

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Doses au poumon et risque de mortalité par cancer pulmonaire au sein de la cohorte française des mineurs d'uranium

Estelle Rage^a, Blandine Vacquier^a,
Eric Blanchardon^b, James Marsh^c,
Sylvaine Caër-Lorho^a, Alain Acker^d,
Dominique Laurier^a,

^a IRSN/DRPH/SRBE/LEPID ; ^b IRSN/DRPH/SDI/LEDI ;

^c Health Protection Agency ; ^d AREVA NC

Congrès National de Radioprotection - SFRP -
Tours, 23 juin 2011

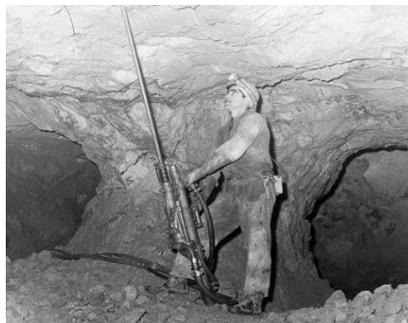
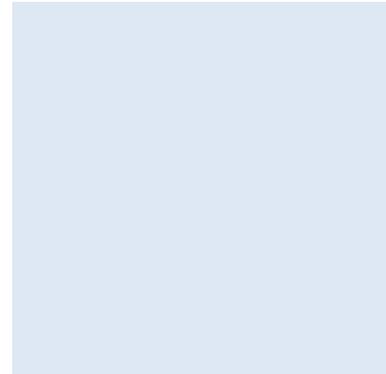
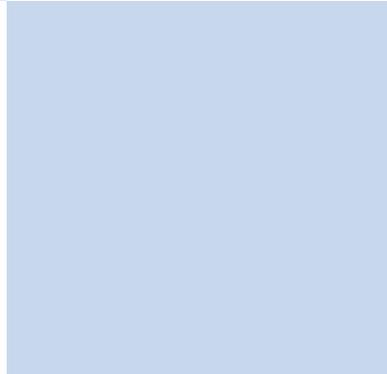
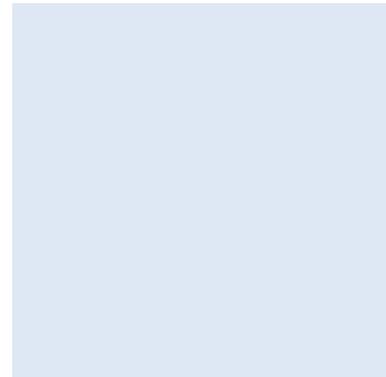
Introduction

Introduction

Méthodes

Résultats

Conclusion



Photos PC Guiollard

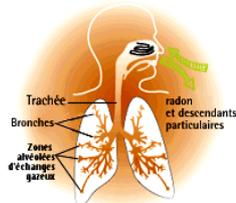
Contexte (1)

■ Cohorte française des mineurs d'uranium

- Mise en place au début des années 1980 : cohorte professionnelle avec exposition chronique aux rayonnements ionisants (RI)
 - Objectif initial : étudier l'effet du radon sur la mortalité des mineurs
- ↗ risque de mortalité par cancer du poumon associé à l'exposition au radon
(Tirmarche et al, 1993; Laurier et al, 2004; Vacquier et al, 2008)

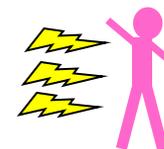
■ Atmosphère des mines : expositions multiples

- Contamination interne due à l'inhalation:



- Radon (gaz)
- Descendants à vie courte du radon
- Descendants à vie longue de l'uranium (poussières d'uranium)

- Exposition externe aux rayonnements gamma



■ Expositions corrélées

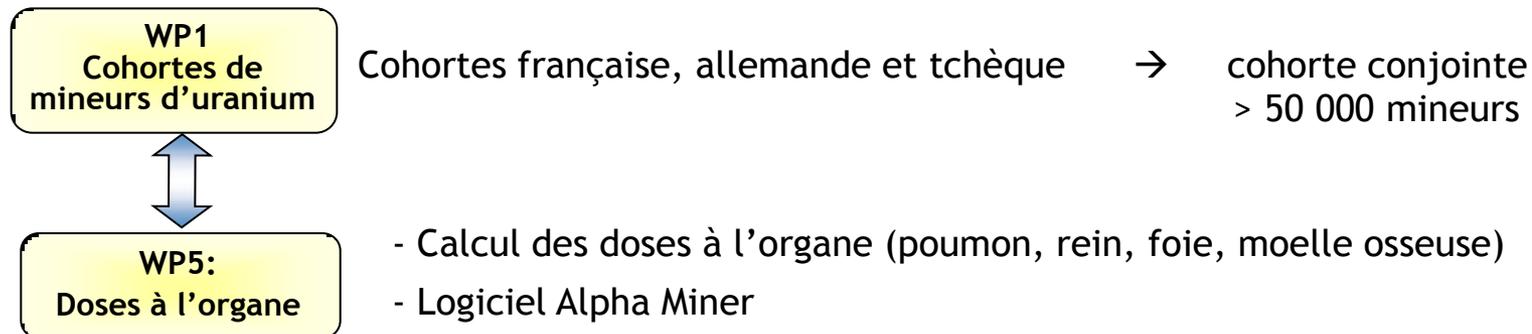
- Limitation des analyses portant sur les effets propres de chaque exposition
- Problème méthodologique : non convergence des modèles

Contexte (2)



Projet collaboratif européen Alpha-Risk (2005-2009)

- Quantification des risques cancer et non-cancer associés aux expositions chroniques multiples aux rayonnements ionisants (RI)
 - Etudes épidémiologiques
 - Calcul des doses : organes cibles



➤ Objectif

- Contribution des rayonnements ionisants (radon et descendants à vie courte, poussières d'U., gamma) à la dose au poumon
- Relation entre le risque de mortalité par cancer du poumon et la dose au poumon provenant de l'exposition chronique aux RI

Méthodes

Introduction

Méthodes

Résultats

Conclusion



Photos PC Guiollard

Cohorte française des mineurs d'uranium : Cohorte totale

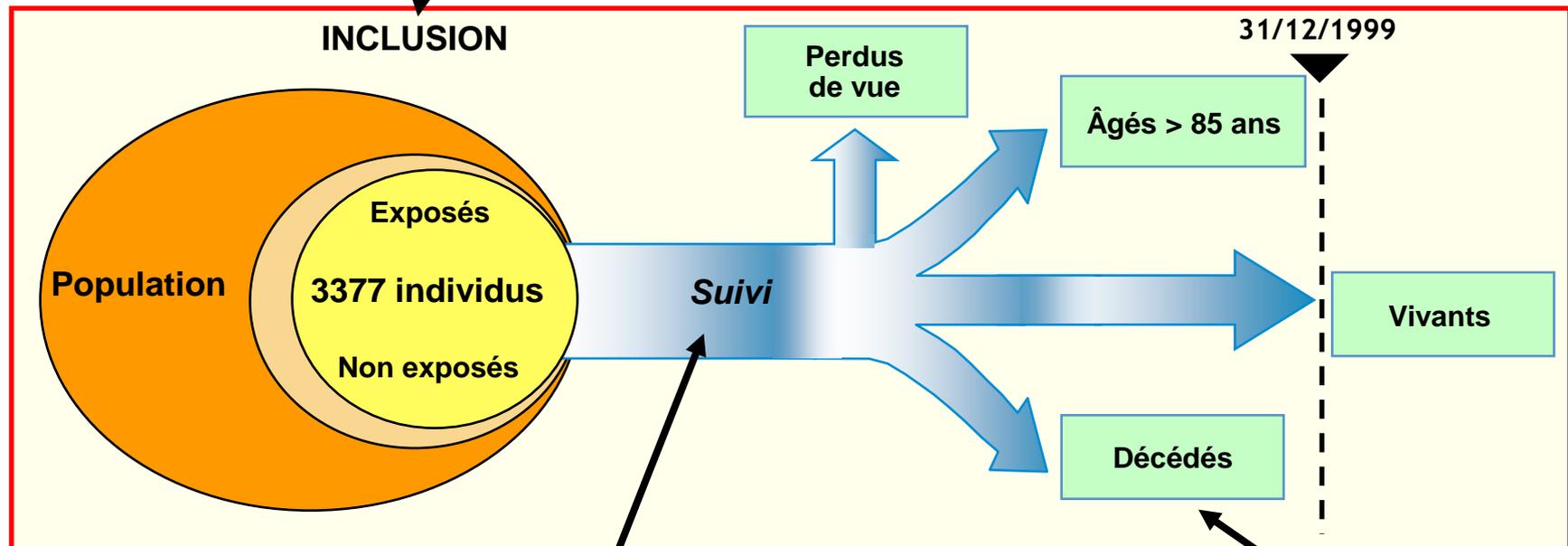
Cohorte Post-55

- Mineurs employés par le groupe CEA-COGEMA (AREVA depuis 2006)
- Hommes
- Employés ≥ 1 an entre 1956 and 1990

(données administratives AREVA)

Statut Vital

À partir du fichier national (RNIPP)



Histoire professionnelle

(données administratives AREVA)

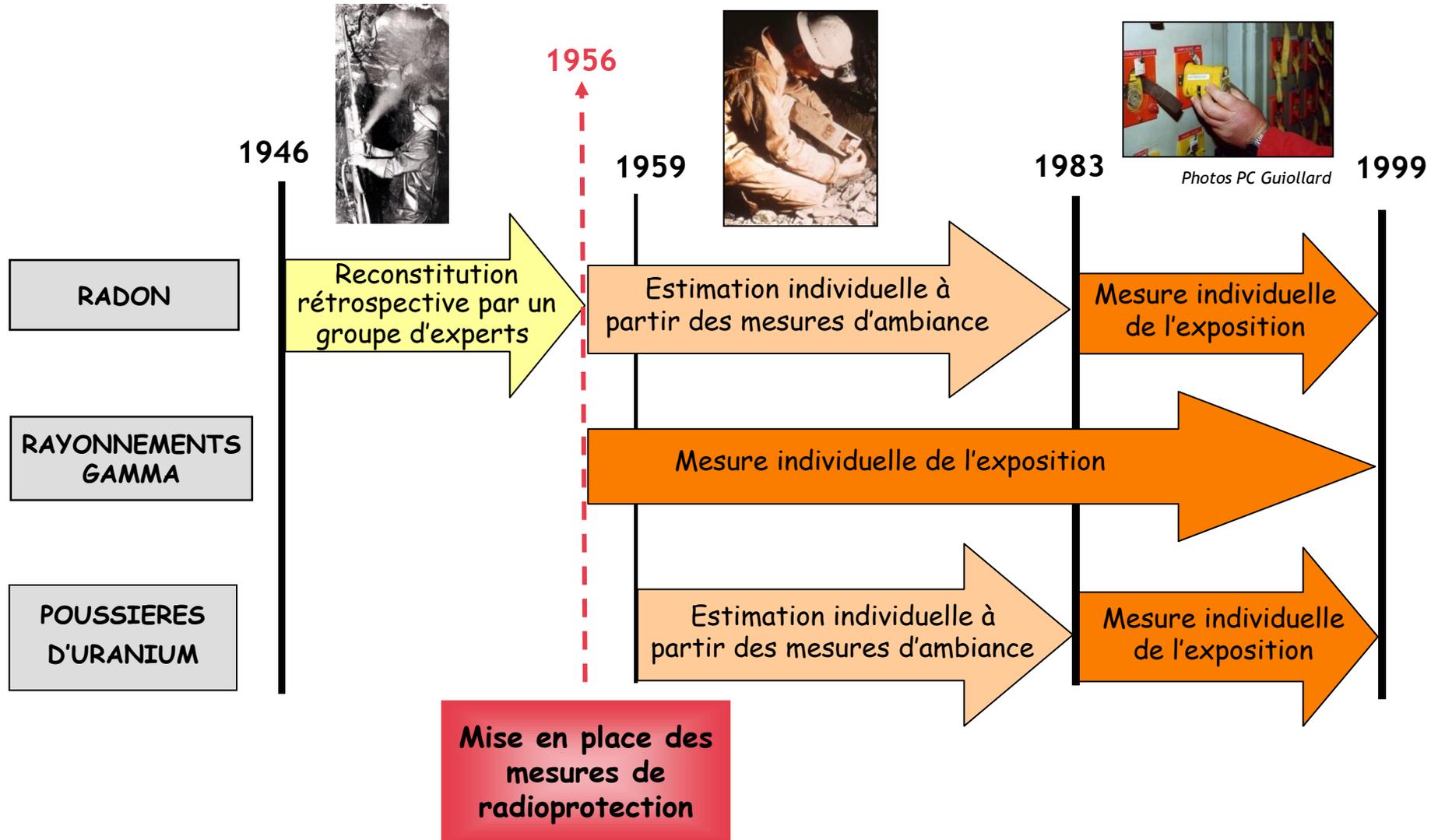
Expositions professionnelles annuelles

(AREVA, ALGADE)

Causes de décès

À partir du fichier national (CépiDC) et du service de médecine du travail d'AREVA (info, complémentaires)

Mesures des expositions



Calcul des doses au poumon

Logiciel Alpha Miner

- Modèles dosimétriques (Human Respiratory Tract Model - CIPR Publication 66)
 - Paramètres de l'aérosol
 - Définition de différentes catégories :
 - de travail (foreur oui/non),
 - de mécanisation (machine diesel oui/non),
 - de ventilation (bonne/moyenne/mauvaise),
 - de forage (sec/humide),
 - de type de mines (ciel ouvert/souterraine)
- Différents scénarios d'exposition et différents niveaux d'activité physique (Marsh et al, *Radiat Prot Dosimetry* 2008; Marsh et al, *Heath Phys* 2010)

Calcul des doses au poumon

- Calcul des doses absorbées(Gray) pour chaque mineur et pour chaque année
- CIPR définit trois régions cellulaires radiosensibles
- Dose totale : $H_{\text{lung}} = w_R \times [1/3 (0,5 D_{\text{BBsec}} + 0,5 D_{\text{BBbas}}) + 1/3 D_{\text{bb}} + 1/3 D_{\text{Al}}]$
- w_R facteur de pondération radiologique - efficacité biologique relative (EBR)

Résultats

Introduction

Méthodes

Résultats

Conclusion



Caractéristiques de la population

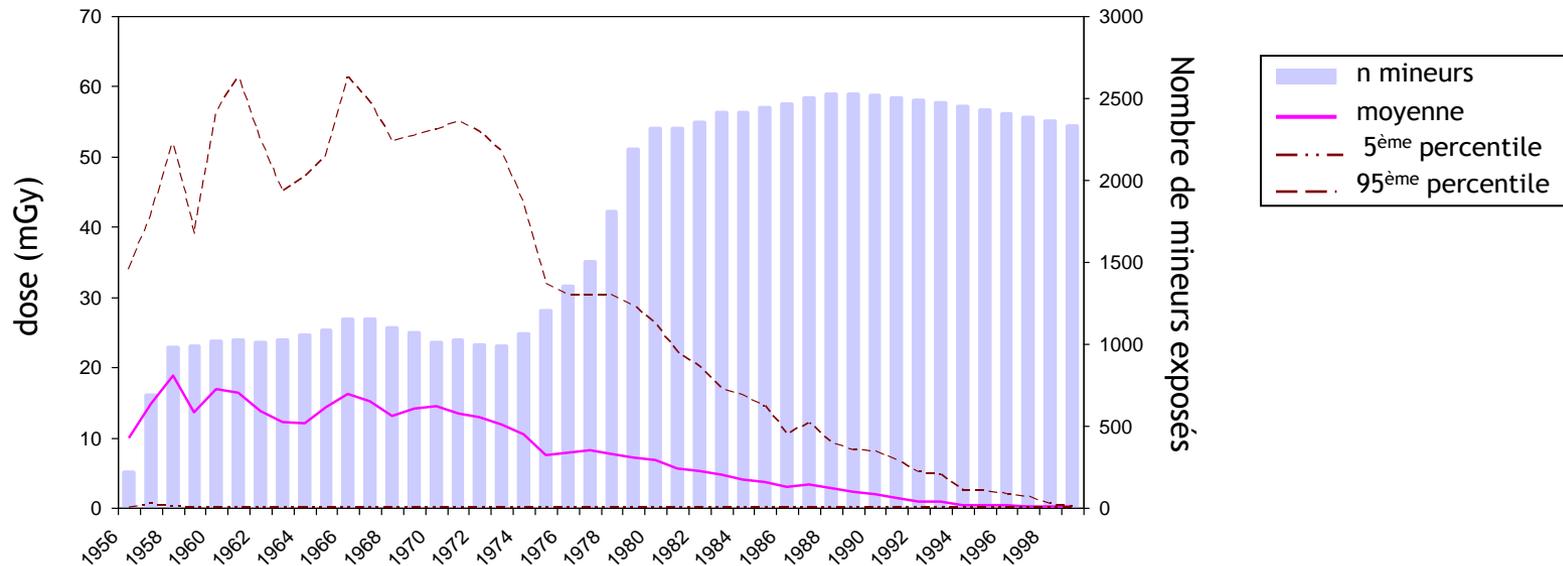
	Cohorte post-55
Nombre de mineurs, n	3 377
Personnes-années, n	89 405
Période de suivi	1957 - 1999
Caractéristiques liées à l'emploi (années)	
Durée de suivi, moy. [min-max]	26,5 [0,1 - 43,0]
Durée d'emploi, moy. [min-max]	15,8 [1,0 - 43,5]
Age à l'entrée dans l'étude, moy. [min-max]	28,3 [16,9 - 57,7]
Age à la sortie de l'étude, moy. [min-max]	54,8 [19,5 - 84,9]
Statut vital	
Vivants, n (%)	2 703 (80,0)
Décédés, n (%)	627 (18,6)
de causes connues, n (%)	16 (2,6)
par cancer du poumon, n (% causes connues)	66 (10,8)
Âgés > 85 ans, n (%)	14 (0,4)
Perdus de vue, n (%)	33 (1,0)
Expositions cumulées aux RI	
Radon (WLM), moy. [min-max]	17,8 [0,01 - 128,4]
LLR (kBq.m ⁻³ .h), moy. [min-max]	1,6 [0,01 - 10,2]
Rayonnements gamma externes (mSv), moy. [min-max]	54,7 [0,2 - 470,0]

Working Level Month (WLM)

- 1 WLM = 170 heures de travail dans une ambiance de 1 WL soit 3,5 mJ,h,m⁻³
- 1 WL = Concentration de descendants radioactifs à vie courte du radon, par litre, entraînant une énergie alpha potentielle de 1,3.10⁵ MeV après désintégration complète

Doses au poumon

Distribution de la dose au poumon et du nombre de mineurs

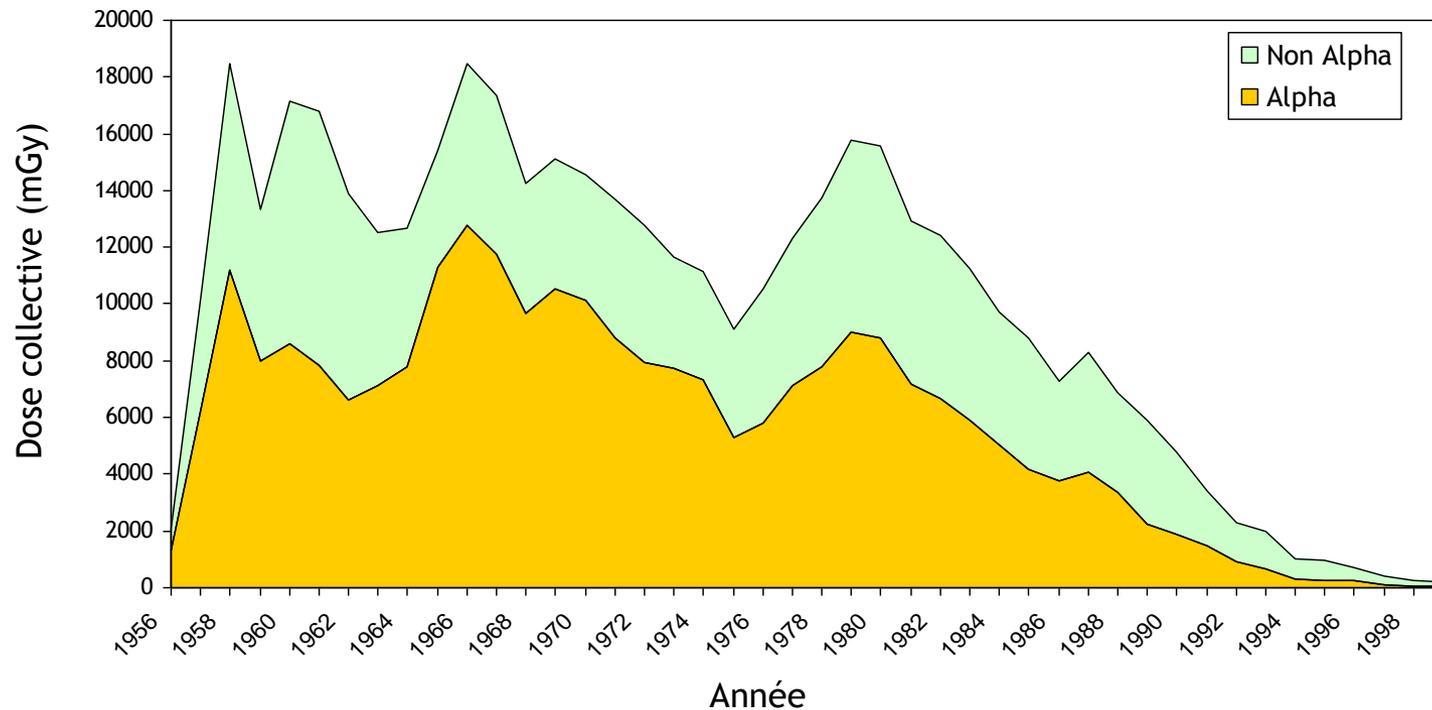


Dose absorbée cumulée individuelle

	valeurs
Mineurs, n	3271
Dose cumulée, moyenne [min - max] (mGy)	133,9 [0,02 - 1113,3]

Doses alpha et non alpha

Distribution de la dose collective

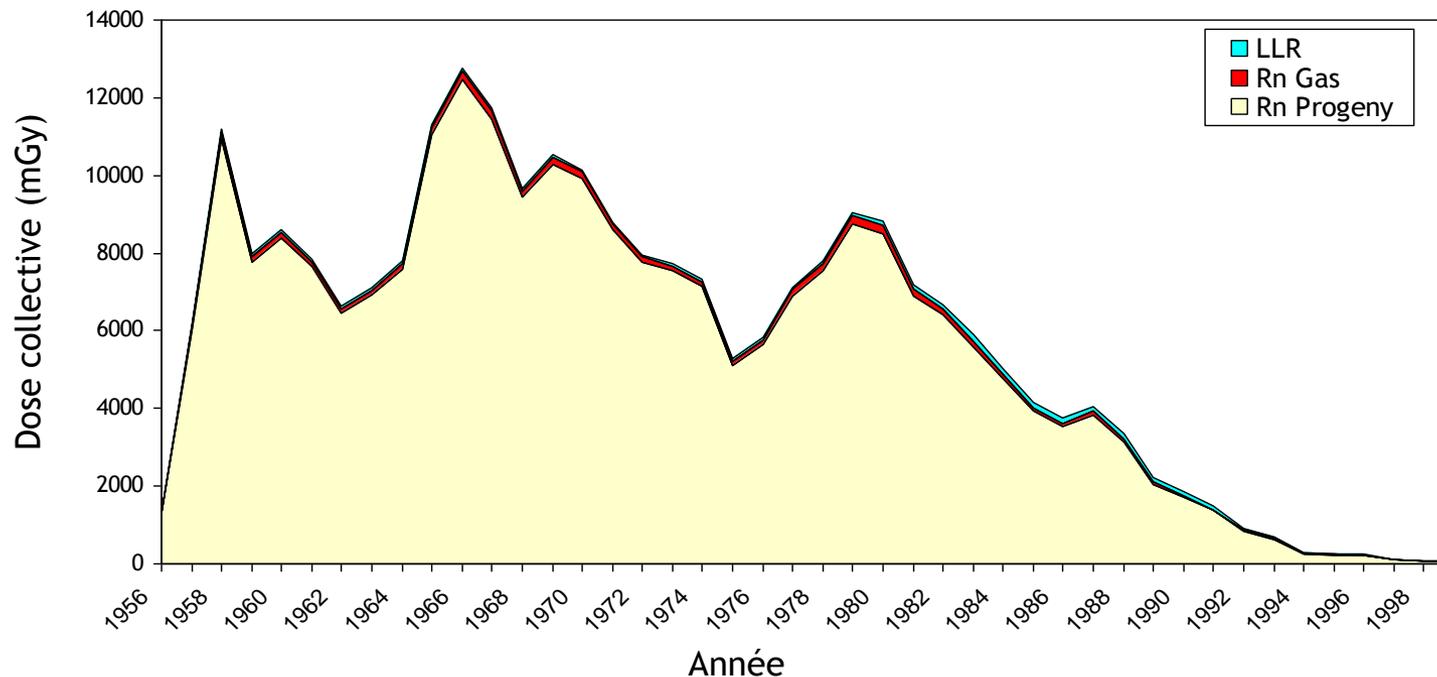


Dose absorbée individuelle cumulée

Alpha	moy [min - max] = 77,9 mGy [0 - 700,0]	(58,2%)
Non Alpha	moy [min - max] = 56,0 mGy [0,01 - 472,4]	(41,8%)

Dose alpha

Contribution du Radon, RnP et LLR à la dose alpha



Dose absorbée individuelle cumulée

LLR	moy [min - max] = 0,96 mGy [0 - 5,90]	(1,2%)
Rn gaz	moy [min - max] = 1,5 mGy [0 - 12,4]	(1,9%)
Rn Progeny	moy [min - max] = 75,5 mGy [0 - 683,0]	(96,8%)

Relation Risque - Doses

Modèle

- Modèle linéaire en Excès de Risque Relatif (ERR)
- Régression de Poisson - stratification sur l'âge et l'année calendaire
- Délai de latence : 5 ans

$$RR(t, dose) = 1 + \beta \text{ dose}(t)$$

RR (t,w) Risque Relatif pour dose cumulée *dose* au temps *t*
 β Exces de Risque Relatif (ERR)
 dose (t) Dose cumulée au temps *t*

Excès de Risque Relatif

- dose absorbée

Doses	ERR par Gy	IC 95%
Total dose	2,94	(0,80 - 7,53)
Alpha	4,48	(1,27 - 10,89)
Radon progeny	4,59	(1,31 - 11,16)

IC : intervalle de confiance

Analyses de sensibilité

- Selon les recommandations de la CIPR : $w_R = 20$ pour radiations alpha
- Analyses de sensibilité → doses pondérées (Gray-équivalent)

Contribution alpha à la dose totale

RBE = 1

Alpha moy = 78 mGy (58,2%)
Non Alpha moy = 56 mGy (41,8%)



RBE = 10

moy = 780 mSv (93,3%)
moy = 56 mSv (6,7%)

RBE = 20

moy = 1 558 mSv (96,5%)
moy = 56 mSv (3,5%)

Relation Dose - Risque

Doses	RBE = 10		RBE = 20	
	ERR par Gy-Eq	IC 95%	ERR par Gy-Eq	IC 95%
Total dose	0,43	(0,12 - 1,05)	0,22	(0,06 - 0,53)
Alpha	0,45	(0,13 - 1,09)	0,22	(0,06 - 0,54)
Radon progeny	0,46	(0,13 - 1,12)	0,23	(0,07 - 0,56)

IC : intervalle de confiance

Conclusion

Introduction

Méthodes

Résultats

Conclusion



Photos PC Guiollard

Discussion

- Doses pondérées : ne permet de déterminer une valeur appropriée de RBE pour les radiations alpha
- Dose pondérée permet de comparer avec la littérature

Etudes	ERR par Sv Cancer du poumon	IC 90%
Analyses de mortalité		
15-country study, Cardis et al, 2007	1,86 (tous)	(0,49-3,63)
Life Span Study, Preston et al, 2003	0,48 (hommes)	(0,23-0,78)
Analyses d'incidence		
Life Span Study, Preston et al, 2007	0,28 (hommes)	(0,12-0,49)
National Registry for Radiation Workers, Muirhead et al, 2009	0,11 (tous)	(-0,35-0,67)

IC intervalle de confiance

- ERR (par Gy-Eq) = 0,22 ou 0,43 sont compatibles avec ERR observés dans les études de mortalité ou d'incidence

Conclusion

- Premiers résultats sur les doses au poumon dans la cohorte française (projet Alpha-Risk)
- Contribution à la dose
 - Dose totale : 58% dus à la dose alpha
 - Dose alpha : 97% dus aux descendants à vie courte du radon
- Association significative entre le risque de décès par cancer du poumon et les doses au poumon

Perspectives

- Analyses complémentaires:
 - Facteurs modifiants
 - Facteurs de confusion (statut tabagique)
- Analyses risque - dose (autres organes cibles : rein)
- Collaboration internationale : projet EUROCAN Miner
 - > 120 000 mineurs : cohortes française, tchèque, allemande et canadiennes (Eldorado, Ontario, Newfoundland)

Merci pour votre attention