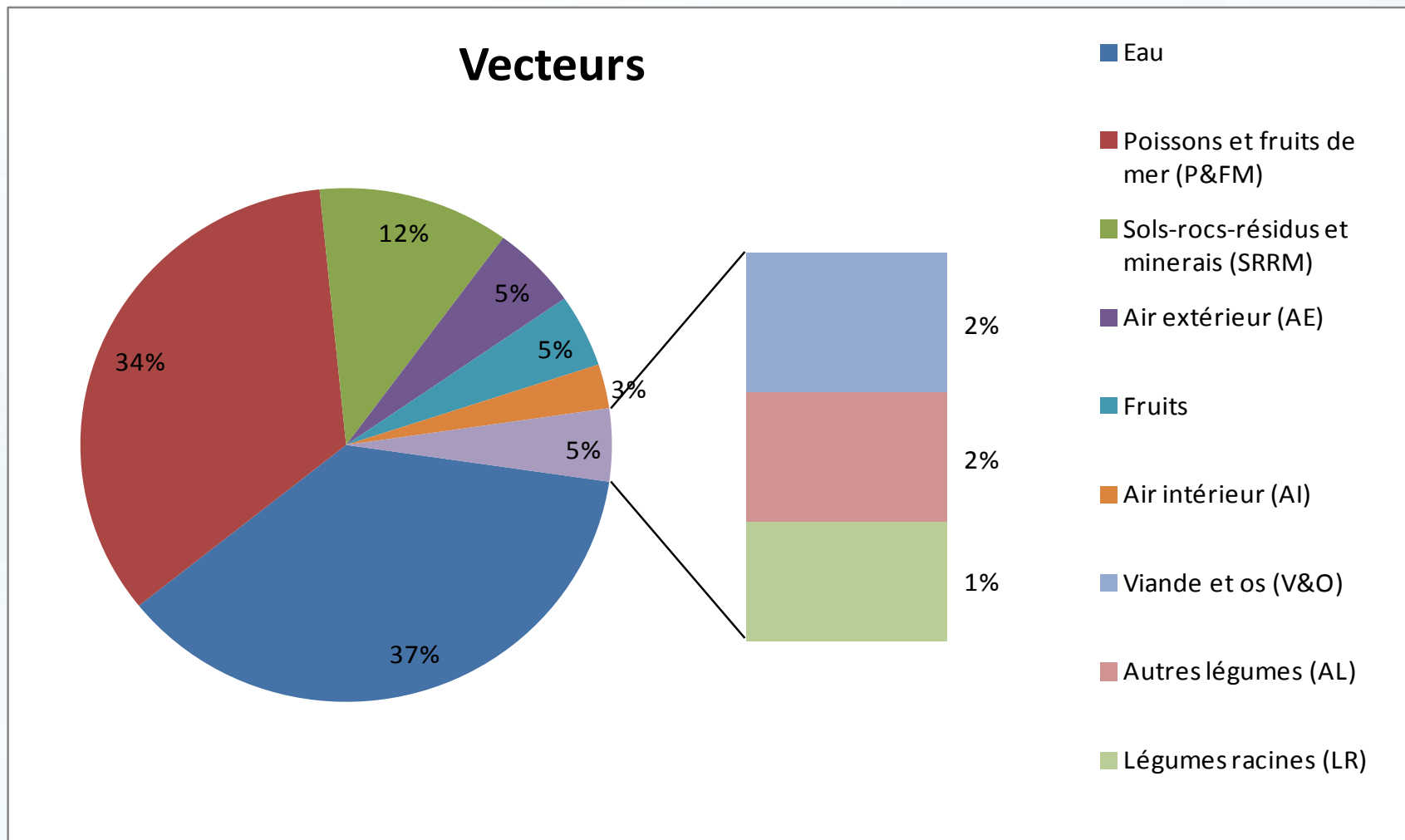
**Concentration** (µg/L) **x** **Taux** d'ingestion (L/jour) **x** **Poids corporel** (Kg p.c.)



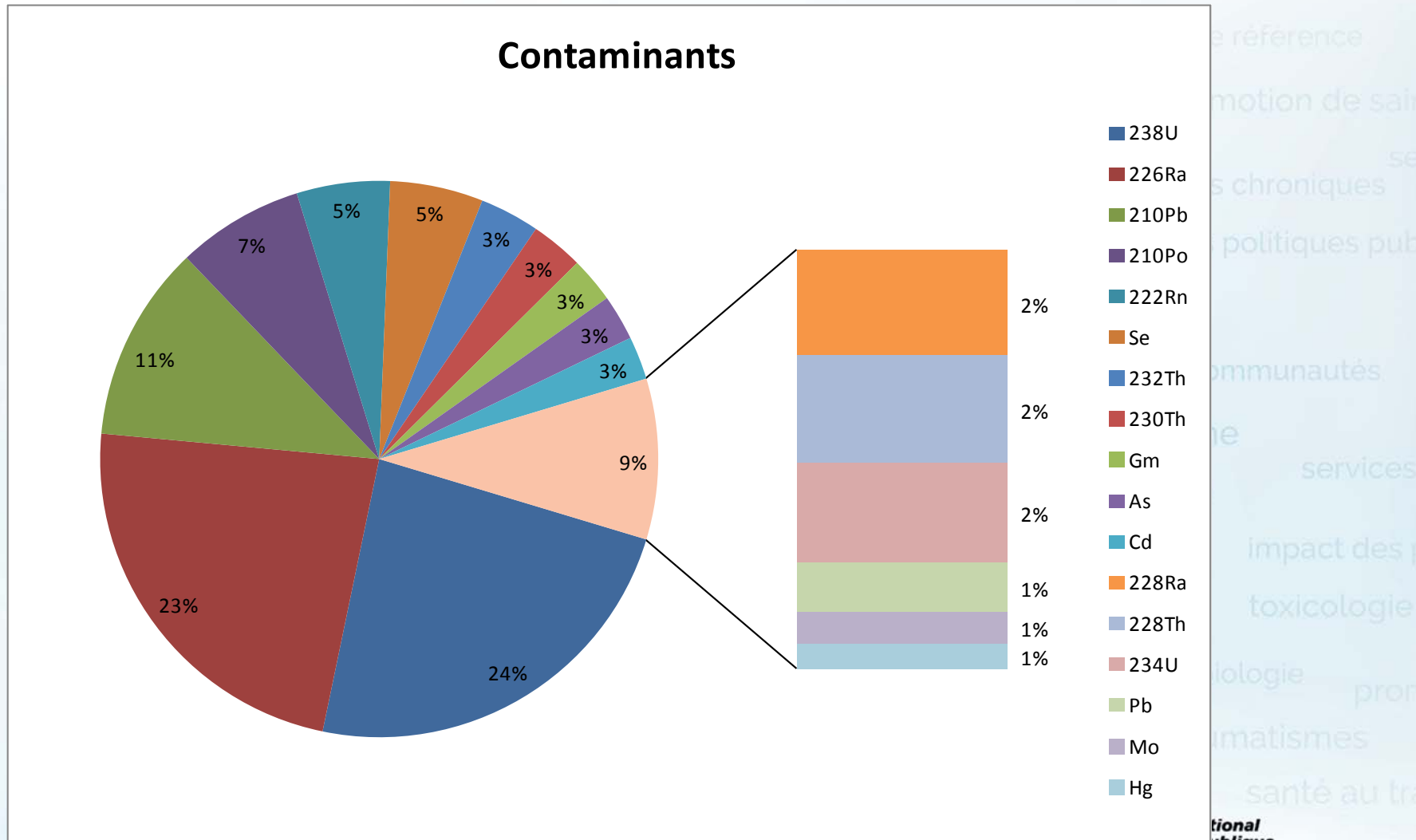
**Dose quotidienne**  
µg/kg p.c-jour



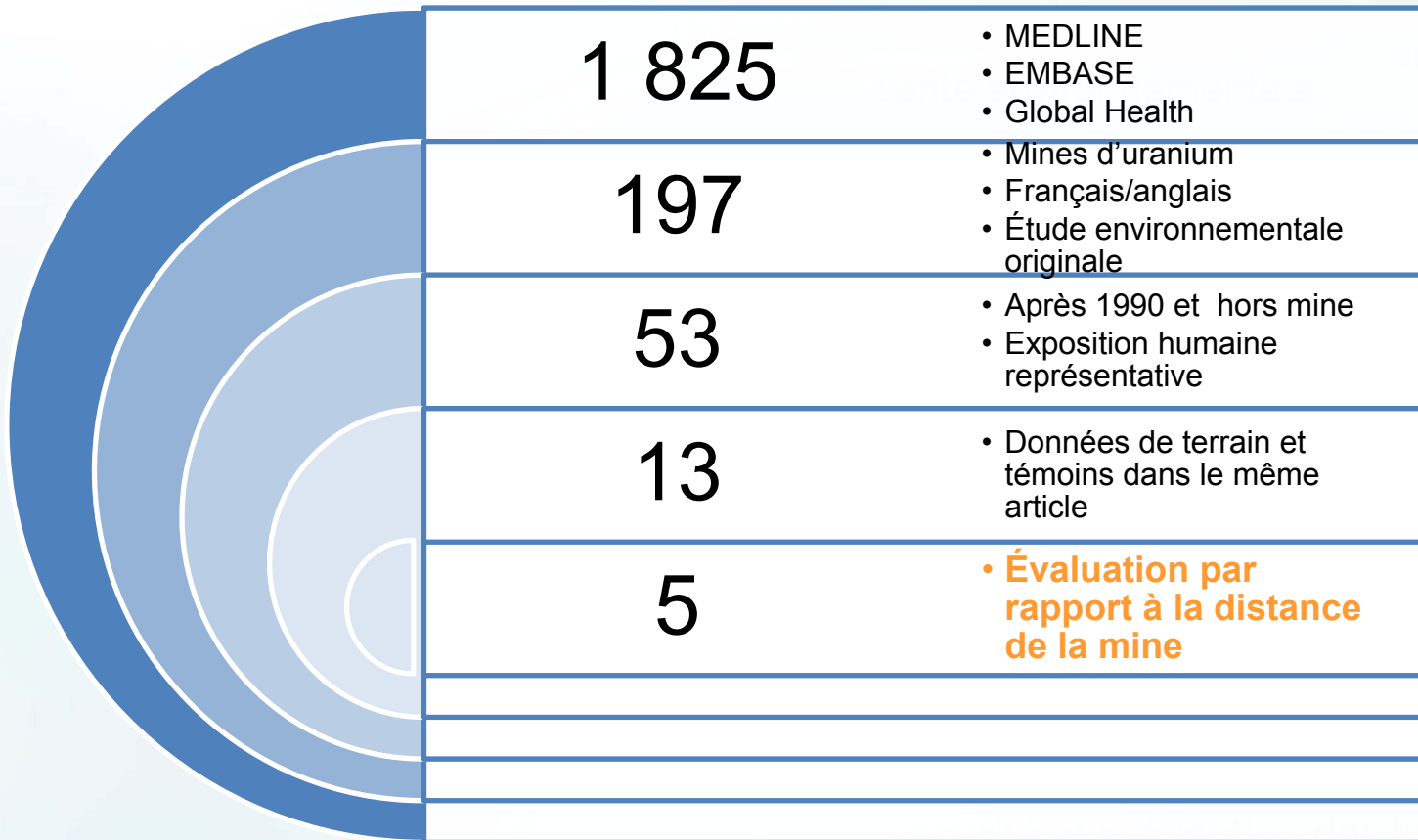
# Description des données retenues



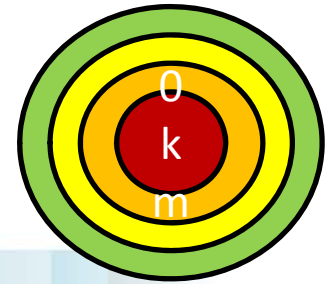
# Description des données retenues



# Sélection des articles scientifiques



# Variabilité spatiale



- Sélénium (Se) dans l'eau et les poissons au Canada :
  - Concentrations significativement  $>$  au bruit de fond aux distances évaluées (entre 2 et 15 km).
- Plusieurs radionucléides dans l'eau au Portugal :
  - Pas de tests statistiques; influence de la mine s'étend jusqu'à 7 km.
- Radium ( $^{226}\text{Ra}$ ) dans l'eau et les moules en Australie :
  - Pas de tests statistiques; pas d'influence dans l'eau au-delà de 1 km.
  - Témoins plus élevés que les terrains pour les moules.