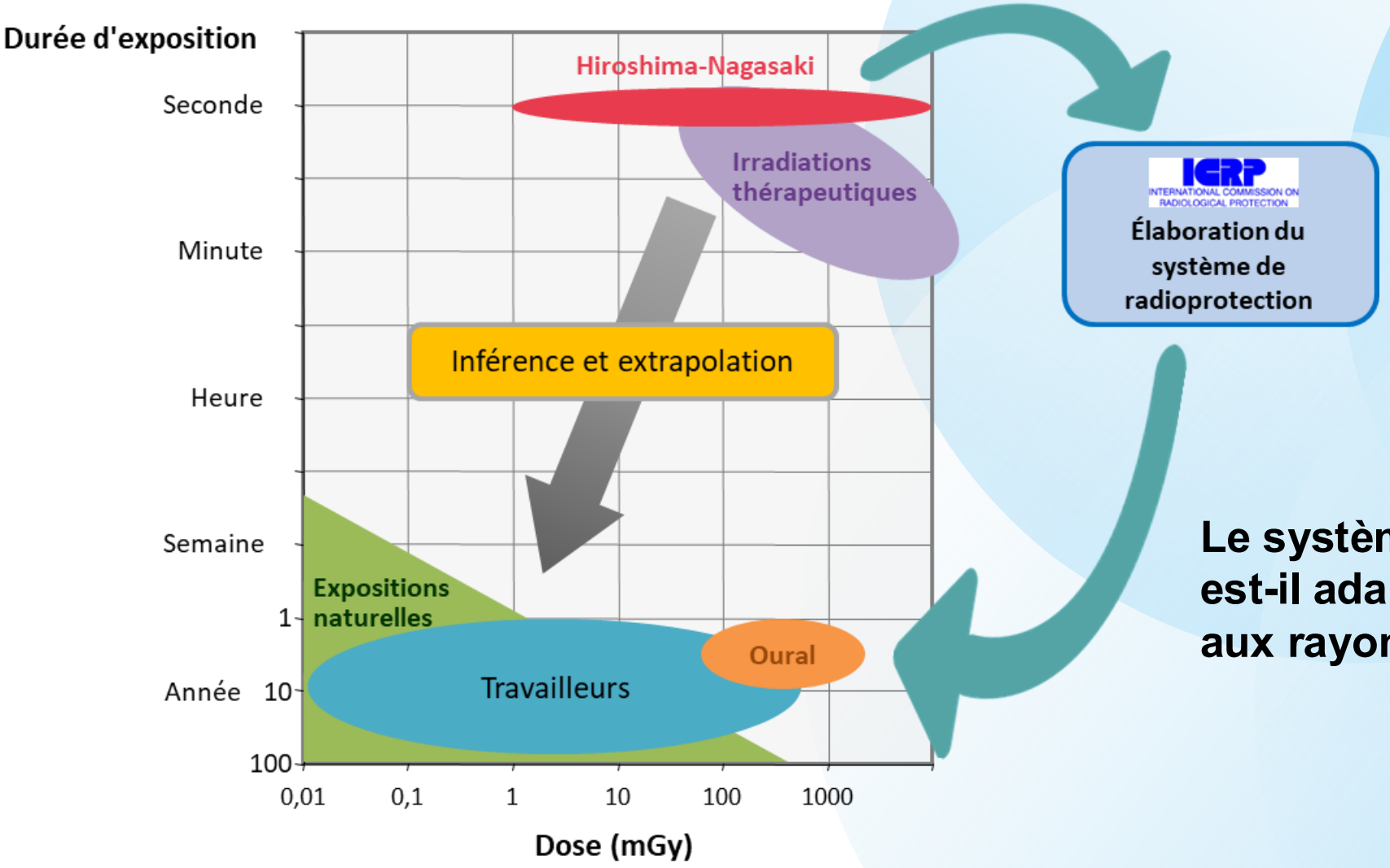
Clémence BAUDIN
Olivier LAURENT
Assia BELKASMI (Amarexia)
Choisie MUKAKALISA
Eric SAMSON

Laboratoire d'épidémiologie de l'ASNR
PSE-SANTE/ SESANE / LEPID

ÉTUDE COMPARATIVE
INCIDENCE ESTIMÉE DE CANCER
>> COHORTE DE TRAVAILLEURS STATUTAIRES EDF
vs. ÉCHANTILLON DE LA POPULATION FRANÇAISE (ESND)
PÉRIODE 2009-2018

CONGRÈS ATSR - SEPTEMBRE 2026

EPIDÉMIOLOGIE ET RADIO-PROTECTION



ICRP
INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Élaboration du système de radioprotection

Le système de radioprotection actuel est-il adapté aux travailleurs exposés aux rayonnements ionisants ?

LES ÉTUDES MENÉES AU LEPID



TRAVAILLEURS

Industrie nucléaire

- Cohorte des mineurs d'U
- Cohorte TRACY (int)
- Cohorte SELTINE (ext)
- Cohorte CO'WORKER (sous-traitants)

Personnel médical

- Etude ORICAMS
- Etude EXPERTS

Personnel navigant

- Cohorte SPACE

PATIENTS

Expositions diagnostiques

- Cohorte Enfant Scanner
- Cohorte Coccinelle : cardiologie interventionnelle

Expositions thérapeutiques

- BACCARAT/WATCH YOUR HEART : cardiotoxicité de la RT du K sein
- EPIBRAINRAD / RADIO-AIDE : neurotoxicité de la RT du K cerveau
- START : effets secondaires du traitement par l'iode 131 du K de la thyroïde

POPULATION GENERALE

- Evaluation quantitative de l'impact sanitaire du radon
- ORRCH-IDEeS (recherche participative)
- *Participation à GEOCAP (cancer infantile et radioactivité naturelle / proxi. sites nucléaires)*
- *Participation à la cohorte ELFE*
- *Epidémiologie post-accidentelle*
- *Travaux d'expertise*



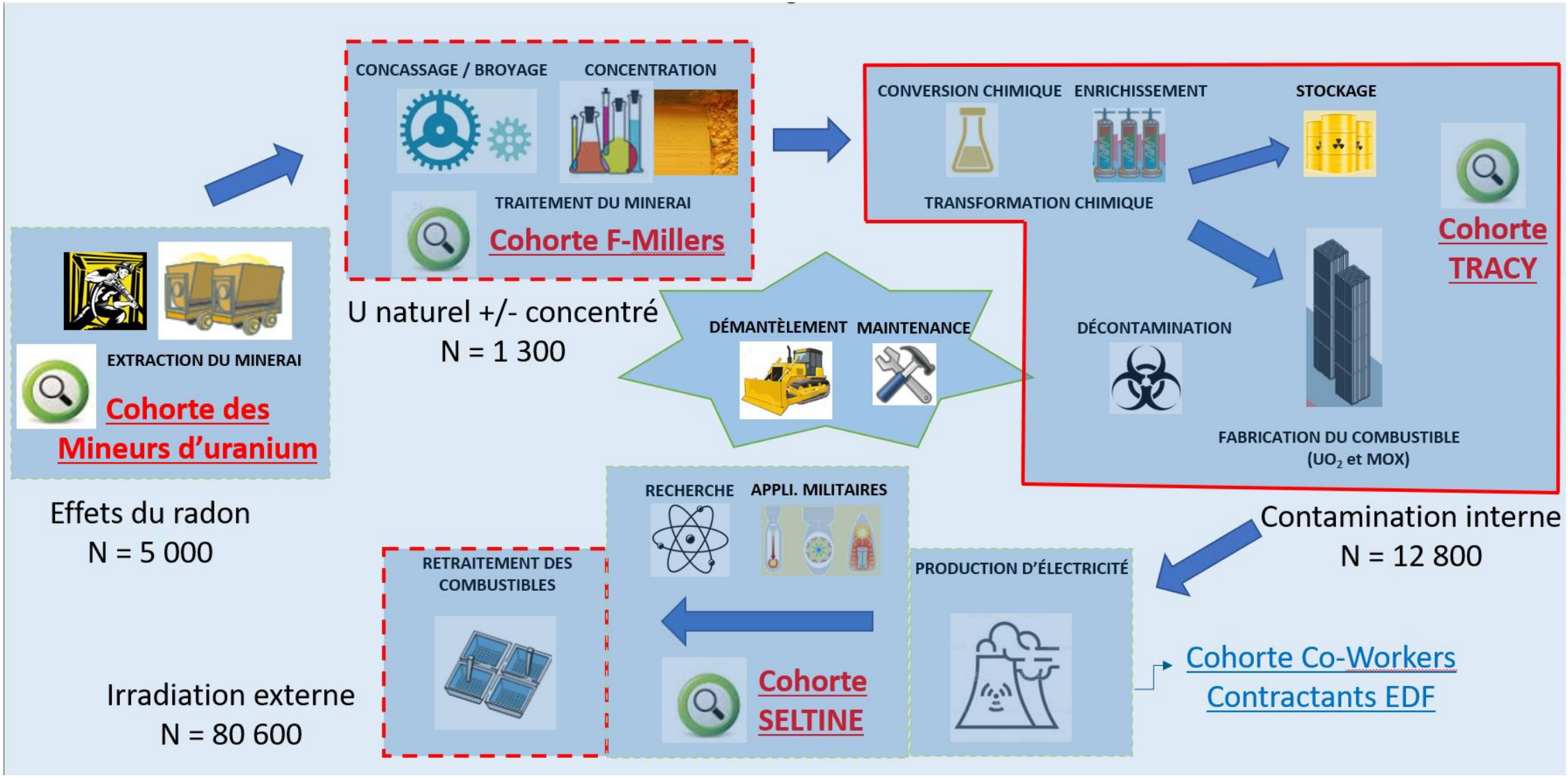
PUMA	BECOME	EPI-CT	HARMONIC
iPAUW		MEDIRAD	CAMBRIA-RYTHMO
INWORKS			

RadoNorm

Projet CORALE – COREXCA : composante radiologique de l'exposome

Modélisation statistique avancée (erreurs de mesure, incertitudes dosimétriques, multi-expositions, risques compétitifs)

LES COHORTES DE TRAVAILLEURS DU NUCLÉAIRE SUIVIES AU LEPID



CONTEXTE

LES TRAVAILLEURS DE L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE



INTÉRÊTS EN RADIOPROTECTION

- Population bien définie, depuis les années 1940
- Effectifs importants
- Population stable, bonne qualité de suivi

MAIS ENCORE…

- Études en mortalité relativement nombreuses
- Quid des cancers à bon taux de survie ?
- Incidence peu évaluée en raison de manque de registres de cancer
- Opportunité d'accéder au SNDS

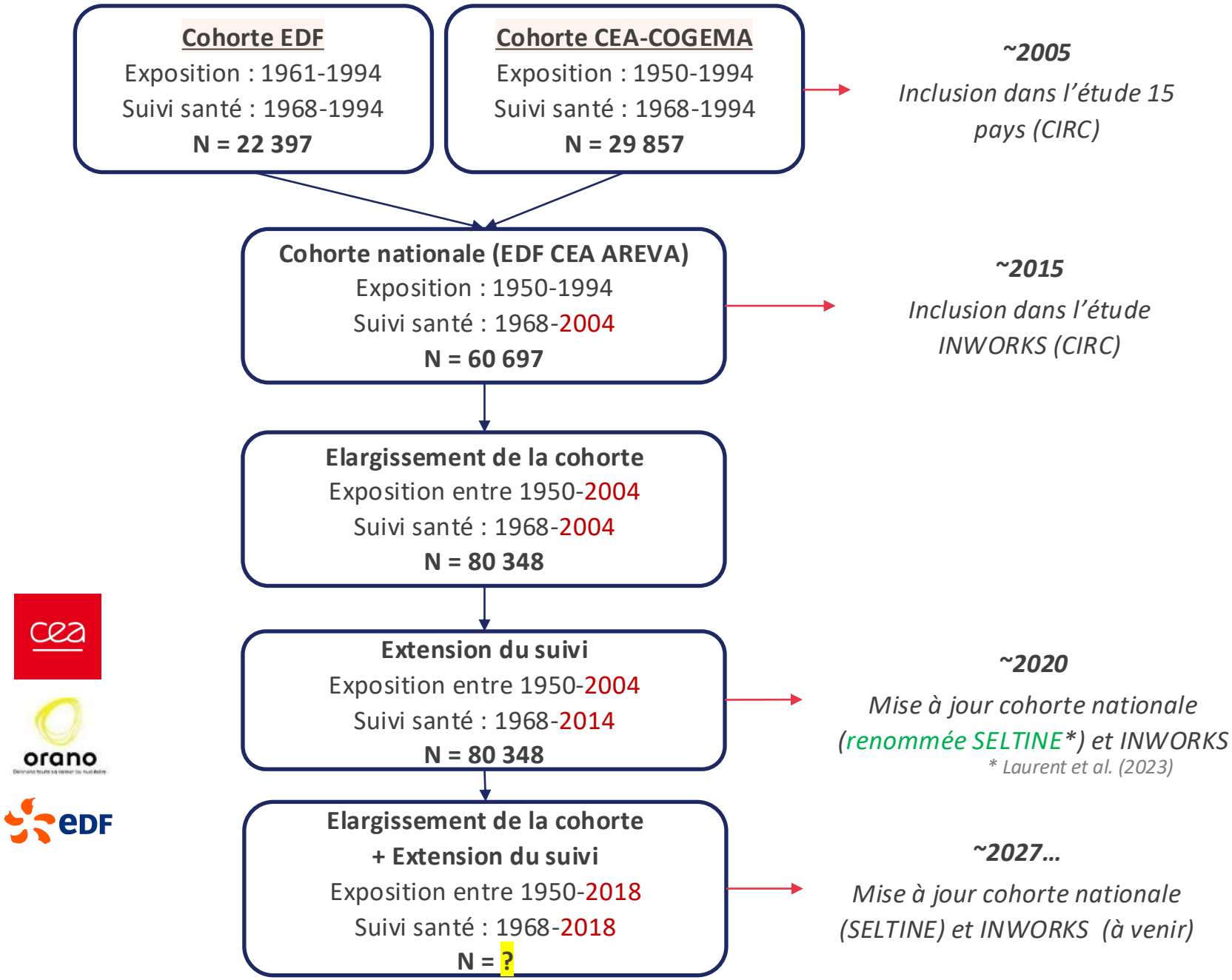
SNDS
Système national des données de santé

OBJECTIFS

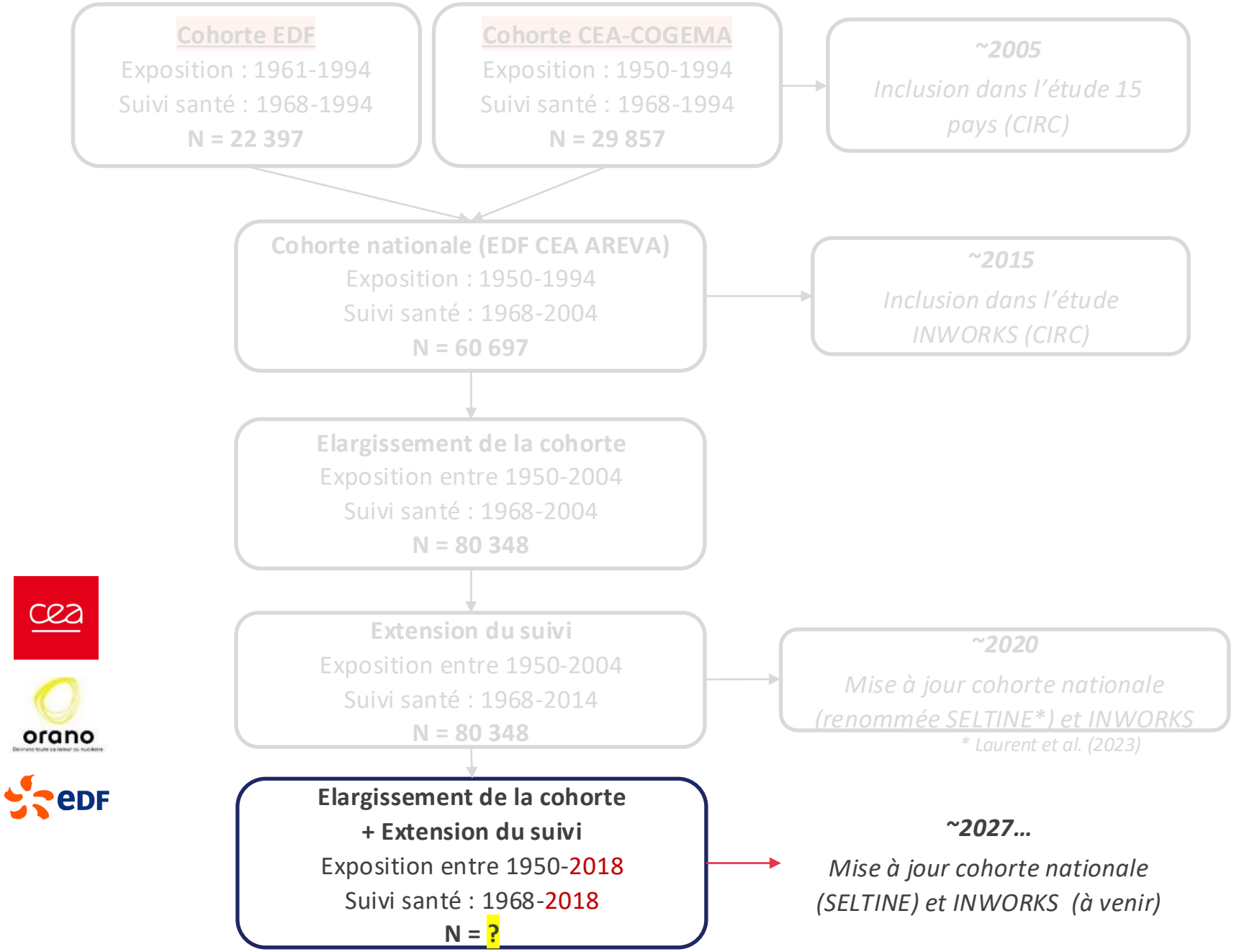
1) Décrire l'incidence de cancers dans une population de travailleurs intervenant sur des sites nucléaires EDF

2) Comparer cette incidence à celle de la population générale française

Un peu d'histoire…



Un peu d'histoire…



ANALYSES DE L'INCIDENCE
COHORTE DES TRAVAILLEURS STATUTAIRES EDF

Question : l'incidence des cancers dans la cohorte de statutaires est-elle similaire à celle en population générale ?

Inclusion : tous les travailleurs statutaires d'EDF surveillés pour exposition aux RIs avec au minimum 1 an d'emploi entre 1961 et 2003

Exclusions : cas de cancer prévalents et décès (avant 2008)

Période de suivi : 2009-2018 (données SNDS)

Données de santé: Système National des Données de Santé (SNDS) – remboursement de soins/assurance maladie

Population de référence : ESND = 2% de la pop. générale bénéficiaire de l'assurance maladie

Données d'exposition: doses externes SISERI



À l'heure actuelle, impossible de lier données d'expo et données de santé

Analyses statistiques: calculs de SIR (= ratios standardisés d'incidence) à partir d'algorithmes

$$SIR = \frac{\Sigma a_{ij}}{\Sigma \lambda_{i_j}}$$ avec :

a_{ij} : *nombre de cas observés dans la classe d'âge i et le sexe j*

λ_{ij} : *nombre de cas attendus dans la classe d'âge i et sexe j, sous l'hypothèse de taux d'incidence identiques à ceux de la population de référence*

RÉSULTATS

	The study cohort of nuclear workers N=27,473	The control population from ESND N=611,953
Sex[a]		
Female	1,842 (6.7)[c]	332,370 (54.3)[c]
Male	25,631 (93.3)[c]	279,583 (45.7)[c]
Age at start of follow-up[a,*] (year)	49.7 ± 10.2[d]	48.3 ± 16.8[d]
	50 (24-89)[e]	46 (21-106)[e]
Age at start of follow-up[a,*] by groups, n (%)		
20-24	7 (0.0)	30,316 (5.0)
25-29	545 (2.0)	54,702 (8.9)
30-34	1,750 (6.4)	62,219 (10.2)
35-39	2,571 (9.4)	70,073 (11.5)
40-44	2,992 (10.9)	66,539 (10.9)
45-49	4,798 (17.5)	62,660 (10.2)
50-54	6,394 (23.3)	56,178 (9.2)
55-59	4,247 (15.5)	52,833 (8.3)
60-64	2,276 (8.3)	45,639 (7.5)
65-69	1,078 (3.9)	30,020 (4.9)
70-74	471 (1.7)	26,860 (4.4)
75-79	217 (0.8)	23,819 (3.9)
80-84	98 (0.4)	16,957 (2.8)
85+	29 (0.1)	13,138 (2.2)
Duration of health follow-up[a,*] (year)	9.5 ± 1,7[d]	9.5 ± 1.7[d]
	10 (0–10)[e]	10 (0–10)[e]
Age at hiring[b] (year)	24.5 ± 4.5[d]	N.A.
	24 (14-51)[e]	
Year of hire[b]	1982 ± 11.0[d]	N.A.
	1982 (1938-2009)[e]	
Duration of employment[b] (year)	29.5 ± 6.4[d]	N.A.
	31 (1-50)[e]	
Duration of exposure[b] (year)	22.9 ± 9.1[d]	N.A.
	24 (1-50)[e]	
Average total career dose until 31/12/2018[b] (mSv)	22.42 ± 36.79[d]	N.A.
	0 (0-509)[e]	

[a]For the final study population N=27,473;
[b]For the whole EDF cohort N=30,305;
[c]N (%);
[d]Mean ±SD;
[e]Median (Min-Max);
** start of health follow-up: 01/01/2009;*
N.A. Not applicable

RÉSULTATS

SIR standardisé sur classes d'âges, sexe et sous-périodes par localisation cancéreuse, entre 2009 et 2018

Localisation	N.obs	N.exp	SIR	IC95%
Tous cancers (C00-97)	2363	2323,52	1,02	[0,98 – 1,06]
Lèvres, cavité orale, pharynx (C00 – 14)	96	111,97	0,86	[0,69– 1,04]
Œsophage (C15)	40	52,69	0,76	[0,54 – 1,01]
Estomac (C16)	45	54,85	0,82	[0,60 – 1,08]
Côlon et rectum (C18 – 21)	239	249,04	0,96	[0,84 – 1,09]
Foie (C22)	**40**	**90,19**	**0,44**	**[0,32 – 0,59]**
Pancréas (C25)	73	63,24	1,15	[0,90 – 1,43]
Larynx (C32)	**33**	**49,25**	**0,67**	**[0,46 – 0,92]**
Trachée-bronches -poumon (C33 – 34)	**239**	**348,94**	**0,68**	**[0,60 – 0,77]**
Mélanome malin de la peau (C43)	**101**	**75,97**	**1,33**	**[1,08 – 1,60]**
Sein (C50)	66	51,63	1,28	[0,99 – 1,61]
Col de l'utérus (C53)	3	3,07	0,98	[0,18 – 2,24]
Corps de l'utérus (C54 – 55)	3	3,18	0,94	[0,18 – 2,31]
Prostate (C61)	**708**	**647,72**	**1,09**	**[1,01 – 1,18]**
Testicules (C62)	12	16	0,75	[0,39 – 1,23]
Vessie (C67)	**162**	**214,9**	**0,75**	**[0,64 – 0,87]**
Rein (C64 – C66, C68)	109	118,54	0,92	[0,76 – 1,10]
Système nerveux central (C70 – 72)	52	48,88	1,06	[0,69 – 1,37]
Thyroïde (C73)	31	37,32	0,83	[0,56 – 1,15]

femmes

RÉSULTATS

SIR standardisé sur sexe et période calendaire par classes d'âges, entre 2009 et 2018

Classe d'âge (ans)	N.obs	N.exp	SIR	IC95%
20-24	0	0,00	-	-
25-29	0	0,19	-	-
30-34	5	5,18	0,97	[0,30 – 2,00]
35-39	18	21,15	0,85	[0,50 – 1,29]
40-44	48	54,92	0,87	[0,64 – 1,14]
45-49	94	103,58	0,91	[0,73 – 1,10]
50-54	238	246,93	0,96	[0,85 – 1,09]
55-59	**505**	**445,68**	**1,13**	**[1,04 – 1,23]**
60-64	**564**	**469,10**	**1,20**	**[1,11 – 1,30]**
65-69	**414**	**322,00**	**1,29**	**[1,16 – 1,41]**
70-74	**250**	**195,25**	**1,28**	**[1,13 – 1,44]**
75-79	**139**	**92,84**	**1,50**	**[1,26 – 1,76]**
80-84	**58**	**40,89**	**1,42**	**[1,08 – 1,81]**
85+	**30**	**18,31**	**1,64**	**[1,10 – 2,28]**

CONCLUSIONS

- **Incidence plus élevée** dans la cohorte vs. ESND pour 3 cancers
  (prostate, mélanome, sein (femmes) => taux survie à 5 ans élevé)

- **Incidence plus faible** pour 4 cancers
  (trachée-bronches-poumon, larynx, vessie et foie => taux survie à 5 ans faible)

- **SIR augmentent avec l'âge**, significatifs à partir de 55 ans

- **Littérature** : - résultats SIR similaires à *Hinton et al. (2025)* (cohorte canadienne), mais analyses dose-risque non significatives dans cette étude
  - SIR et analyses dose-risque non-significatifs dans *Hunter et al. (2013), Muirhead et al. (2009), Haylock et al. (2018), Azizova et al. (2018)*



Les SIR ne permettent pas de faire des conclusions sur des liens causaux – **UNIQUEMENT** descriptifs

CONCLUSIONS



- Première étude en France à évaluer l'incidence chez les travailleurs du nucléaire sur la base des données du SNDS (base exhaustive sur France entière)
- Utilisation d'algorithmes validés, haute sensibilité et valeur prédictive
- Méthodologie similaire appliquée dans la cohorte et dans la population témoins limitant les biais



- Etude uniquement basée sur les consommants de soins (SNDS)
- Influence suspectée de « l'effet du travailleur survivant » (healthy survivor effect)
- Suivi médical renforcé obligatoire chez les travailleurs du médical ≠ population générale
- Pas de lien possible avec les doses sur la base des autorisations actuelles ➔ à venir

ANALYSES DE RELATION DOSE-MORTALITÉ – COHORTE SELTINE

- ➔ Associations significatives entre RI et mortalité par leucémies + démences
- ➔ Association positive mais non significative pour cancers solides

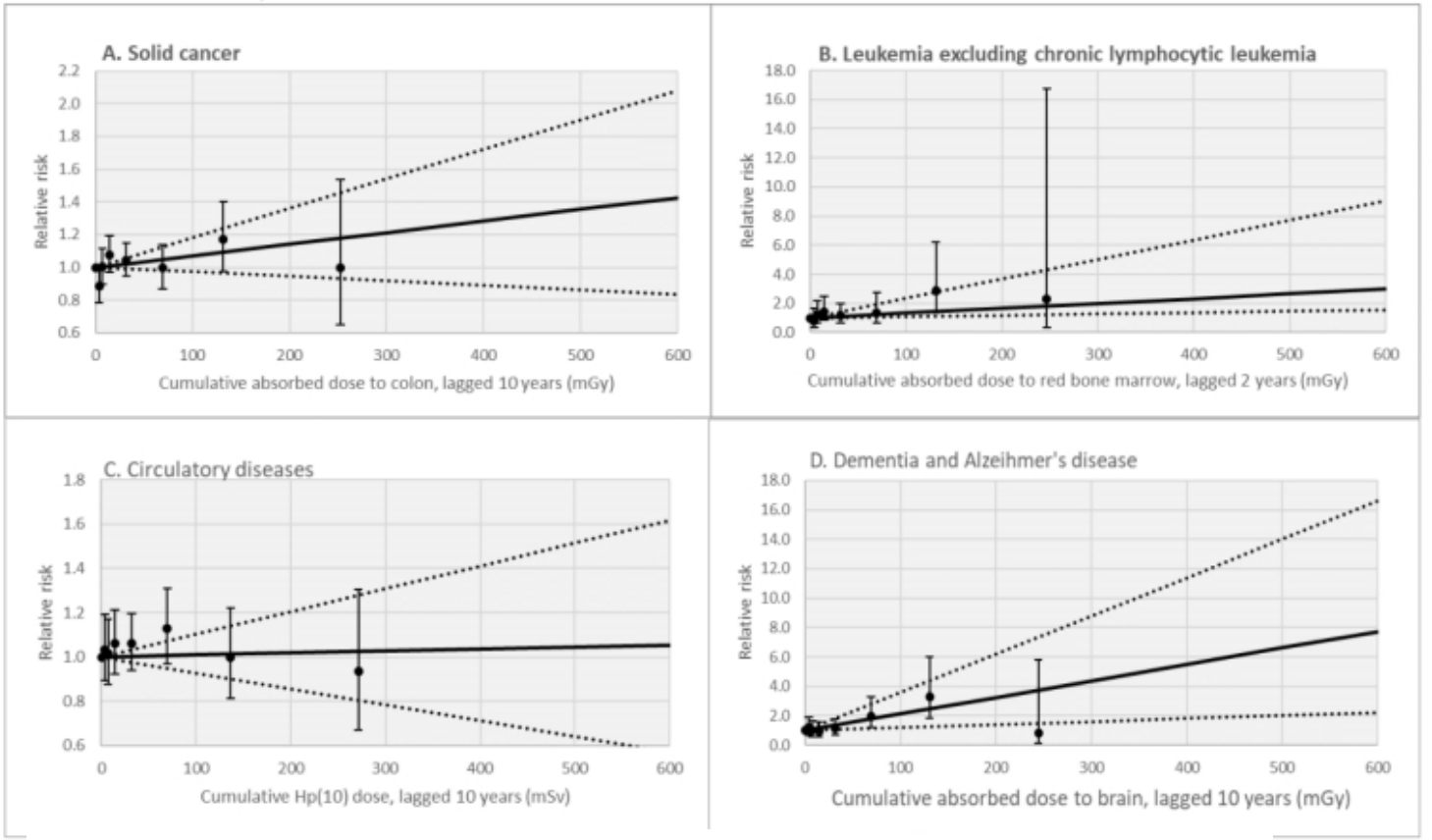
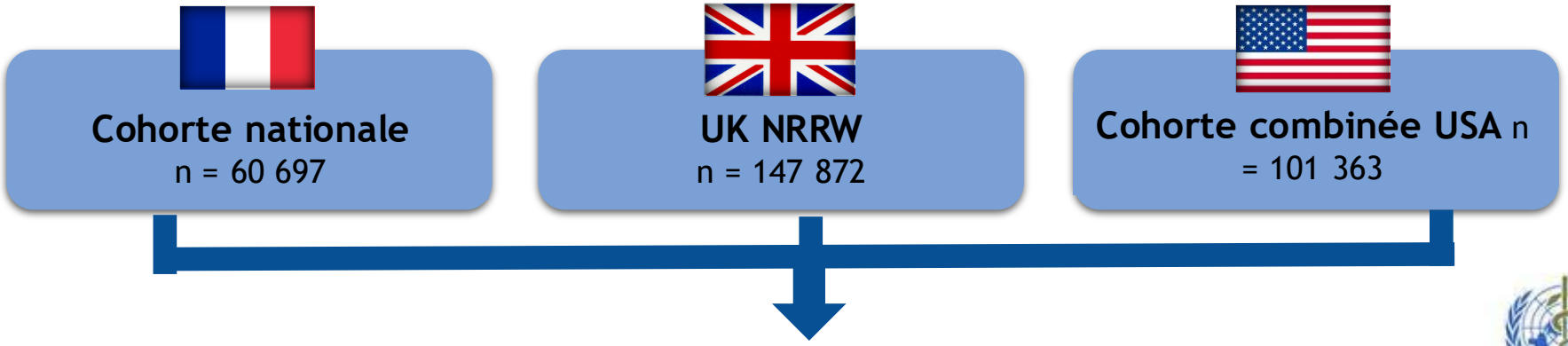


Figure 2. Relative risk of mortality due to solid cancer (panel **A**), leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia (panel **B**), circulatory diseases (panel **C**), and dementia and Alzheimer's disease (panel **D**) by categories of cumulative dose in milliGray (mGy) in male workers, SELTINE. Solid line: fitted linear dose–risk model (at attained age 65 years for panel B); dashed lines: 95% confidence interval; dark circles and associated vertical lines: point estimates of relative risks and associated 95% confidence interval.

=> Inclusion de SELTINE dans INWORKS pour augmenter la puissance statistique

INWORKS – POPULATION D'ÉTUDE



International Agency for Research on Cancer
Centre International de Recherche sur le Cancer

Durée d'emploi moyenne (année)	15
Age moyen à la fin du suivi (année)	66
Durée moyenne de suivi (année)	34
Nombre total d'années de suivi (million)	10,7
Dose cumulée moyenne corps entier (Hp10, mSv, exposés)	20
Nombre de décès	103 553
cancers solides	28 089
leucémies (hors leucémies lymphoïdes chroniques)	771

ISGlobal

MERCI…

AUX TRAVAILLEURS,

AUX ENTREPRISES DU NUCLÉAIRE,

À L’ASNR,

AUX COLLÈGUES,

À VOUS !