

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Calculs de dose à partir des mesures issues de la surveillance

*Philippe Renaud*

*S. Roussel-Debet, F. Leprieur, L. Pourcelot, L. Saey,  
D. Tournieux, P. Caldeira-ideias et G. Manificat*

*IRSN/Pôle radioprotection/Direction de l'Environnement*

*Journées SFRP des 5 et 6 novembre 2015*

## Objectifs, enjeux et méthodologie

- **Répondre à une demande émanant du Comité de Pilotage du Réseau National de Mesure en application du code l'environnement**
- **Tester le réalisme du second objectif fixé à la surveillance réglementaire de la radioactivité de l'environnement**
  - « **contribuer à l'évaluation des expositions radiologiques dans un objectif de protection sanitaire des populations et de l'environnement**  
*La surveillance de la radioactivité de l'environnement doit permettre : par la connaissance de l'état radiologique des différents compartiments environnementaux, de contribuer à l'évaluation des doses auxquelles la population est exposée quelle que soit l'origine des rayonnements ionisants ; d'assurer la protection des consommateurs (denrées, eaux de boisson...).* »
- **Comparer les doses estimées à partir des mesures à celles obtenues par calcul (modélisation des transferts) sur la base des rejets réels estimés des installation nucléaires**
- **Les grandes lignes de la méthodologie ont été définies dans le cadre du groupe de Travail MEAD (Mesures Environnementales et Approches Dosimétriques) regroupant des membres du COPIL RNM**
  - Ne pas rechercher l'exhaustivité dans les voies d'atteinte et les radionucléides et se limiter à ceux accessibles via un les mesures (ne pas combler les trous)**
  - Pour chaque site nucléaire, fournir les doses par voie d'atteinte et radionucléides (ne pas sommer et ne pas chercher à définir un « groupe critique »)**

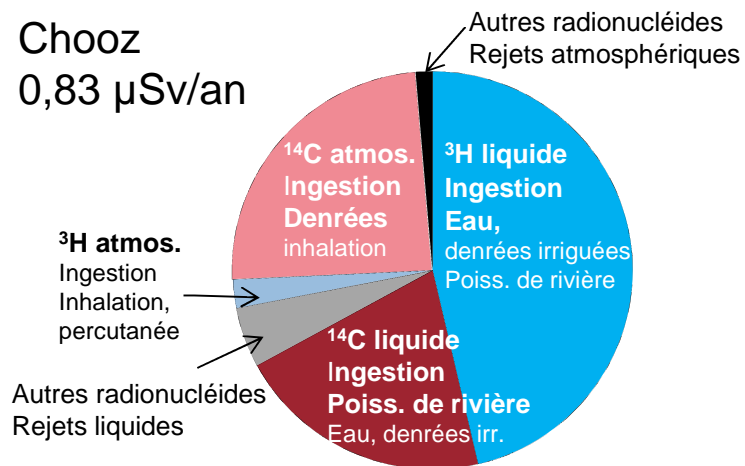
## Constats de départ

- Les évaluations dosimétriques purement calculatoires régulièrement effectuées par les exploitants et l'IRSN montrent que de nombreuses voies d'atteinte (scénarios d'exposition) et plusieurs (voir plusieurs dizaines) de radionucléides, peuvent contribuer aux expositions des populations riveraines des sites nucléaires
- La plupart de ces radionucléides sont rejetés à des niveaux (beaucoup) trop faibles pour que les activités environnementales qui en résultent puissent être mesurées
- **Mais :** Les évaluations calculatoires montrent également que seulement quelques radionucléides (1 à 4 suivant les sites) et quelques scénarios d'exposition, contribuent à plus de 80% et quelquefois à 99% des doses totales (toutes expositions et radionucléides considérés)
- Les activités de ces radionucléides sont mesurés dans l'environnement et ces mesures permettent d'établir les scénarios en question

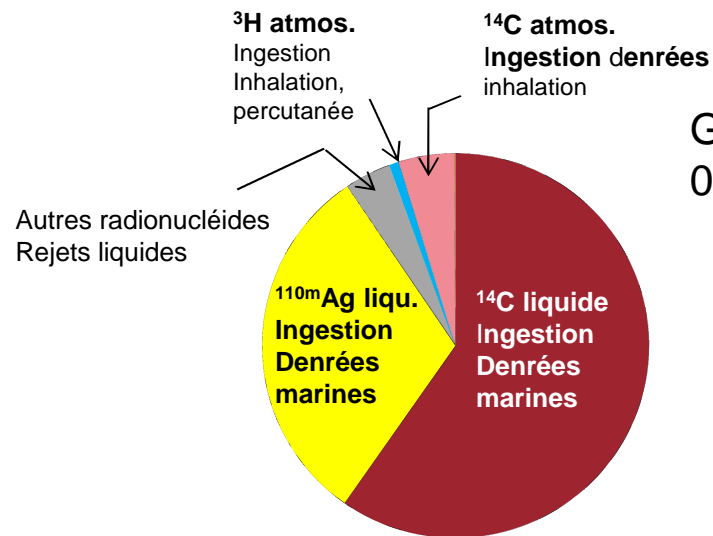
# Quelques exemples de contributeurs aux doses efficaces à l'adulte

## ✓ Cas des CNPE

Chooz  
0,83  $\mu\text{Sv}/\text{an}$

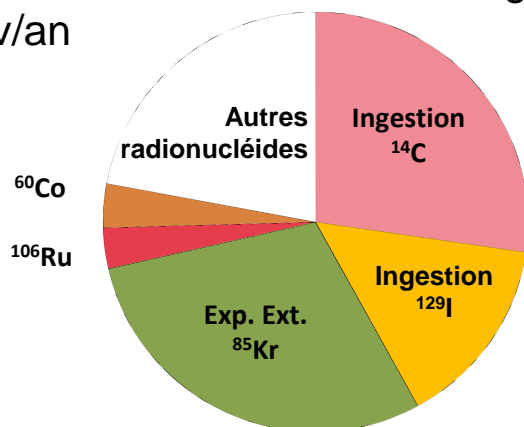


Gravelines  
0,52  $\mu\text{Sv}/\text{an}$

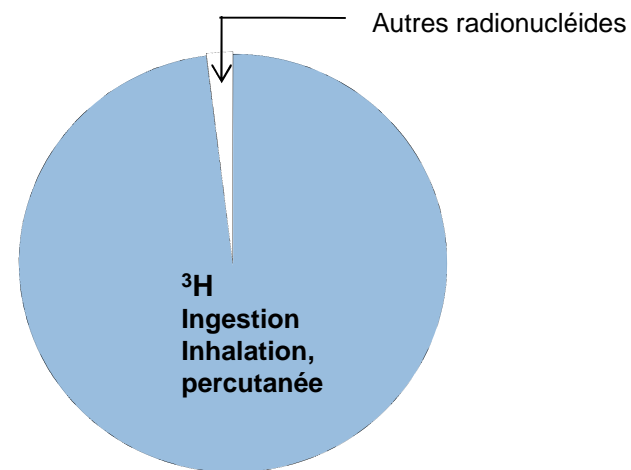


## ✓ Cas de La Hague

Moyen canton de Beaumont-Hague :  
5  $\mu\text{Sv}/\text{an}$



## ✓ Cas de Marcoule : 8,1 $\mu\text{Sv}/\text{an}$



# Résultats et commentaires

(tels que présentés dans la synthèse dosimétrique du BR 2011-2014)

Sites	Doses $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Contributeurs majeurs
La Hague	0,6 à 3,5	$^{86}\text{Kr}$ – exposition externe
	0,7	$^{14}\text{C}$ – ingestion de denrées terrestres et marines
	1,1	$^{129}\text{I}$ – ingestion de denrées terrestres et marines
	0,62	$^{60}\text{Co}$ , plutonium et $^{241}\text{Am}$ – ingestion de denrées marines
Malvési	2	Uranium – inhalation
	0,4	Uranium – ingestion de légumes
Tricastin	0,05	Uranium – Inhalation
	0,003	Uranium – ingestion ponctuelle d'un litre d'eau
Romans sur Isère	0,5	Uranium – inhalation
Marcoule	0,28	Tritium – ingestion d'eau de boisson et de végétaux
	0,12	Tritium – inhalation et percutanée
Saclay	0,28	Tritium – ingestion d'eau de boisson
	1,4	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poissons de l'Étang Neuf
Grenoble	0,14	Tritium – inhalation et percutanée
Bruyère le Châtel	0,14	Tritium – inhalation et percutanée
Valduc	0,39	Tritium – ingestion (eau, végétaux), inhalation et percutané
Sites de CNPE	0,1	$^{14}\text{C}$ – ingestion de denrées terrestres
	0,12	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poisson d'eau douce (CNPE fluviaux)
	0,01 à 0,7	Tritium – ingestion d'eau de boisson (CNPE fluviaux)
	0,08	$^{110m}\text{Ag}$ – Ingestion de poisson de mer (CNPE marins de la Manche)
	0,0004	Divers radionucléides ( $^{60}\text{Co}$ , $^{110m}\text{Ag}$ , $^{66}\text{Co}$ ...) – inhalation et exposition externe à l'air
Creys	< 0,07	Tritium – inhalation et percutanée
Aval du Rhône	0,06	Divers radionucléides* – ingestion d'eau du Rhône
	0,4	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poisson de l'aval du Rhône

Doses efficaces pour un adulte  
calculées pour 29 des 36 sites  
nucléaires

sur la base de tous les  
résultats de mesures  
disponibles acquis sur la  
période 2011-2014  
(pas seulement issus de la  
surveillance réglementaire)

fournies par site,  
par radionucléide et voie  
d'atteinte

Doses allant de moins de 0,1 à  
3,5  $\mu\text{Sv}/\text{an}$

sommation à la discrétion  
du lecteur

## Résultats et commentaires (suite)

- Des doses du même ordre mais toujours inférieures ou égales à celles calculées par les exploitants nucléaires sur la base des rejets réels et d'une modélisation des transferts
- Très bonne cohérence dans les contributions des radionucléides/expositions :  
une voie ingestion très largement prédominante (excepté exp. ext.  $^{85}\text{Kr}$  à La Hague et inhalation U à Malvési)
- Les mesures d'activités environnementales permettent de reconstituer la plus grande part des doses potentielles liées aux rejets d'effluents radioactifs des sites :  
Dans les évaluations dosimétriques faites par les exploitants, les doses correspondants aux radionucléides/voies d'atteintes pour lesquels les doses ont été calculées sur la base des mesures d'activités environnementales, représentent de 40% (cas de Tricastin) à plus de 90% (cas de Marcoule et Valduc notamment) des doses totales (tous radionucléides et voies d'atteintes confondues)
- Les résultats de mesure exploités ne proviennent pas tous de la surveillance réglementaire : certains proviennent d'études complémentaires chroniques ou ponctuelles financées par les exploitants, cofinancées exploitant/IRSN ou IRSN
- Pour les 7 autres sites : de l'ANDRA, de la Marine Nationale, de Cadarache et Grenoble, les rejets sont trop faibles pour conduire à des activités mesurables dans l'environnement (ou absence de radionucléide dominant) ;  
les doses totales calculées par les exploitants (toutes voies d'atteinte/radionucléides confondus), sont inférieures à  $0,1 \mu\text{Sv/an}$  (cas particulier de la dose radon à Cadarache)

# Résultats et commentaires

Sites	Doses $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Contributeurs majeurs
La Hague	0,6 à 3,5	$^{85}\text{Kr}$ – exposition externe
	0,7	$^{14}\text{C}$ – ingestion de denrées terrestres et marines
	1,1	$^{129}\text{I}$ – ingestion de denrées terrestres et marines
	0,62	$^{60}\text{Co}$ , plutonium et $^{241}\text{Am}$ – ingestion de denrées marines
Malvési	2	Uranium – inhalation
	0,4	Uranium – ingestion de légumes
Tricastin	0,05	Uranium – inhalation
	0,003	Uranium – ingestion ponctuelle d'un litre d'eau
Romans sur Isère	0,5	Uranium – inhalation
Marcoule	0,28	Tritium – ingestion d'eau de boisson et de végétaux
	0,12	Tritium – inhalation et percutanée
Saclay	0,28	Tritium – ingestion d'eau de boisson
	1,4	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poissons de l'Étang Neuf
Grenoble	0,14	Tritium – inhalation et percutanée
Bruyère le Châtel	0,14	Tritium – inhalation et percutanée
Valduc	0,39	Tritium – ingestion (eau, végétaux), inhalation et percutanée
Sites de CNPE	0,1	$^{14}\text{C}$ – ingestion de denrées terrestres
	0,12	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poisson d'eau douce (CNPE fluviaux)
	0,01 à 0,7	Tritium – ingestion d'eau de boisson (CNPE fluviaux)
	0,08	$^{110m}\text{Ag}$ – Ingestion de poisson de mer (CNPE marins de la Manche)
	0,0004	Divers radionucléides ( $^{60}\text{Co}$ , $^{110m}\text{Ag}$ , $^{68}\text{Co}$ ...) – inhalation et exposition externe à l'air
Creys	< 0,07	Tritium – inhalation et percutanée
Aval du Rhône	0,06	Divers radionucléides* – ingestion d'eau du Rhône
	0,4	$^{14}\text{C}$ – ingestion de poisson de l'aval du Rhône

Doses calculées à partir de résultats de mesures issus:

- de la surveillance réglementaire
- d'études complémentaires annuelles et décennales financées par l'exploitant
- d'études complémentaires ponctuelles cofinancées exploitant/IRSN
- d'études complémentaires ponctuelles de l'IRSN