



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Quelle exposition de la population est imputable aux activités nucléaires ?

Résultats du Bilan Radiologique 2015-2017

Philippe Renaud

Direction de l'environnement

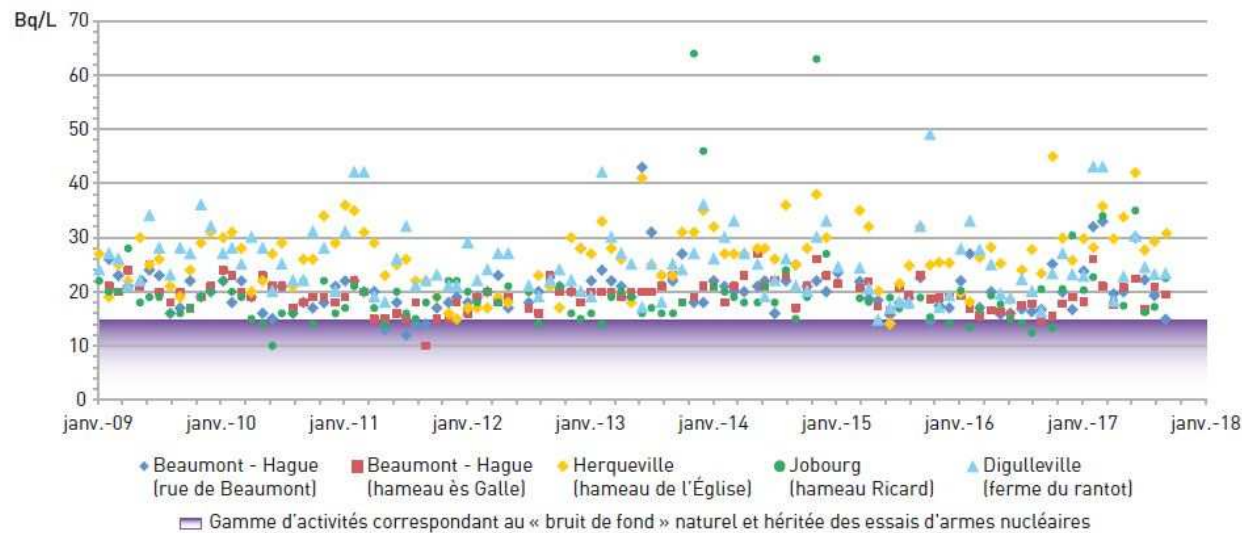
Les mesures environnementales permettent-elles d'estimer cette exposition ?

Cette estimation est-elle concordante avec celle faite par calculs sur la base des rejets par les exploitants nucléaires ?

- 1) Présenter et commenter les données ajoutées à la base du Réseau National de Mesure de la Radioactivité de l'Environnement sur la période considérée (2015-2017)
- 2) Estimer, lorsque possible, les expositions des populations qui peuvent résulter des rejets d'effluents atmosphériques et liquides des sites nucléaire, sur la base de données et connaissances acquises dans différents contextes et notamment :
 - surveillance réglementaire effectuée par les exploitants d'installation nucléaires,
 - surveillance et études particulières réalisées par l'IRSN,
 - données complémentaires à la surveillance réglementaire acquises à l'initiative des exploitants...
- 3) Fournir des informations ou éléments de connaissances utiles pour expliquer, comprendre et mettre en perspective les résultats présentés, les commentaires, les évolutions constatées :
 - Eléments sur les installations, sur les rejets et leurs évolutions, sur les plans de surveillance...
 - Eléments relatifs au « bruit de fond » radiologique français : origine, niveaux d'activités massiques et volumiques correspondantes et doses associées

Choix de représentation des résultats de mesure

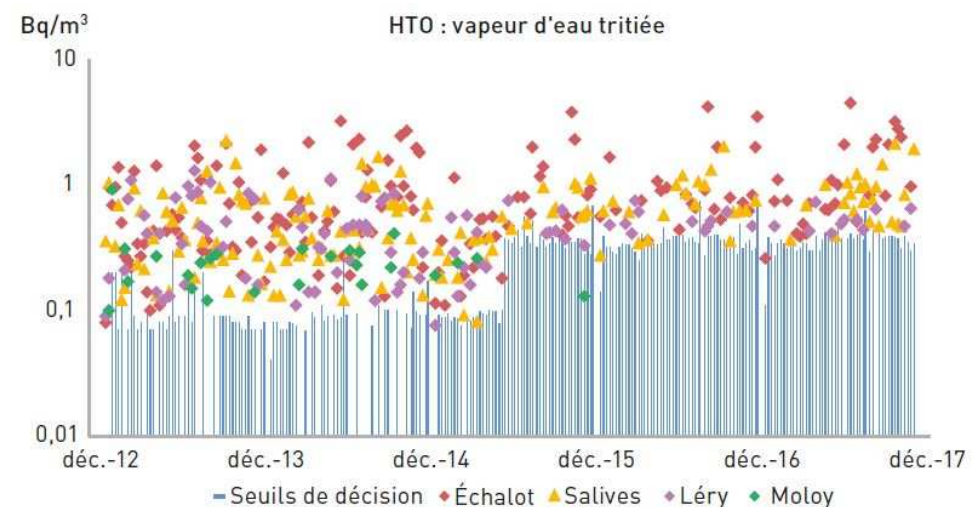
FIGURE 19 / ACTIVITÉS VOLUMIQUES DU CARBONE-14 DANS LE LAIT PRÉLEVÉ AUTOUR DE LA HAGUE (Bq/L) DEPUIS JANVIER 2009



Des chroniques qui permettent :

- de visualiser l'influence radiologique « normale » des rejets d'un site
- de comparer avec le « bruit de fond radiologique »

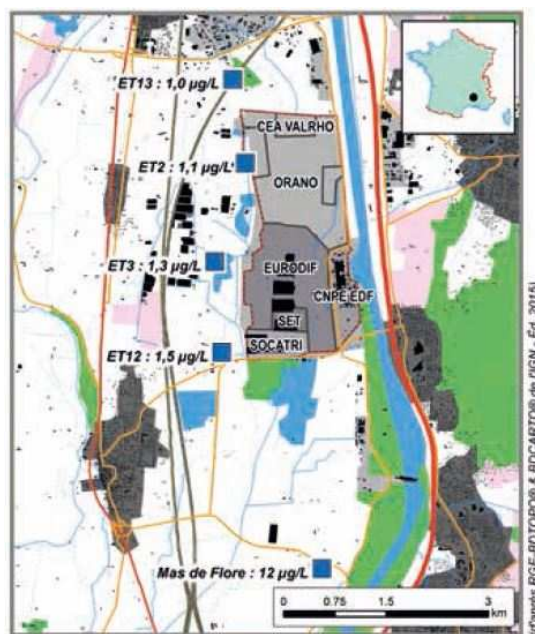
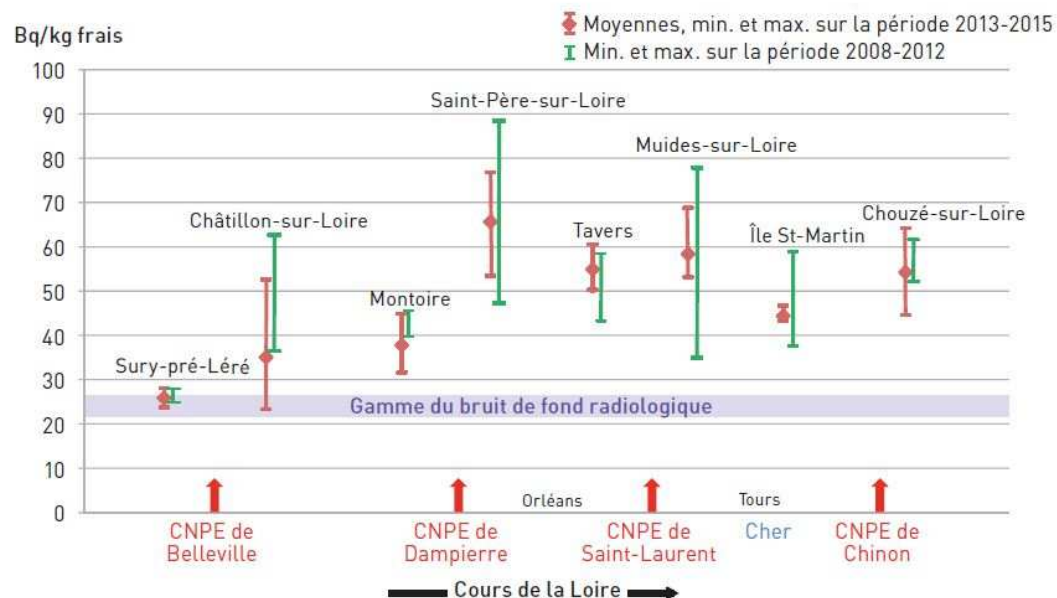
FIGURE 3 / ACTIVITÉS DU TRITIUM DANS L'AIR SOUS FORME DE VAPEUR D'EAU (HTO) ET SOUS FORME GAZ (HT et autres composés organiques gazeux tritiés) MESURÉES À FRÉQUENCE HEBDOMADAIRE DANS L'ENVIRONNEMENT DU CEA DE VALDUC (Bq/m³)



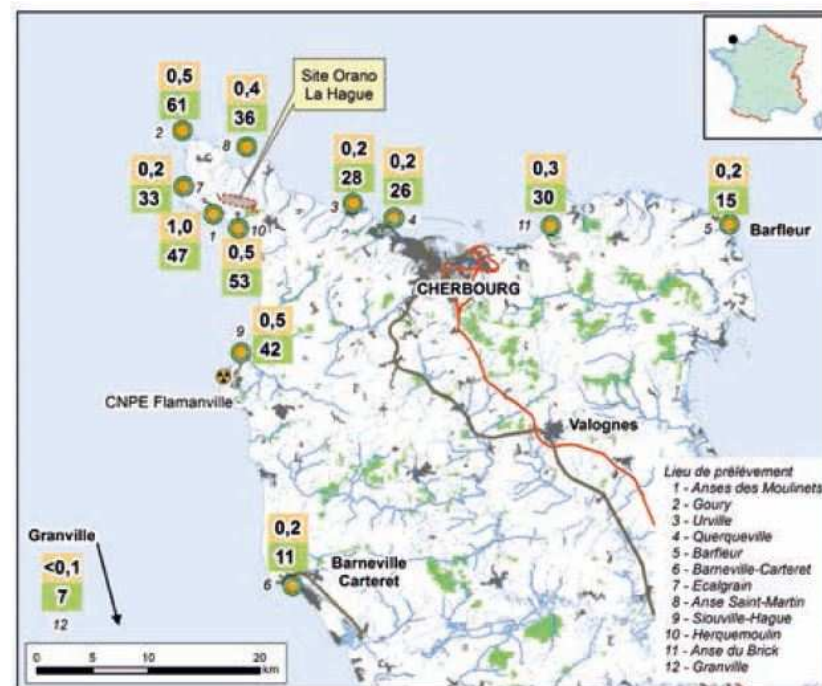
- de représenter les valeurs des « seuils de décision »

Choix de représentation des résultats de mesure

FIGURE 6 / ÉVOLUTION DE L'ACTIVITÉ EN CARBONE-14 DES POISSONS (Bq/kg frais), TOUT AU LONG DU COURS DE LA LOIRE, ÉTABLIE SUR LA BASE DES MESURES RÉALISÉES SUR LA PÉRIODE 2008-2012 (en vert) ET SUR LA PÉRIODE 2013-2015 (en rouge)



Des cartes ou schémas qui permettent de représenter les variations spatiales



Activité massique moyenne de l'iode-129 dans les patelles et les algues

- Valeur iode-129, patelle (en Bq/kg frais)
- Valeur iode-129, algue (en Bq/kg sec)
- Patelle (12 points de prélèvement)
- Algue (12 points de prélèvement)

- ✓ Dès lors qu'il est possible de calculer une valeur moyenne des activités massiques ou volumiques à l'origine de l'exposition (gestions des résultats de mesures $<SD$)
- ✓ Doses efficaces pour des adultes estimées directement à partir des résultats de mesure
- ✓ Pas de modélisation des transferts dans l'environnement
- ✓ Calculs réalisés pour :
 - l'obtention de moyennes arithmétiques pour estimer les doses
 - la déduction du « bruit de fond » pour obtenir des « doses ajoutées » du fait des rejets
 - la prise en compte des scénarios d'exposition (rations alimentaires, débit respiratoire, durée d'exposition...)
- ✓ Doses estimées là où les mesures ont été acquises : sur une station de mesure (cas de mesures dans l'air par exemple) ou sur un ensemble de points de prélèvement (cas de mesures sur des denrées)

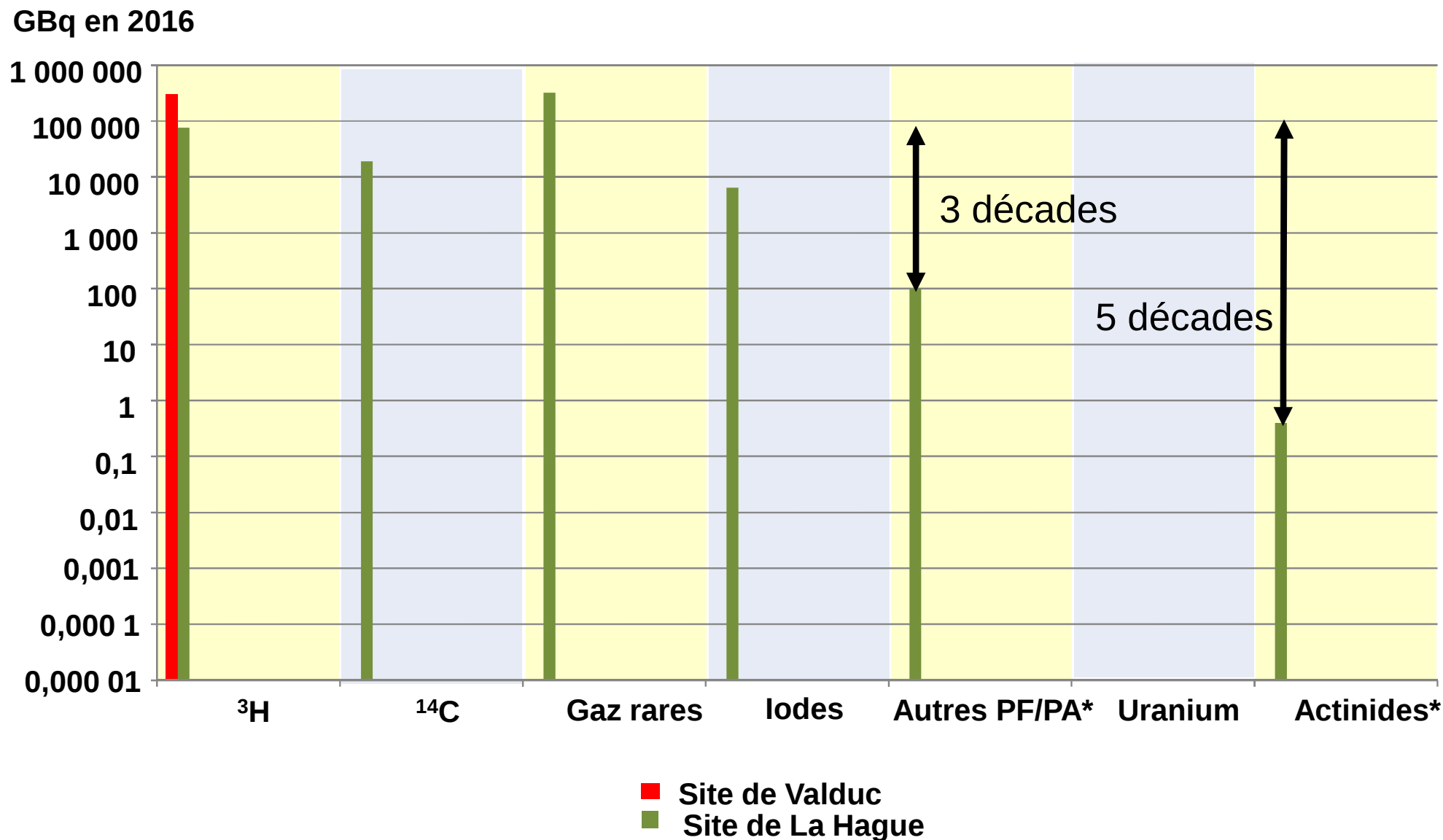


INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Quels sont les principaux radionucléides rejetés par les sites nucléaires français ?

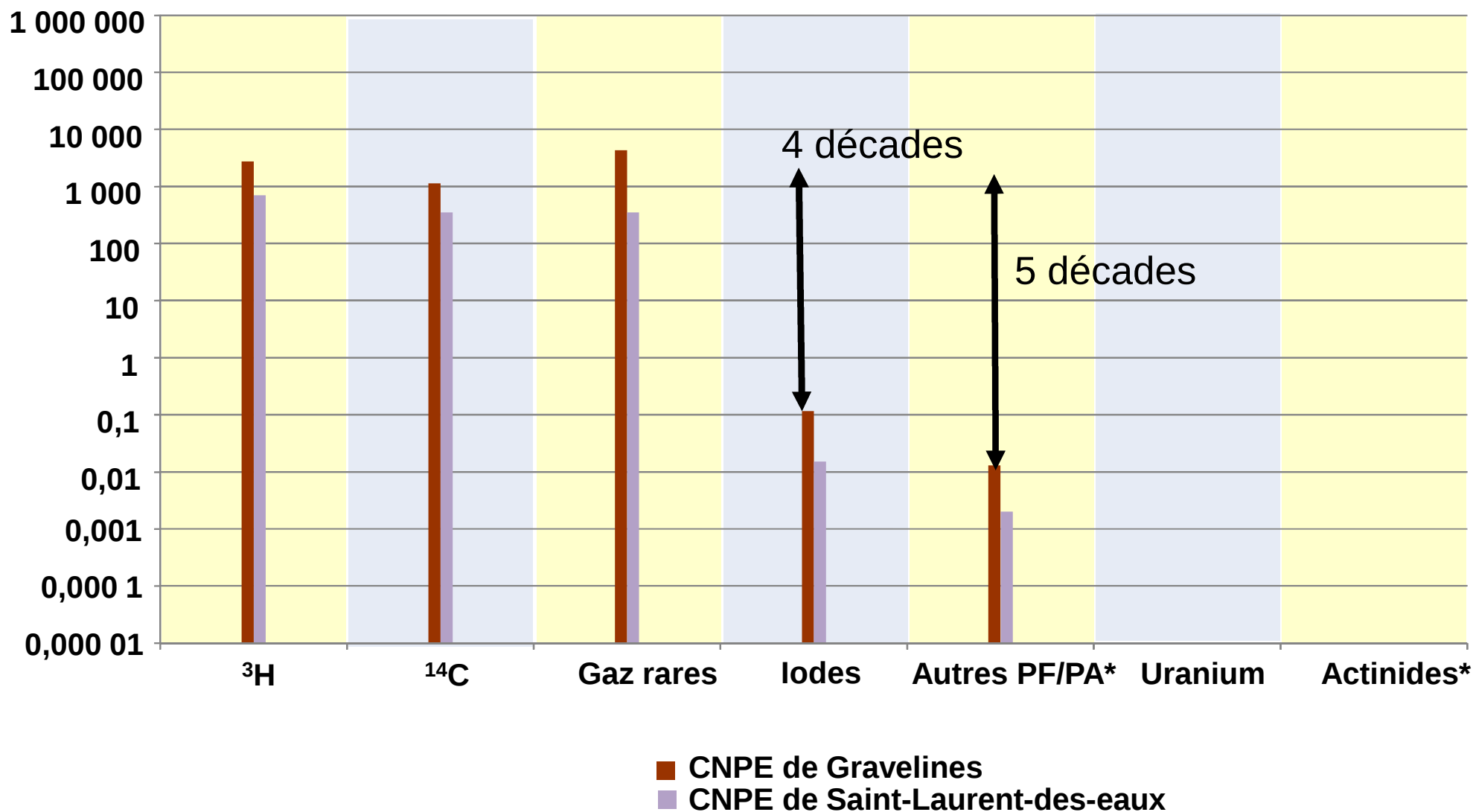
Les rejets atmosphériques des sites nucléaires français



*estimés le plus souvent sur la base de seuils de décision

Les rejets atmosphériques des sites nucléaires français

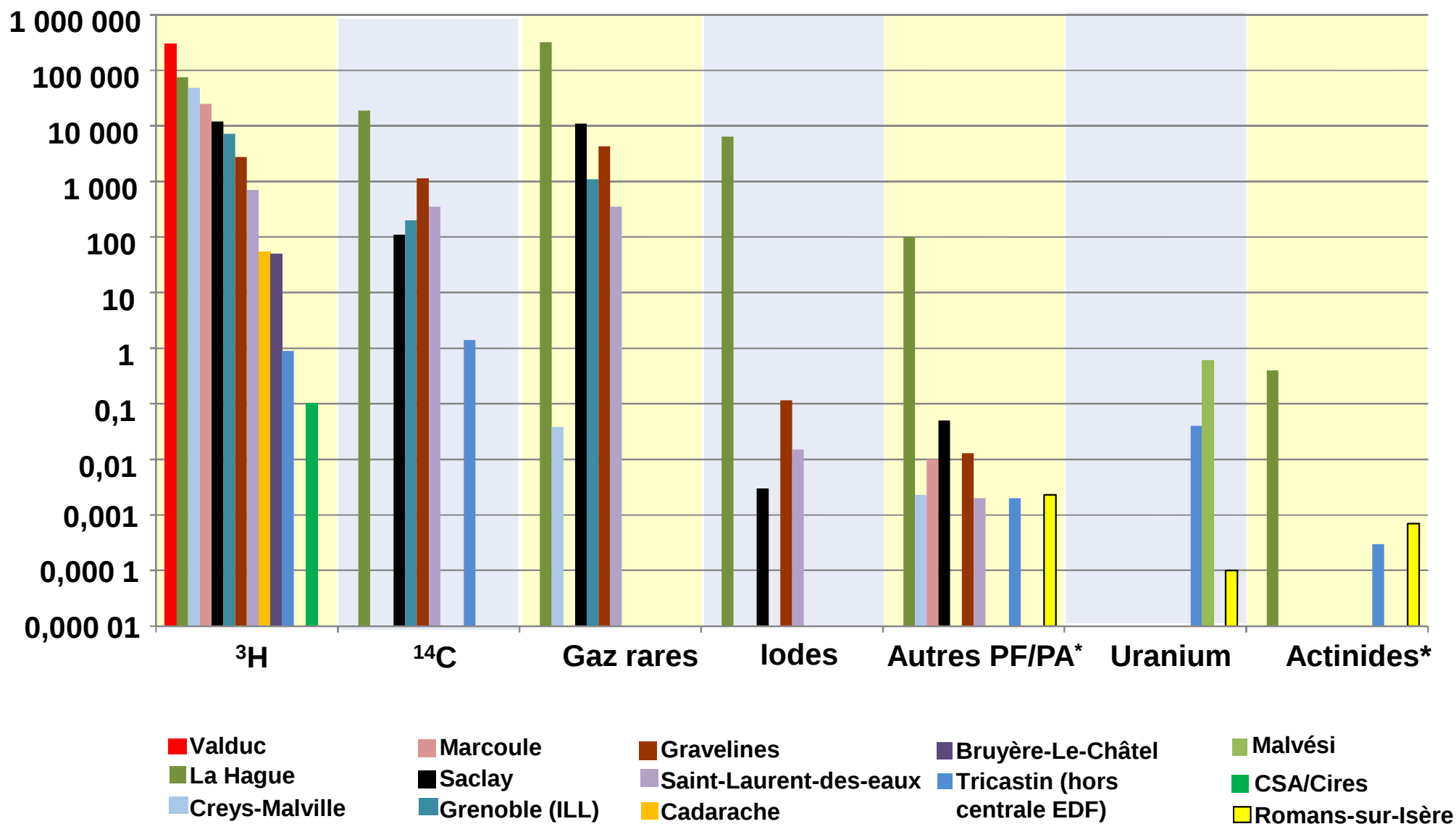
GBq en 2016



*estimés le plus souvent sur la base de seuils de décision

Les rejets atmosphériques des sites nucléaires français

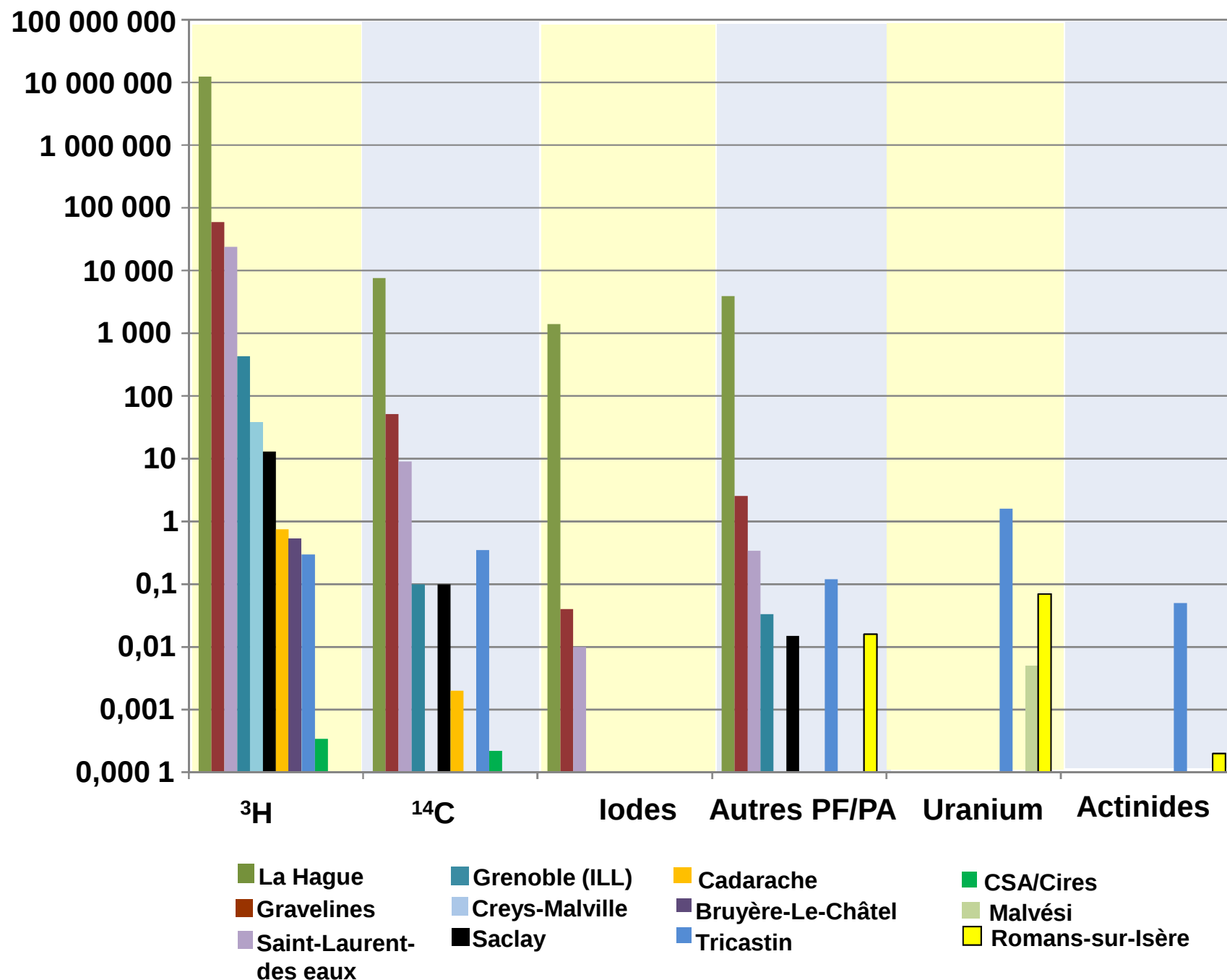
GBq en 2016



*estimés le plus souvent sur la base de seuils de décision

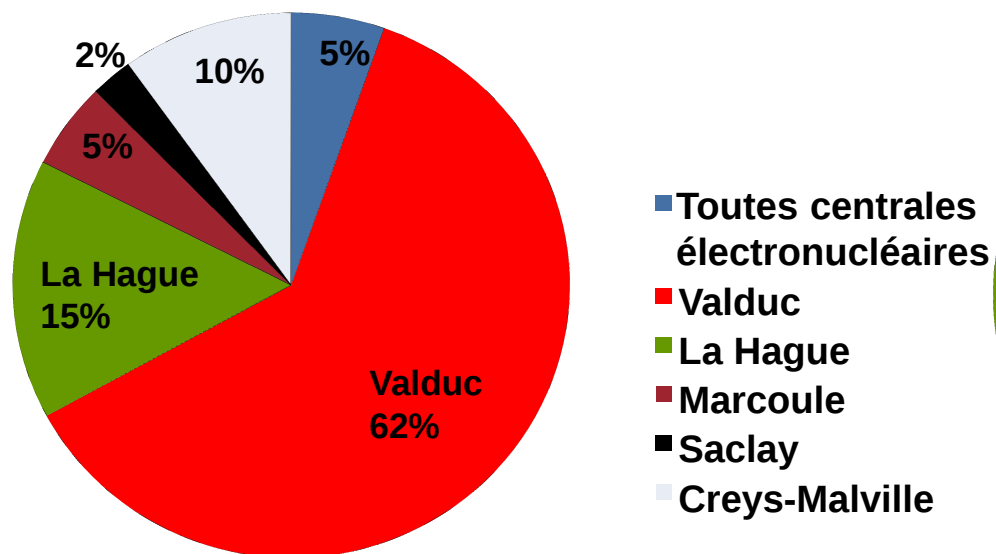
Les rejets d'effluents liquides des sites nucléaires français

GBq en 2016

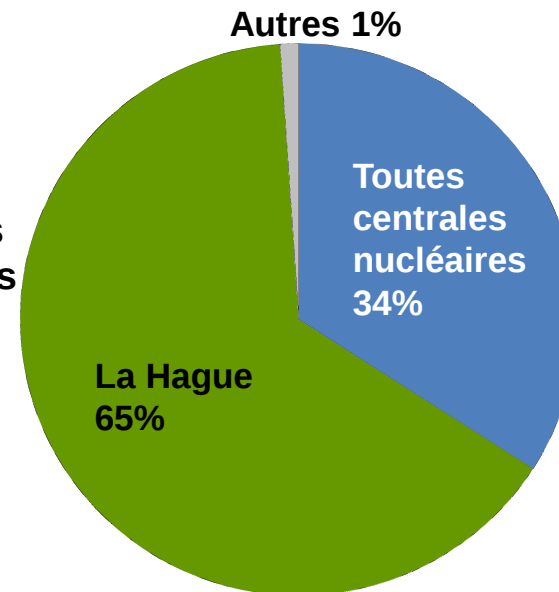


Rejets atmosphériques et liquides de tritium et de carbone 14 en France

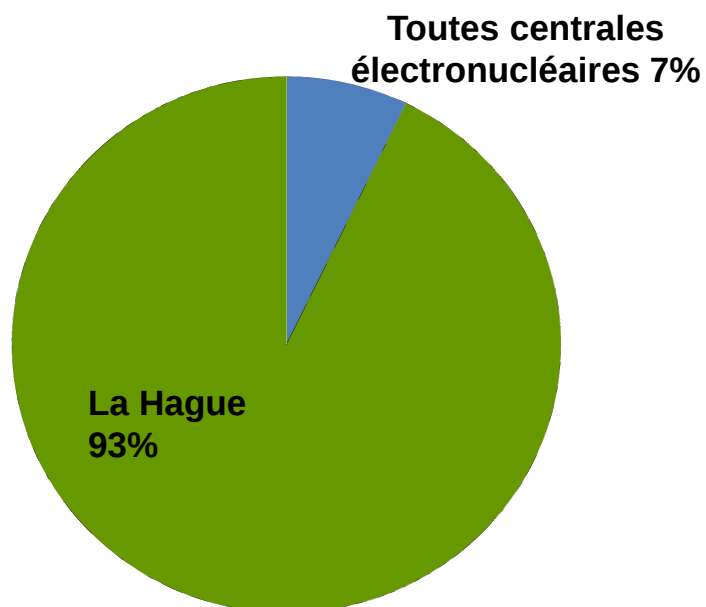
Rejets atmosphériques de ^3H : 490 TBq/an



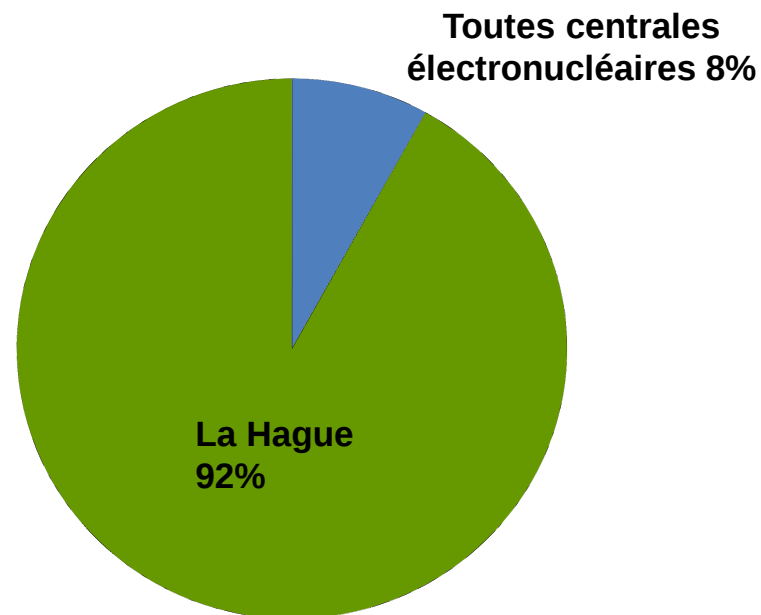
Rejets atmosphériques de ^{14}C : 29 TBq/an



Rejets liquides de ^3H : 13 000 TBq/an



Rejets liquides de ^{14}C : 8,3 TBq/an





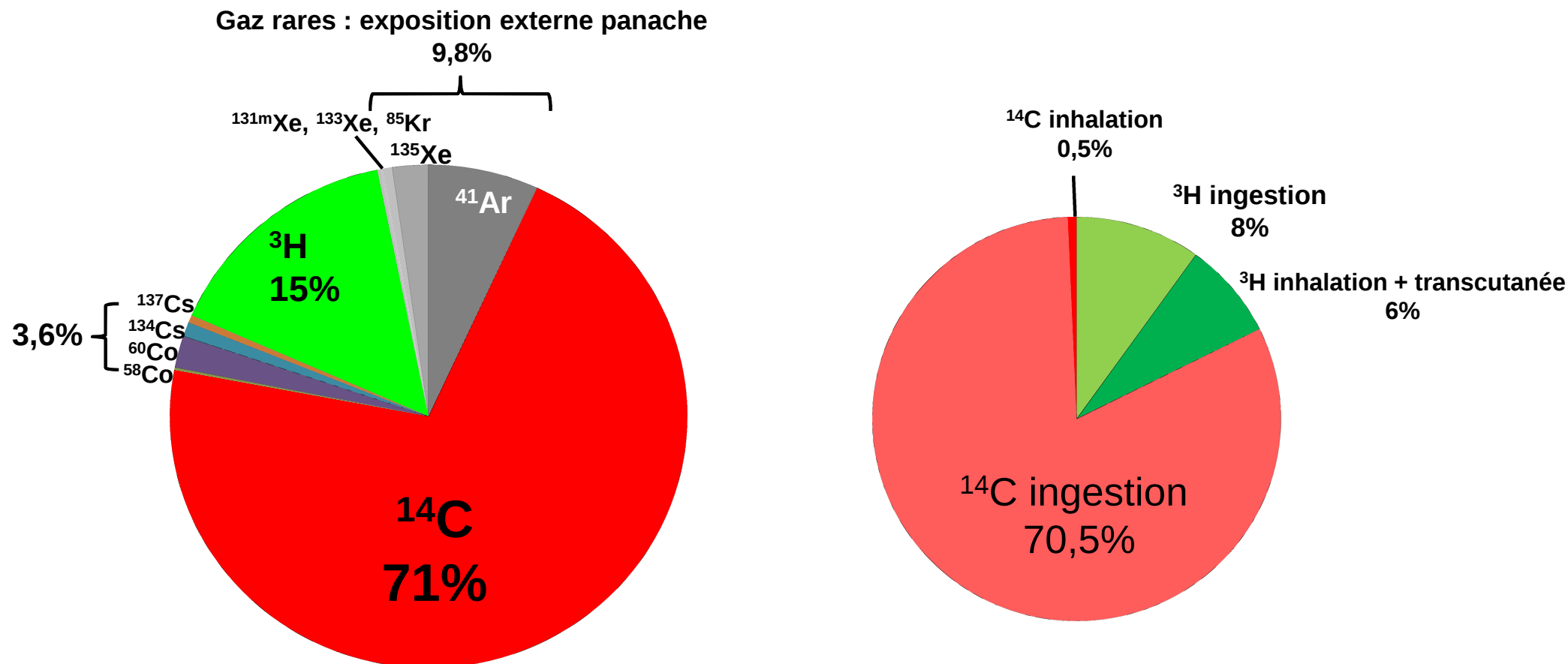
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Quels sont les radionucléides qui sont les principaux contributeurs aux expositions de la population ?

Cas des rejets atmosphériques des CNPE

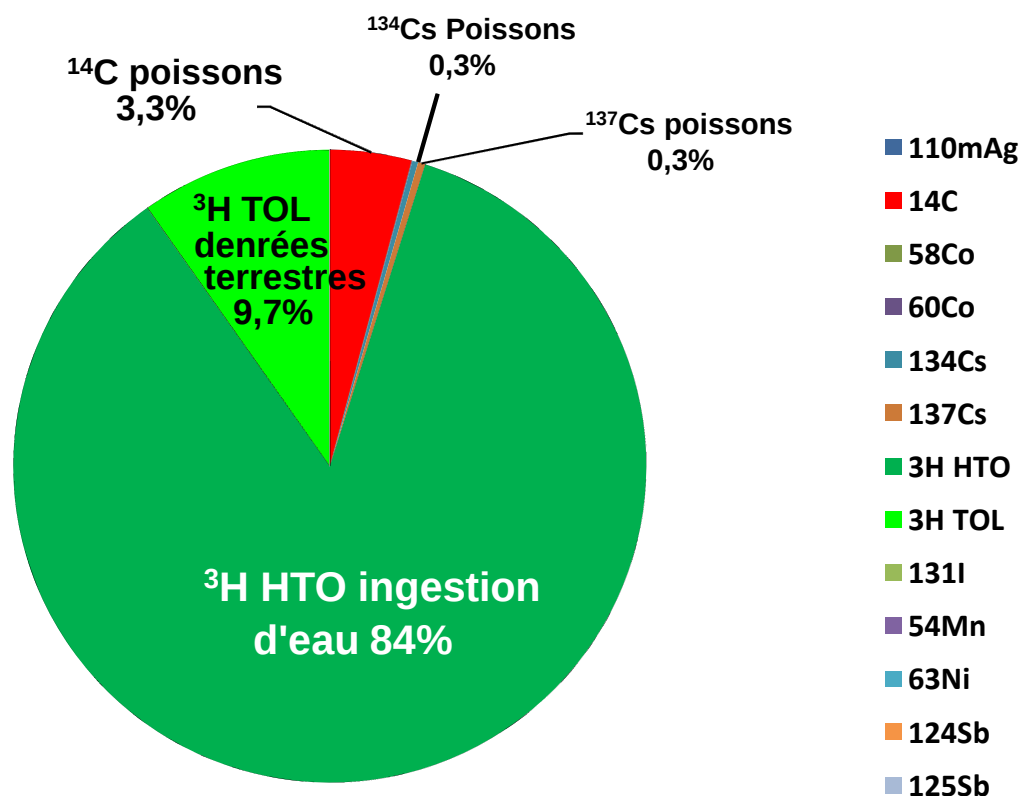
Contributions à la dose efficace liée au rejets atmosphériques
du CNPE de Cruas (estimations EDF par calculs sur la base des rejets de 2016)



Quels radionucléides contribuent aux expositions des populations ?

Cas des effluents liquides des CNPE

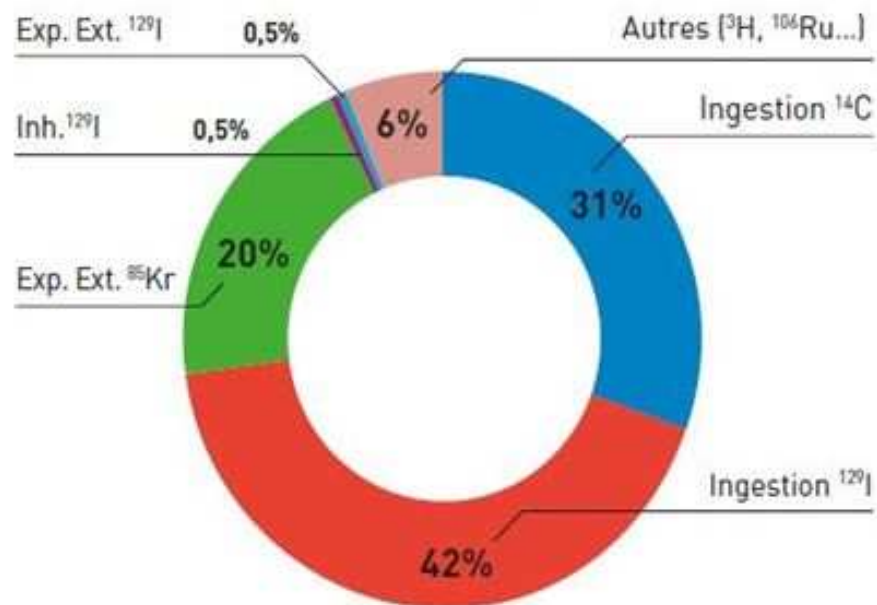
Contributions à la dose efficace par ingestion de denrées liée au rejets liquides du CNPE de Cattenom
(estimations EDF par calcul sur la base des rejets de 2016)



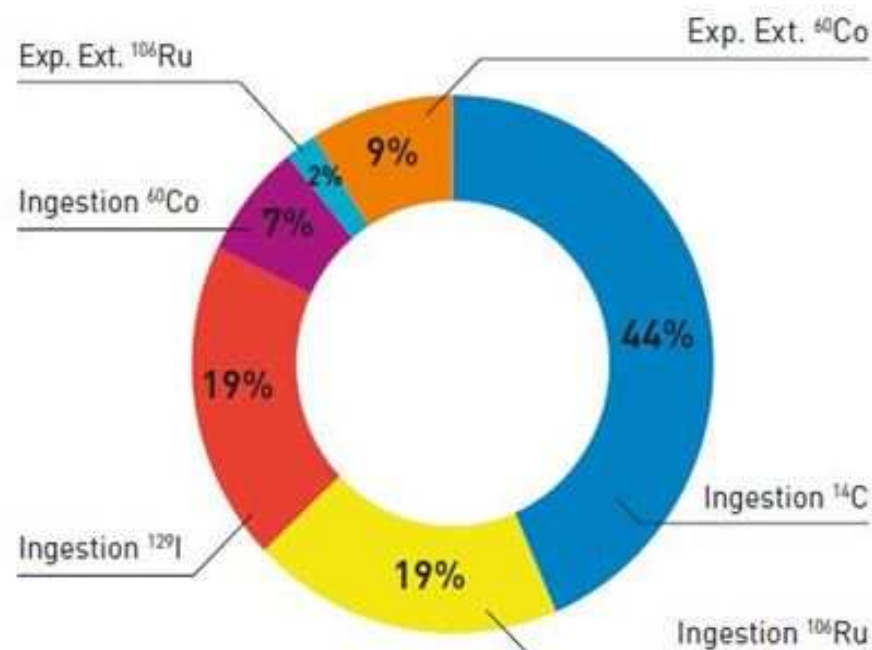
Quels radionucléides contribuent aux expositions des populations ?

Cas de La Hague (estimations GRNC)

**Agriculteur au lieu-dit « Pont Durand »
(commune de Digulleville) :**



Pêcheur des Huquets :



* Les contributions mineures ne sont pas représentées dans les expositions des pêcheurs.

Le tritium contribue à l'essentiel des doses efficaces estimées par calculs sur la base des activités rejetées, pour les populations riveraines des sites de Valduc (>90%), Grenoble ILL, Creys-Malville et Bruyères-le-Châtel

L'uranium contribue à l'essentiel des doses estimées par calculs sur la base des activités rejetées pour les populations riveraines des sites de Malvési, Romans-sur-Isère et Tricastin

Le tritium et le carbone 14 contribuent à l'essentiel des doses estimées par calculs sur la base des activités rejetées pour les autres sites

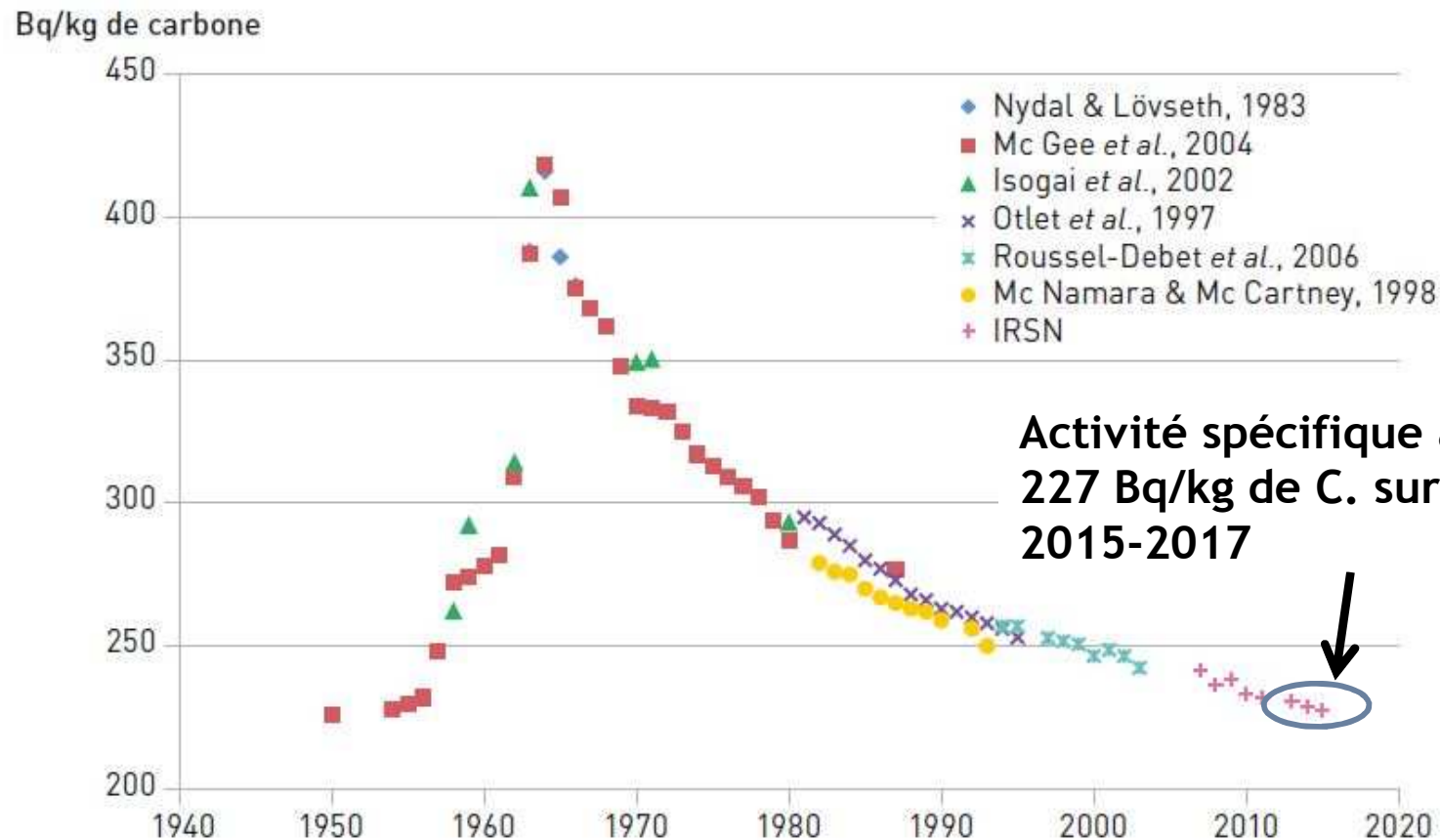


INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Comment déduit-on le « bruit de fond »
aux résultats de mesure pour calculer des
doses « ajoutées » du fait des rejets ?

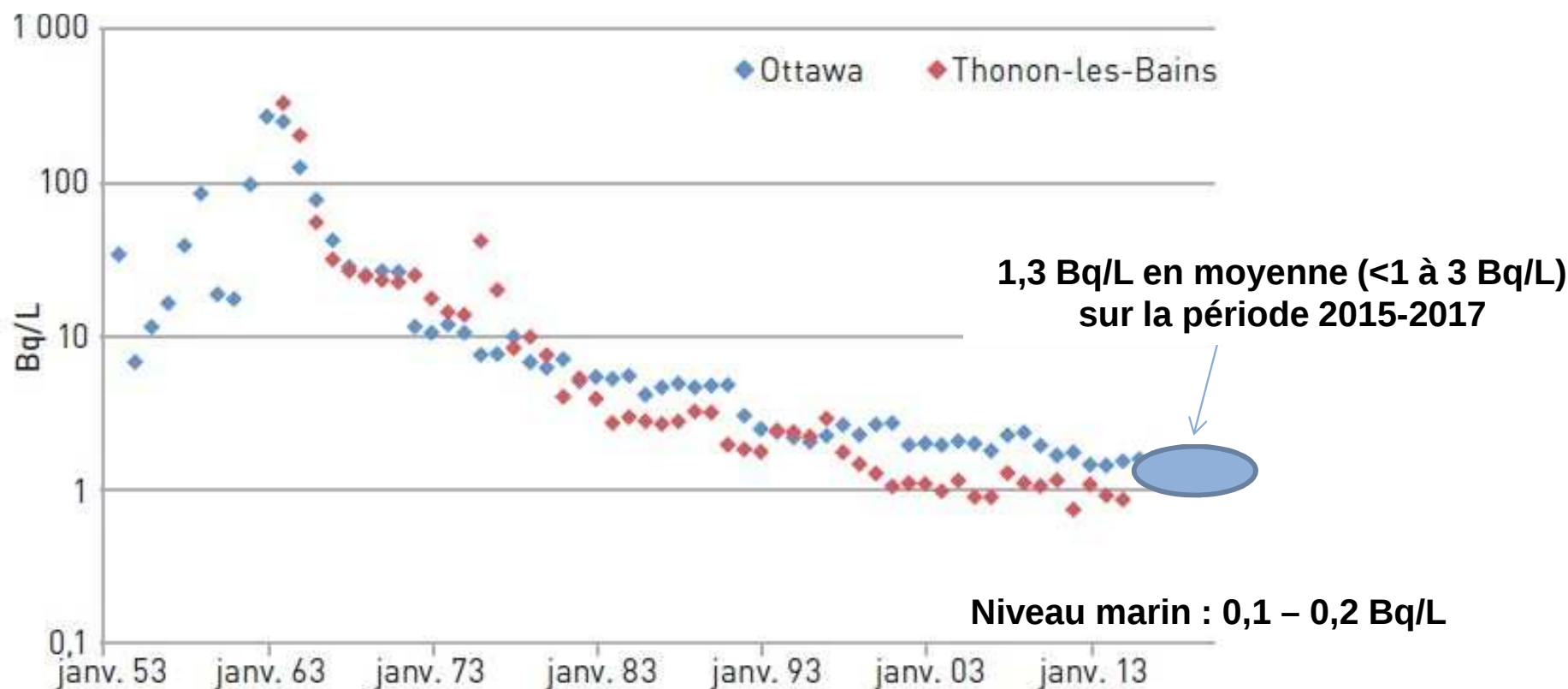
L'activité du « bruit de fond » du carbone 14 dans l'environnement, naturelle et rémanente des retombées des essais d'armes nucléaires, est connue de manière assez précise au travers de l'activité spécifique : Bq/kg de carbone-élément



Cas particulier du milieu
aquatique continentale :
219 Bq/kg de C.

Les activités massiques ou volumiques dans les différentes composantes de l'environnement en sont déduites au moyen de leur teneur en carbone

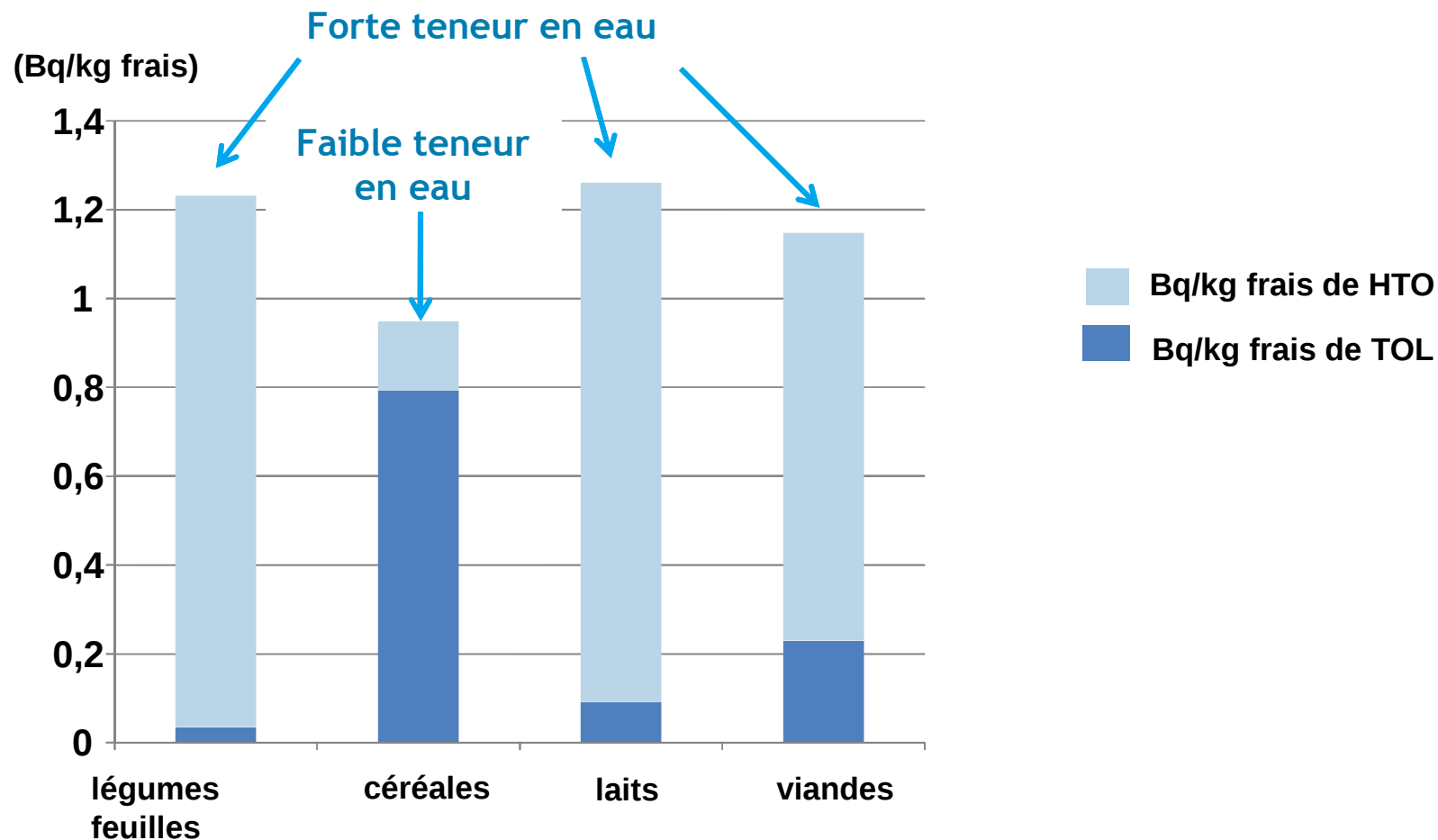
L'activité du « bruit de fond » du tritium dans l'environnement, naturelle et rémanente des retombées des essais d'armes nucléaires, est connue au travers de l'activité volumique du tritium atmosphérique : Bq/L de vapeur d'eau ou d'eau de pluie



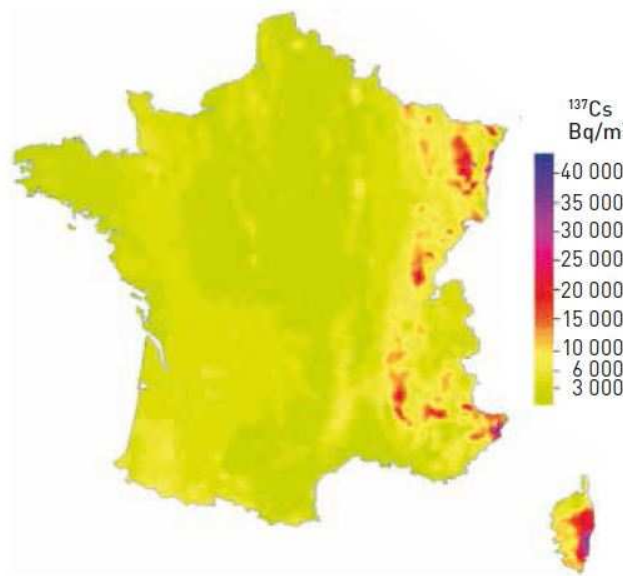
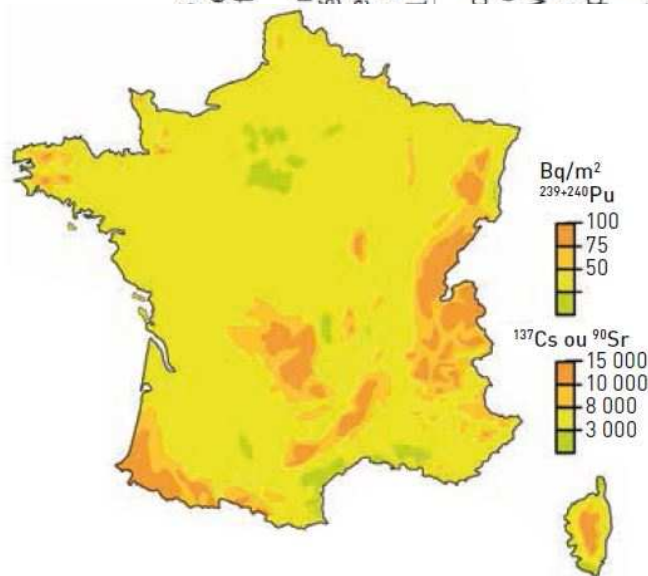
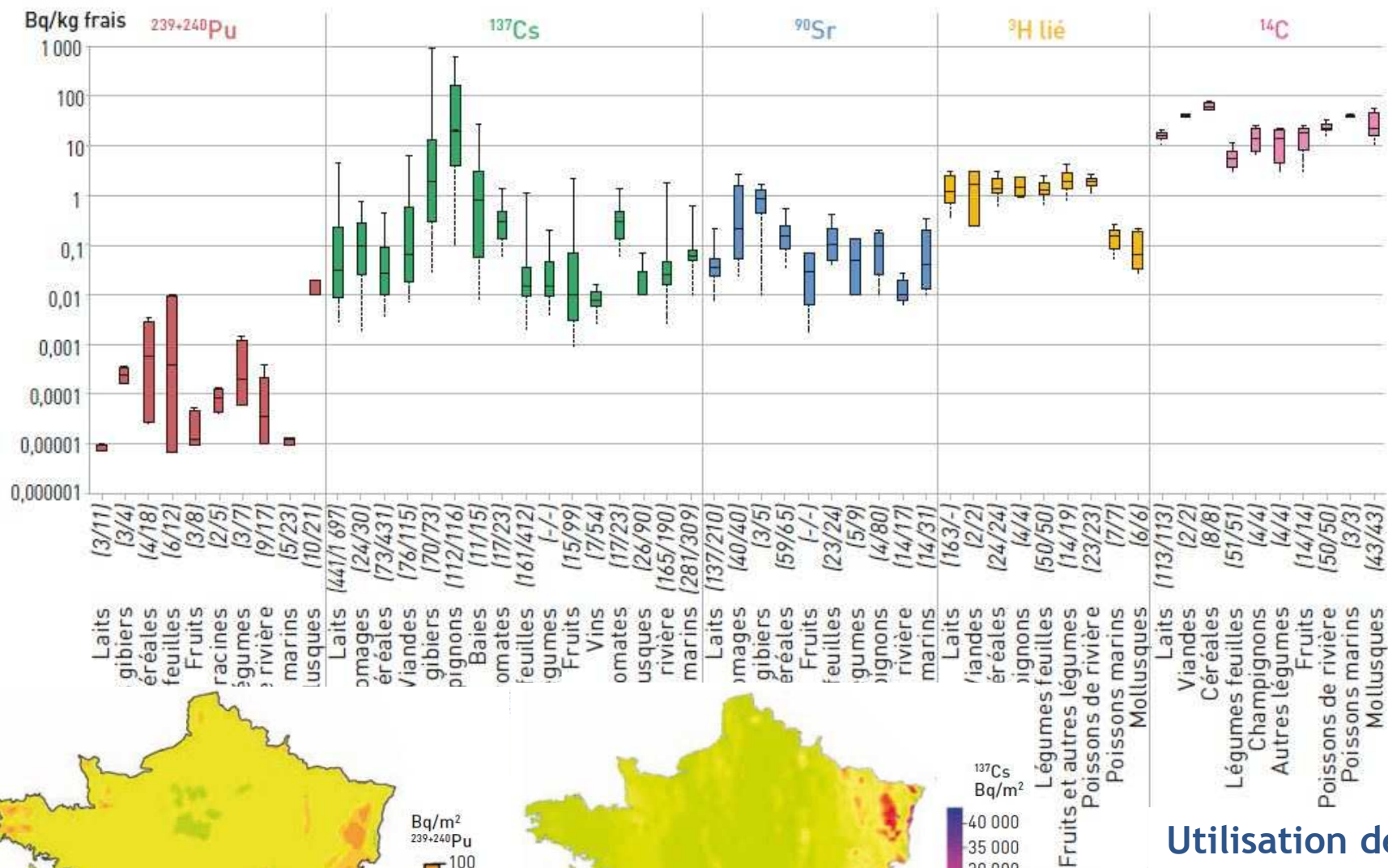
Les activités massiques ou volumiques dans les différentes composantes de l'environnement en sont déduites au moyen de la teneur en eau, de la matière organique fraîche d'une part et de la matière organique sèche d'autre part

Activités massiques et volumiques correspondant au BdF du tritium dans les denrées en 2015-2017

Activité totale du tritium = Activité HTO + Activité TOL



Bruit de fond en ^{137}Cs , ^{90}Sr et actinides



Utilisation des rapports d'activités isotopiques

$$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu} \approx 0,03$$

$$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu} \approx 0,5$$

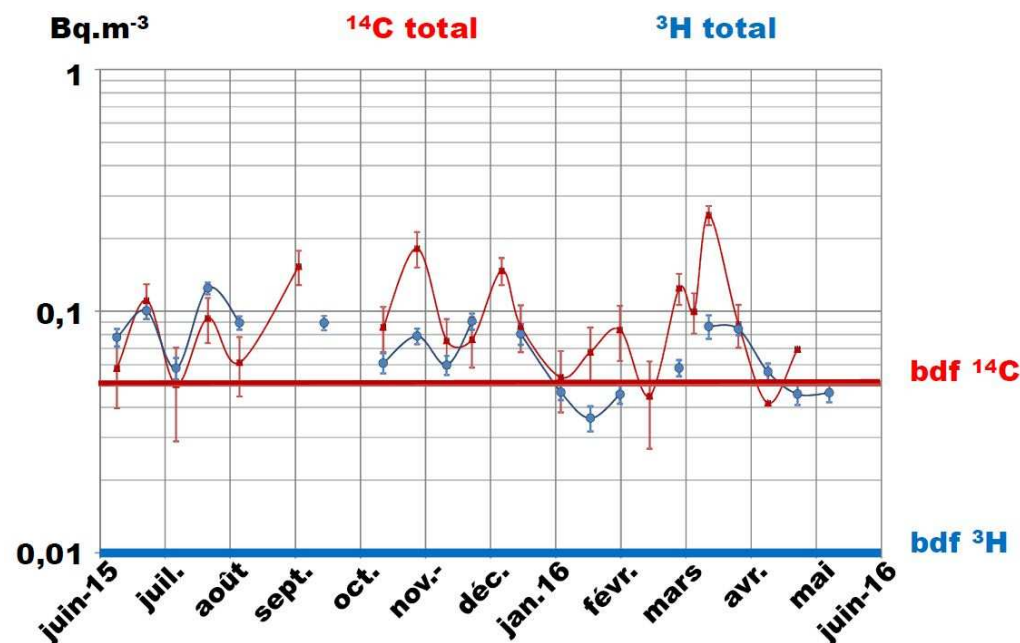
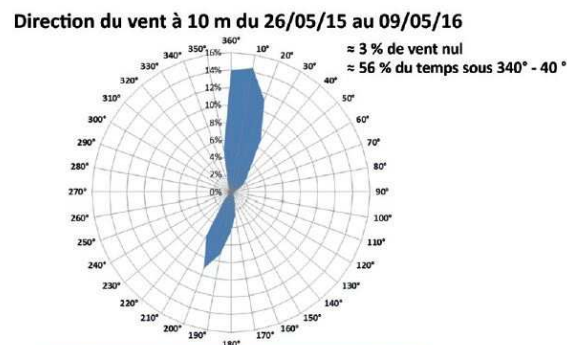


INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Quel impact des rejets radioactifs des CNPE ?

Résultats d'une étude menée de juin 2015 à mai 2016 à la station AS1 de Cruas



Activité ^3H total (HTO + HT) = 7 fois supérieur au BdF (86 % de HTO)

Activité ^{14}C total (CO_2 + CH_4) = 2 fois supérieur au BdF (activité ajoutée : 64% de CH_4 et 36% de CO_2)

Dose efficace pour un adulte ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)

Estimation BR à la station AS1

^3H : 0,007 (inhalation + transcutanée)

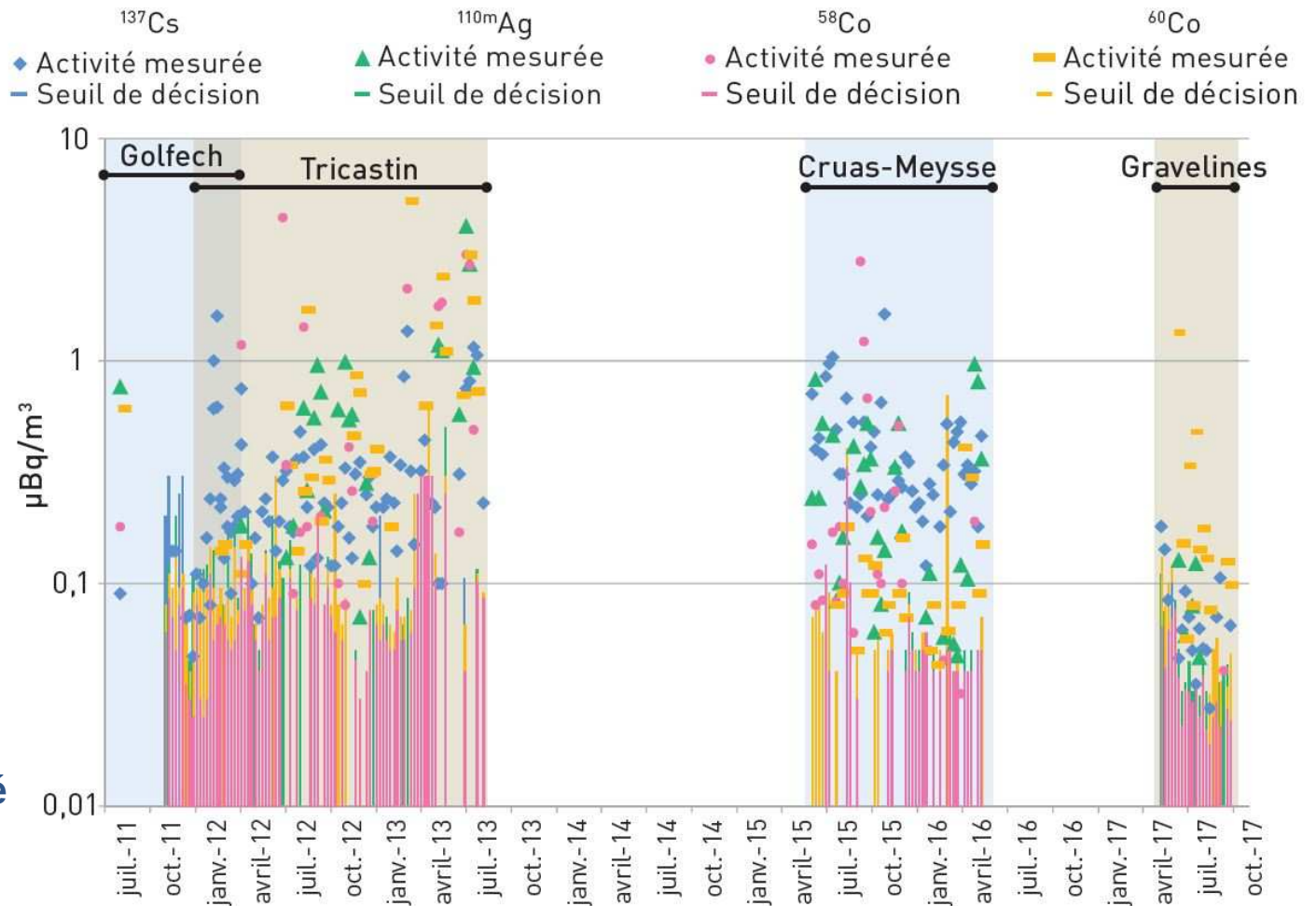
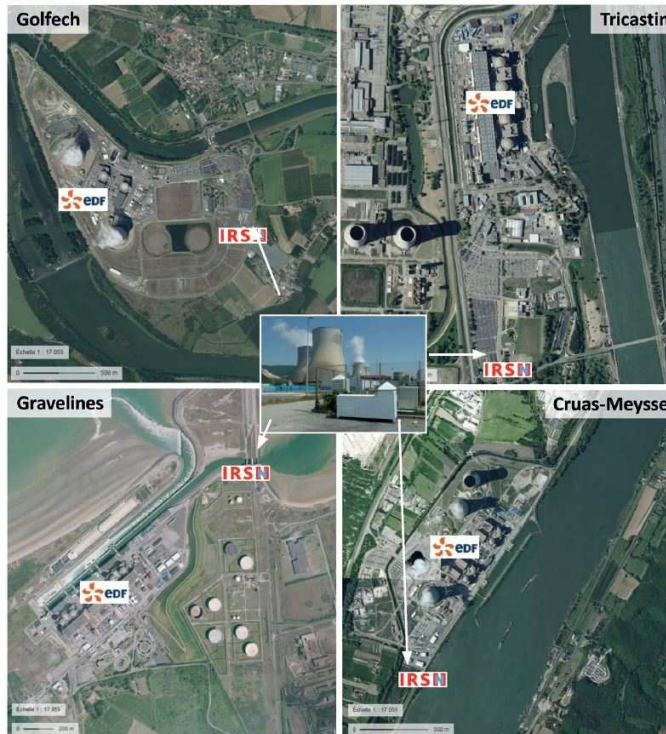
^{14}C : 0,001 (inhalation)

Estimation EdF à Savasse
(groupe de réf. à 4km)

0,003

0,0002

Résultats des campagnes Golfech (2011-2012), Tricastin (2012-2013), Cruas (2015-2016) et Gravelines (2017-2018)

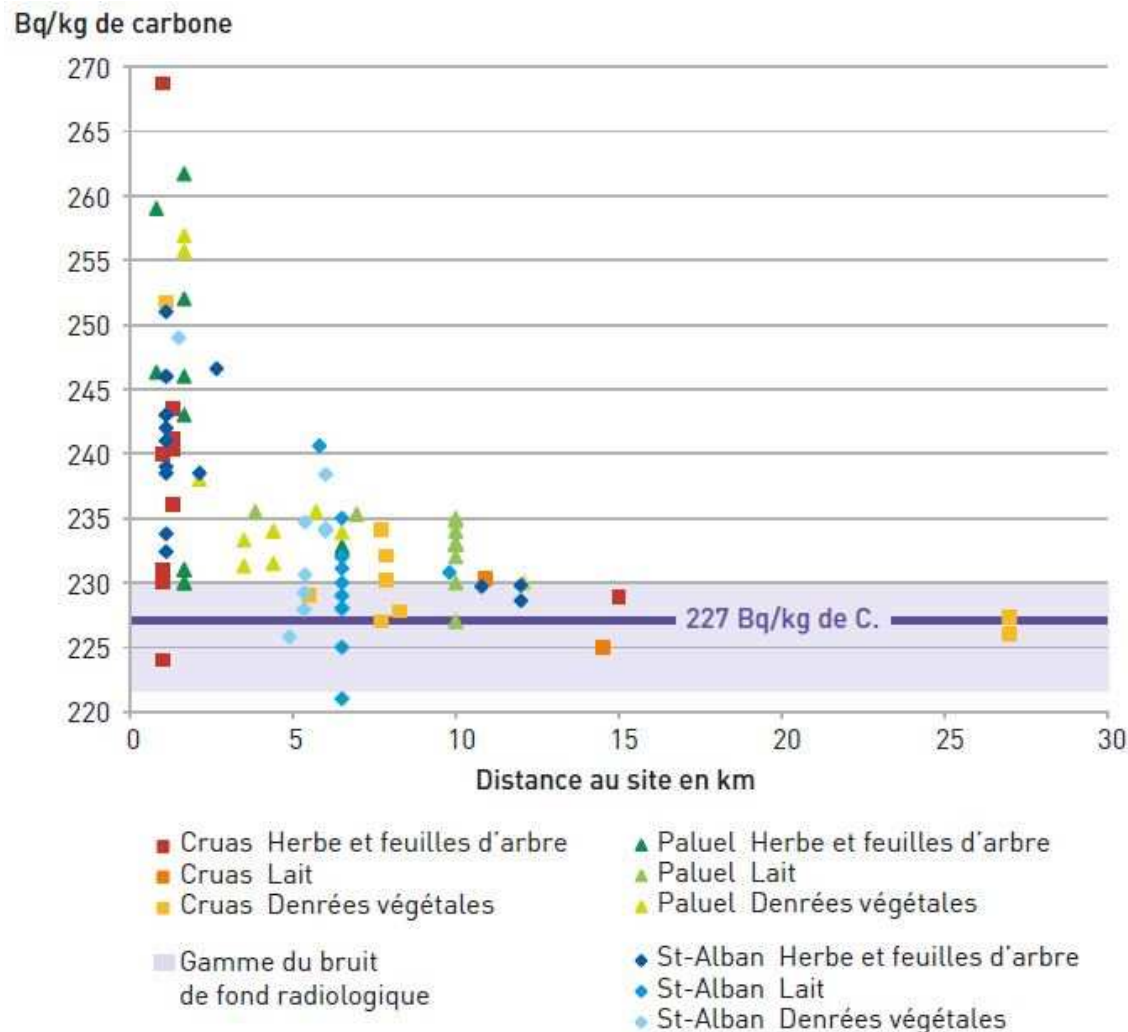


^{54}Mn , ^{95}Zr , ^{57}Co , ^{51}Cr et ^{124}Sb ont été très ponctuellement mesurés à des niveaux similaires à Tricastin

Doses estimées (BR ou EDF) négligeables : de l'ordre de 10^{-5} $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (inhalation essentiellement)

CNPE : exposition par incorporation de ^{14}C liée à l'ingestion de denrées locales

Le marquage en ^{14}C des denrées alimentaires dû aux rejets atmosphériques d'un CNPE n'est pas discernable du bruit de fond en termes d'activité massique ; il l'est en termes d'activité spécifique



Activité spécifique de ^{14}C ajoutée
(sur la base de 348 résultats de mesures acquis sur la période 2014-2016 dans les 5 km autour des 19 CNPE) :

+11 Bq/kg de C. Soit : BDF+5%

Ce qui correspond à :

+0,3 Bq/kg frais pour une salade

+0,7 Bq/kg frais pour un fruit ou du lait

+2 Bq/kg frais pour de la viande de bœuf

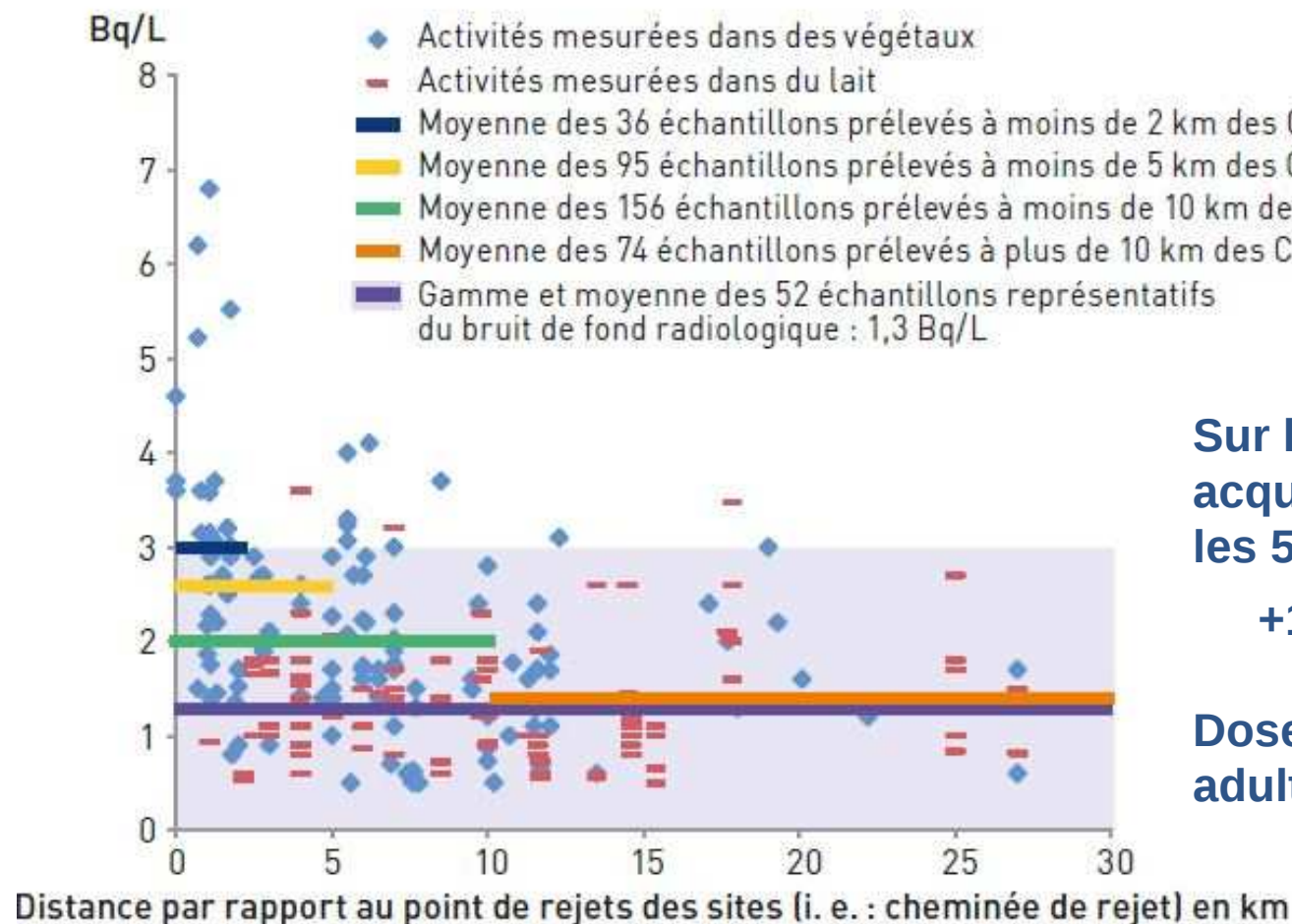
+4 Bq/kg frais pour des céréales

Dose par ingestion estimée pour un adulte : 0,075 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
(0,050 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ si denrées produites dans les 10 km)

Du même ordre que celles calculées par EdF par modélisation à partir des rejets de 2016 ;
exemples : 0,026 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour Cruas et 0,023 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour Gravelines

CNPE : exposition par incorporation de ^3H liée à l'ingestion de denrées locales

Le marquage en ^3H des denrées alimentaires dû aux rejets atmosphériques d'un CNPE est discernable du bruit de fond en termes d'activité volumique dans l'eau de combustion (activité en ^3H lié à la matière organique)



Sur la base de 95 résultats de mesures acquis sur la période 2014-2016 dans les 5 km autour des 19 CNPE :

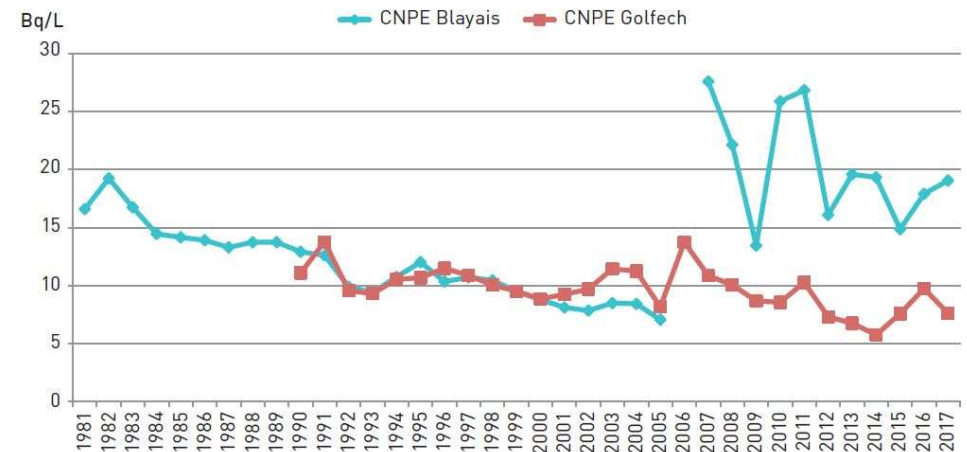
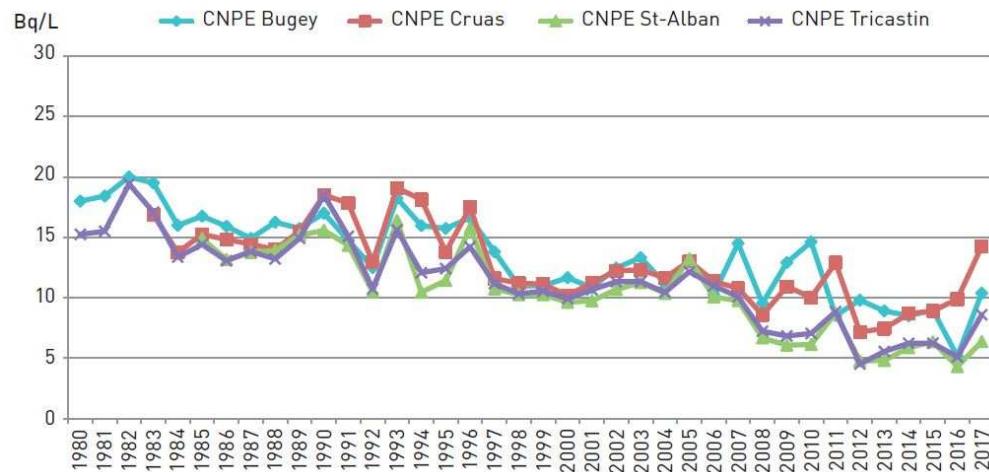
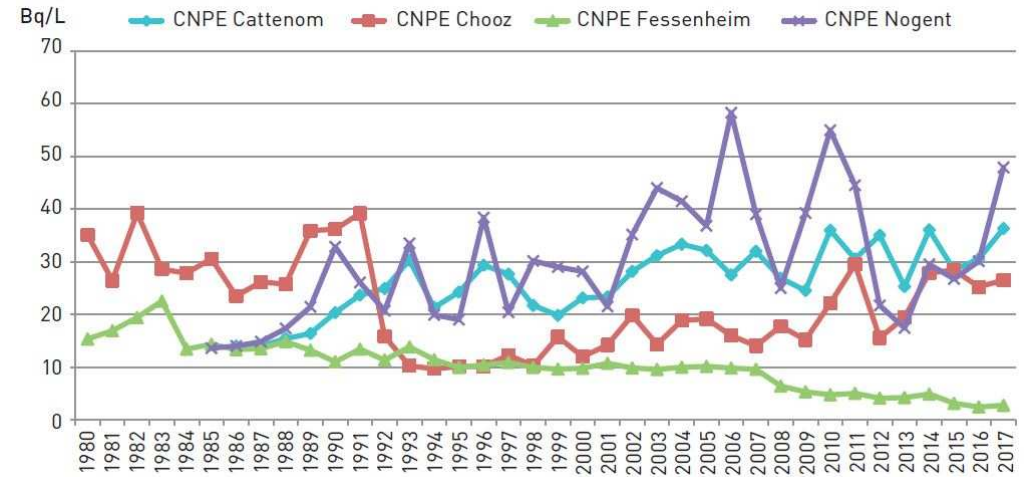
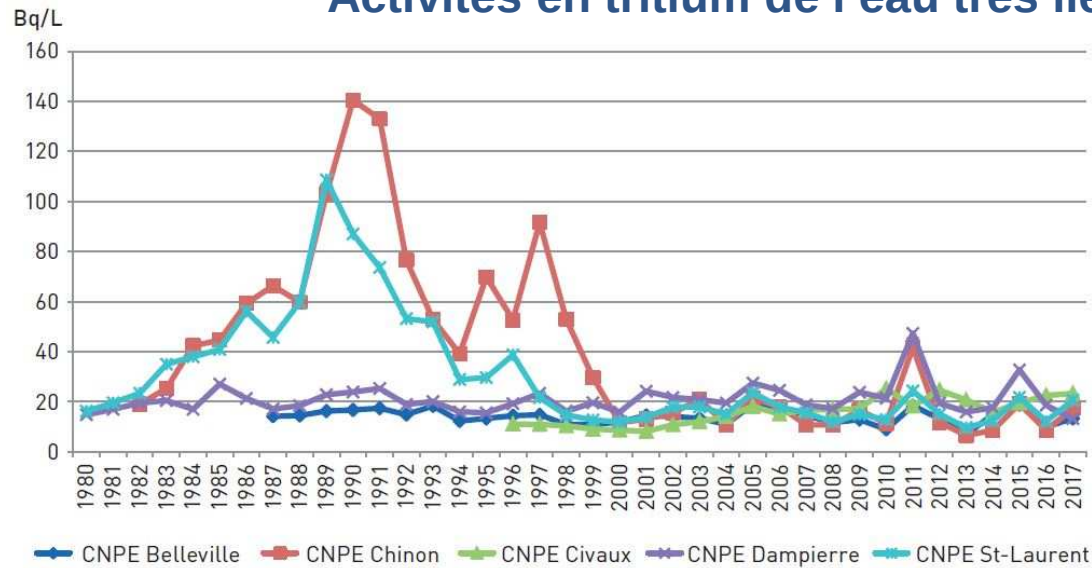
+1,3 Bq/L soit +100% du BdF

Dose par ingestion estimée pour un adulte : 0,003 $\mu\text{Sv}/\text{an}$

Quasiment égales à celles calculées par EdF par modélisation à partir des rejets de 2016 :
0,003 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour Cruas et 0,004 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour Gravelines

CNPE : exposition par incorporation de ^3H liée à l'ingestion d'eau du fleuve

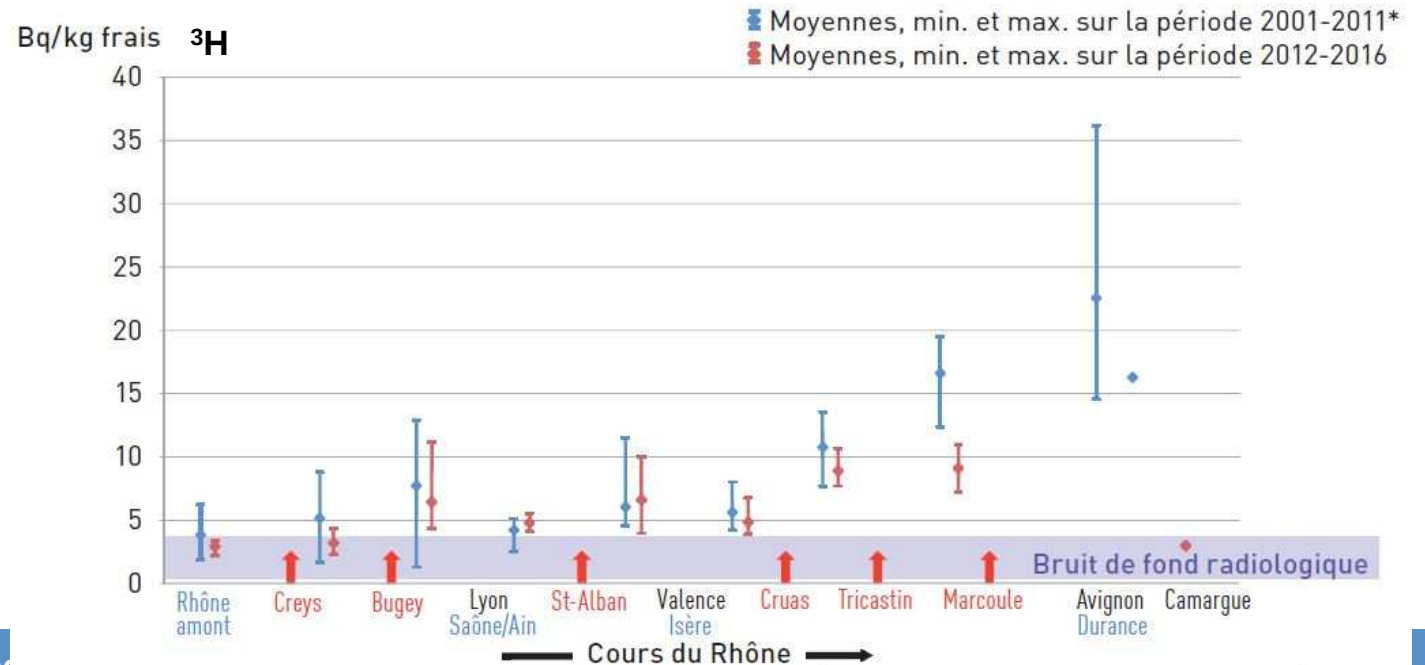
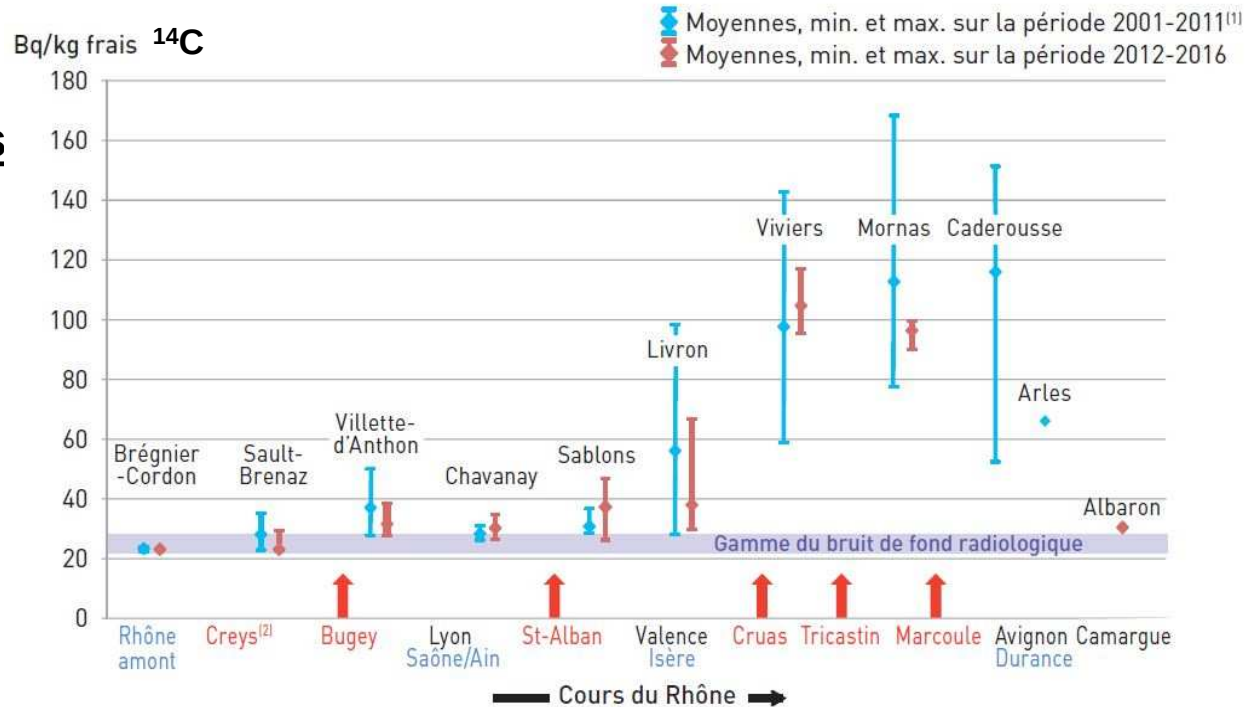
Activités en tritium de l'eau très liées au débit du fleuve



Doses efficaces estimées pour une consommation de 2L/j par un adulte :
BR : 0,04 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (aval Fessenheim) à 0,4 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (aval Cattenom)

CNPE : exposition par incorporation de ^3H et ^{14}C liée à l'ingestion de poissons fluviaux

Activités ^3H et ^{14}C des poissons au fil du Rhône

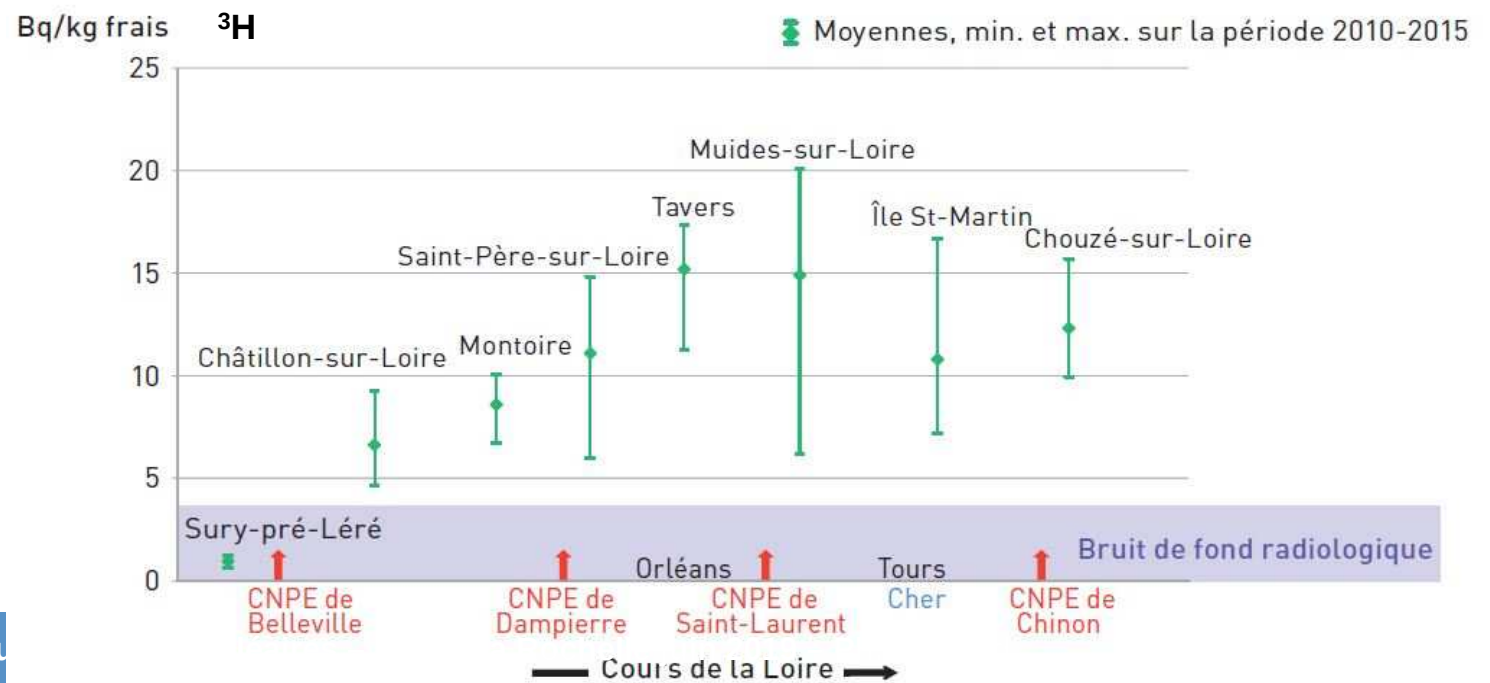
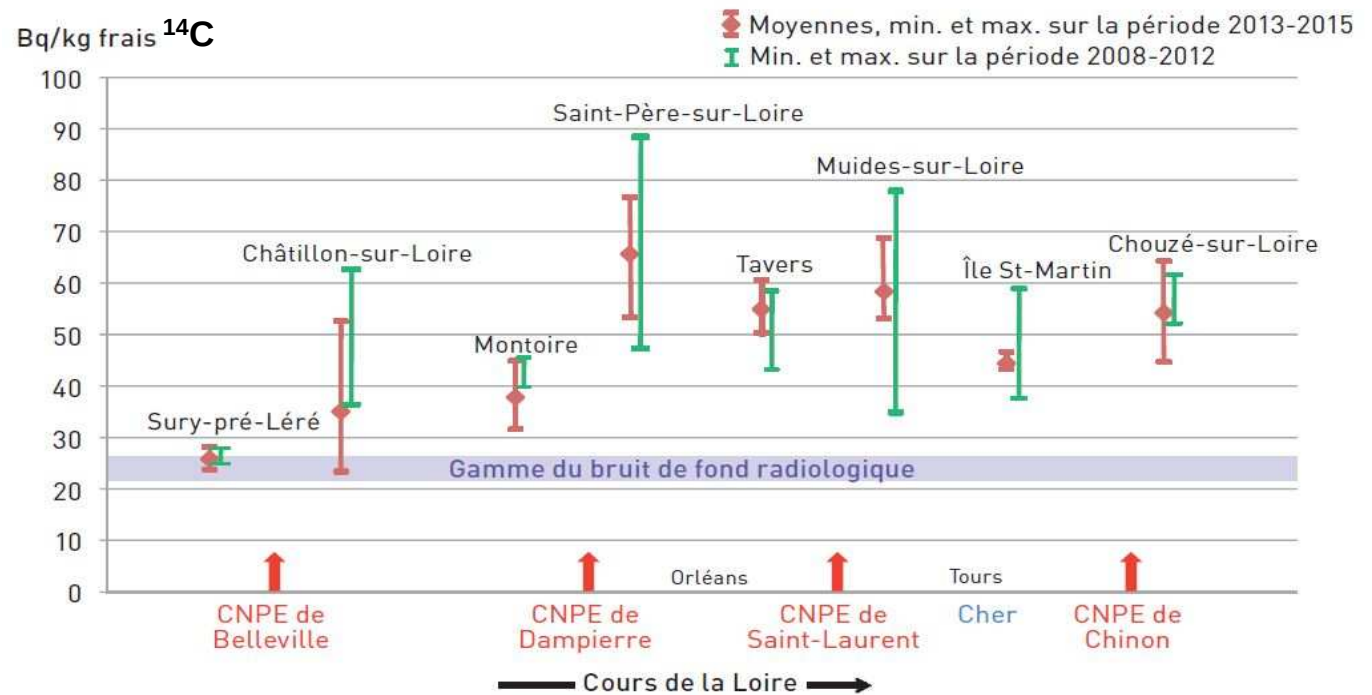


Exposition de la population liée aux ac

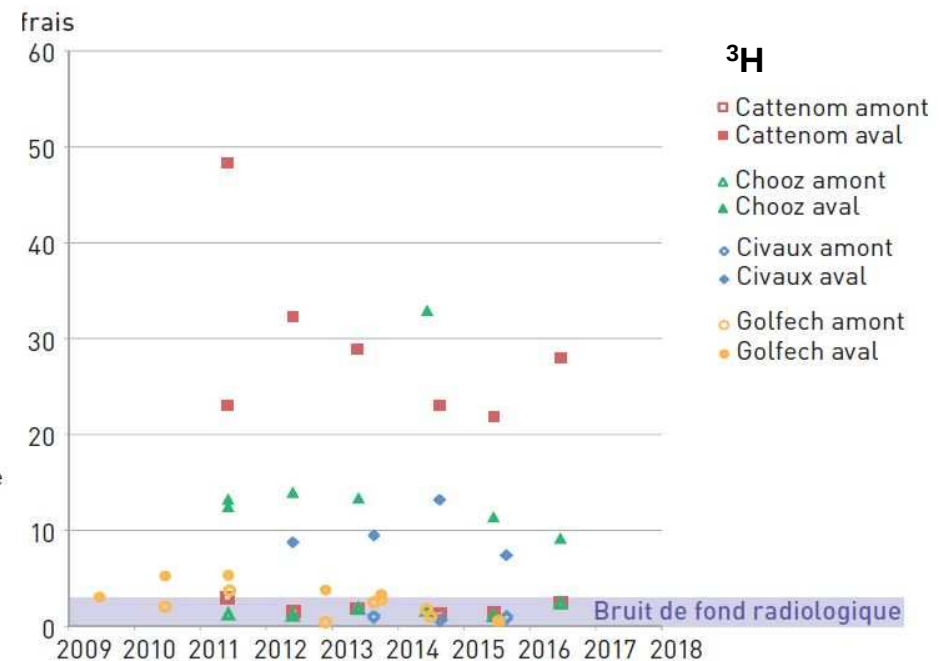
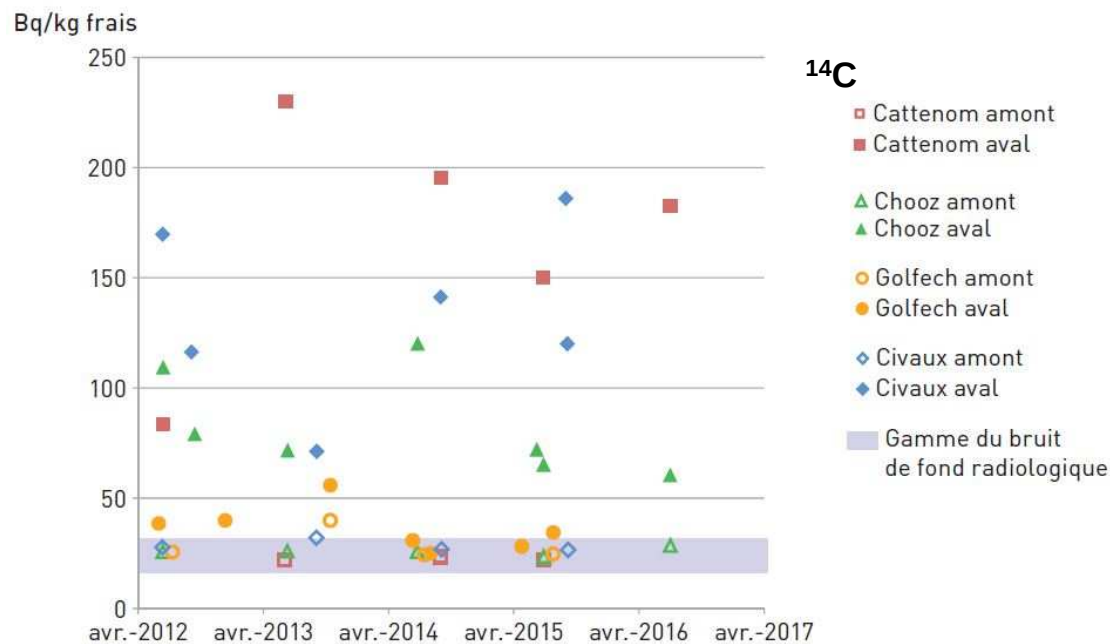
* Avant 2009, les données ne portent que sur certaines années (bilans décennaux et études spécifiques)

CNPE : exposition par incorporation de ^3H et ^{14}C liée à l'ingestion de poissons fluviaux

Activités ^3H et ^{14}C des poissons au fil de la Loire



CNPE : exposition par incorporation de ^3H et ^{14}C liée à l'ingestion de poissons fluviaux



Rapport activité ^3H Poisson/eau ≈ 1

Doses efficaces estimées pour un adulte pêchant en aval de Cattenom :

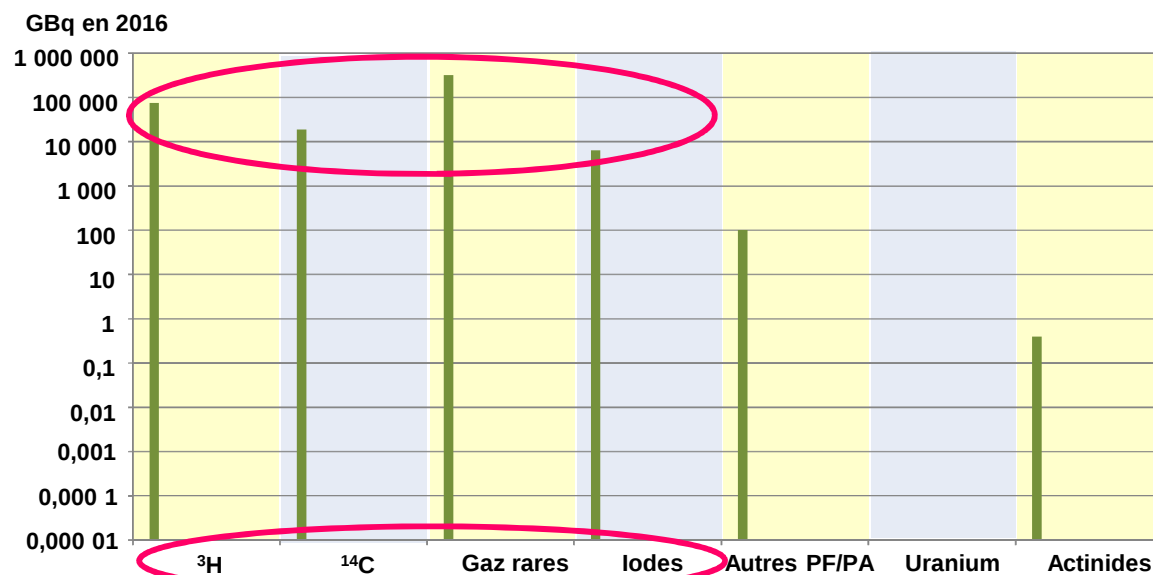
BR : 0,4 $\mu\text{Sv}/\text{an}$

EdF : 0,2 $\mu\text{Sv}/\text{an}$

(consommation locale 5,3 kg/an)

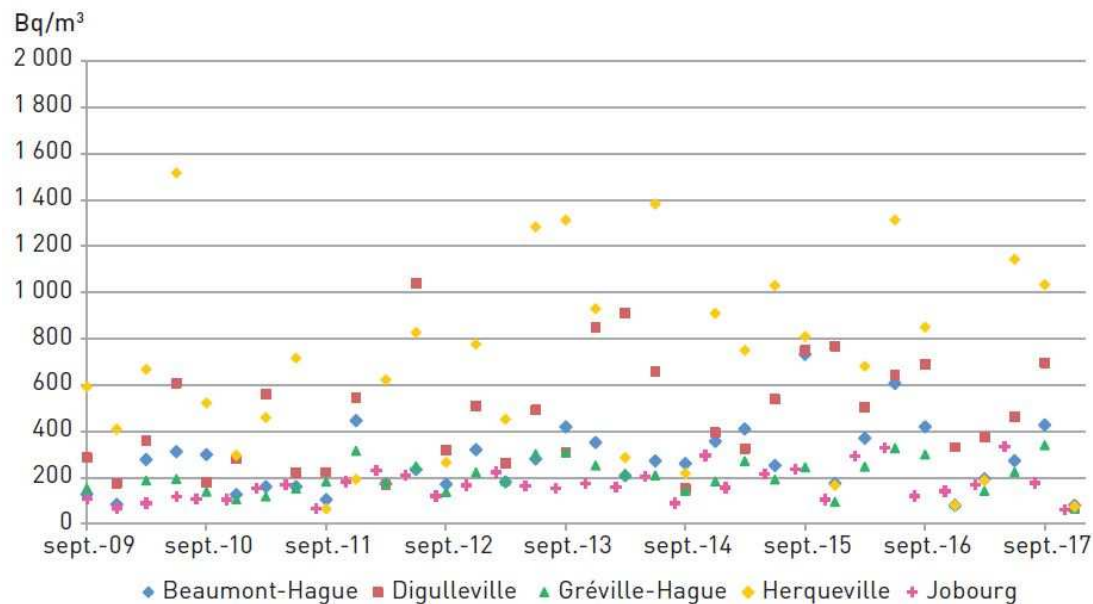
(consommation locale de 2,5 kg/an)

Quel impact des rejets radioactifs du site de La Hague ?

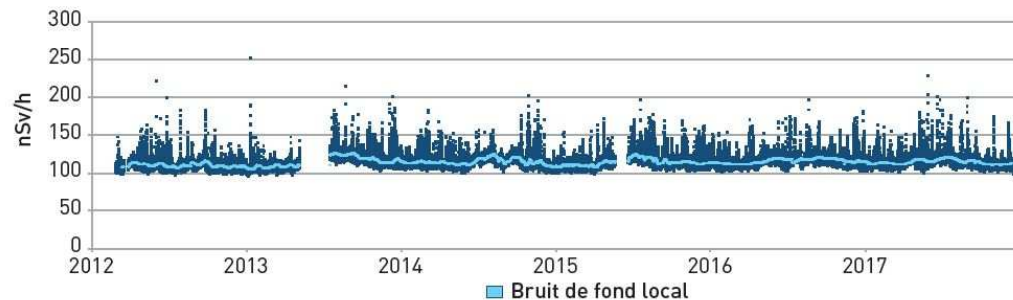


Quelle exposition liée aux rejets de ^{85}Kr ?

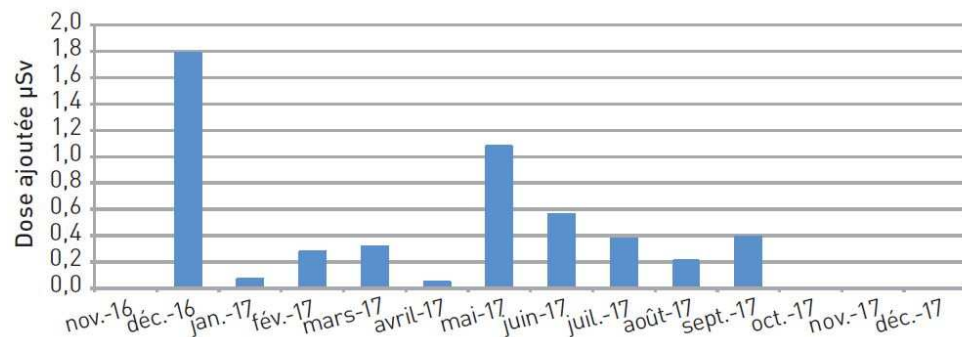
Moyenne trimestrielle des mesures mensuelles de ^{85}Kr dans l'air



Augmentations du débit de dose dans l'air liées aux « bouffées de ^{85}Kr »



Doses mensuelles ajoutées liées au « bouffées de ^{85}Kr »

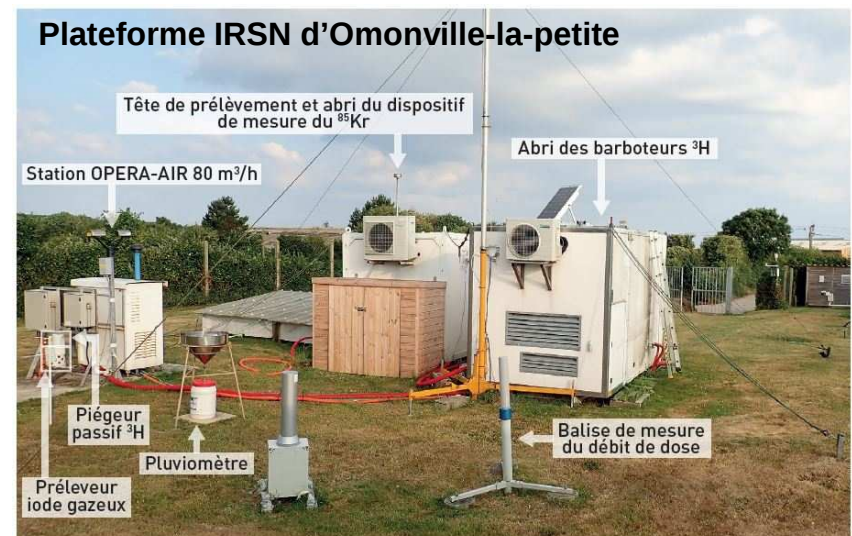


Les « bouffées » de ^{85}Kr atteignent régulièrement quelques 10^5 Bq/m³, voire 10^6 Bq/m³

induisant des augmentations du débit de dose

La dose efficace externe correspondante pour les populations est estimées :

- entre 1,6 et 5,4 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ sur la base des activités volumiques (BR)
- à 3,3 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ sur la base des mesures de Débit de dose à Omonville
- entre 1,2 et 8,1 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ par Orano



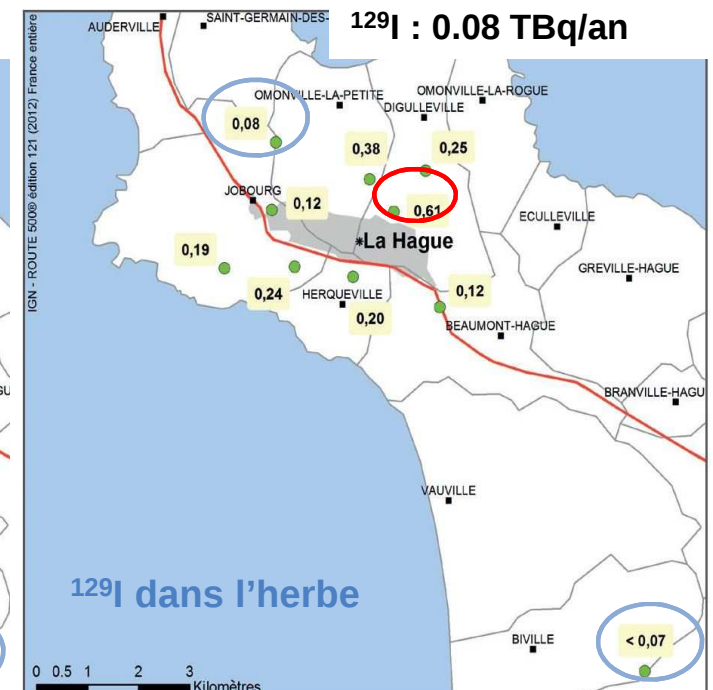
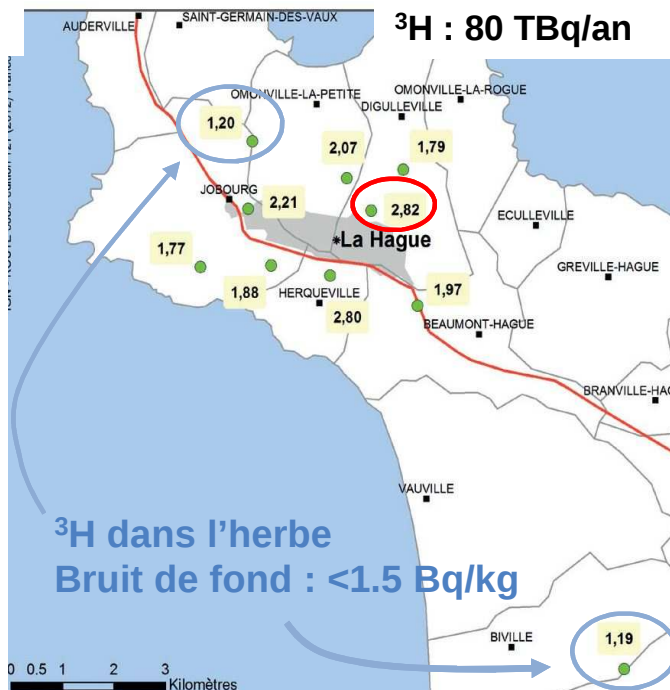
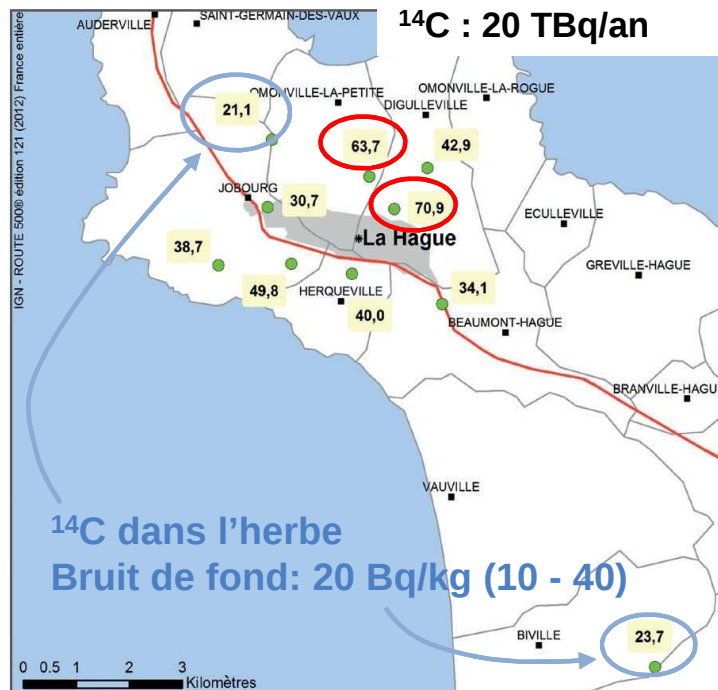
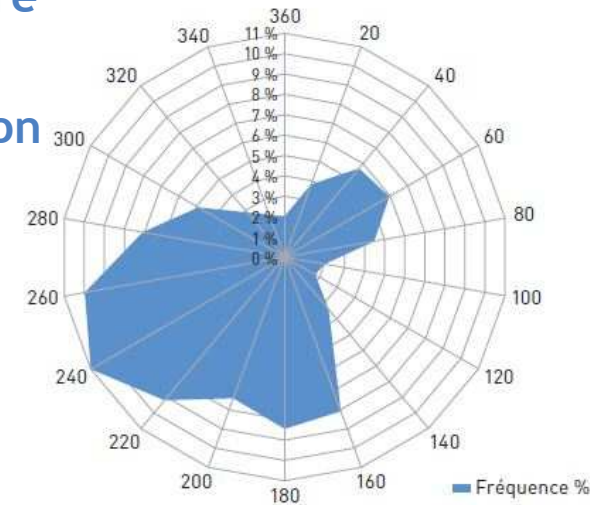
Zone influencée par les rejets atmosphériques de ^3H , ^{14}C et ^{129}I de La Hague

Les rejets de ^{14}C and ^3H de La Hague sont respectivement de l'ordre de 150 à 200 fois plus élevés que ceux d'un réacteur de 900 Mwe.

Cependant, l'influence de tels rejets n'est visible que dans un rayon de quelques km autour du site (jusqu'à 2 à 3 fois le bdf).

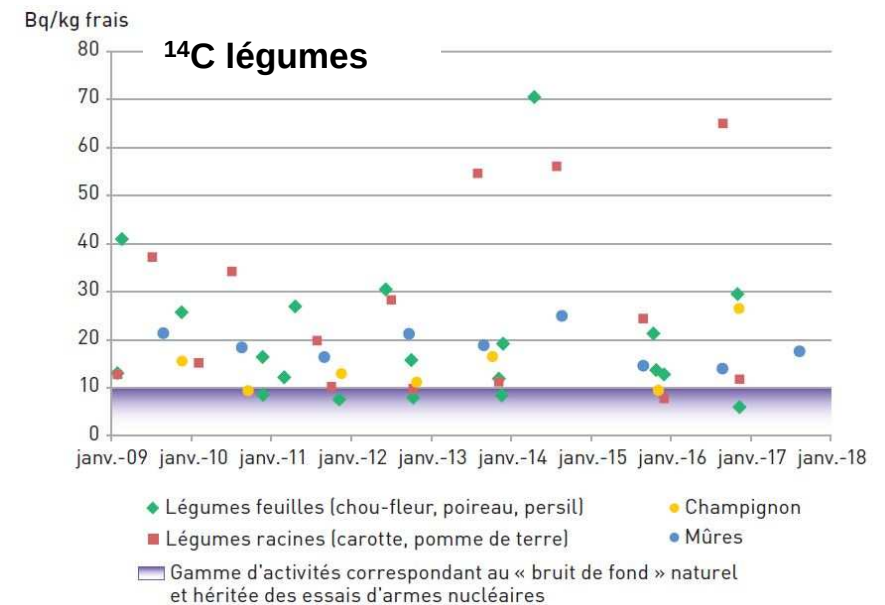
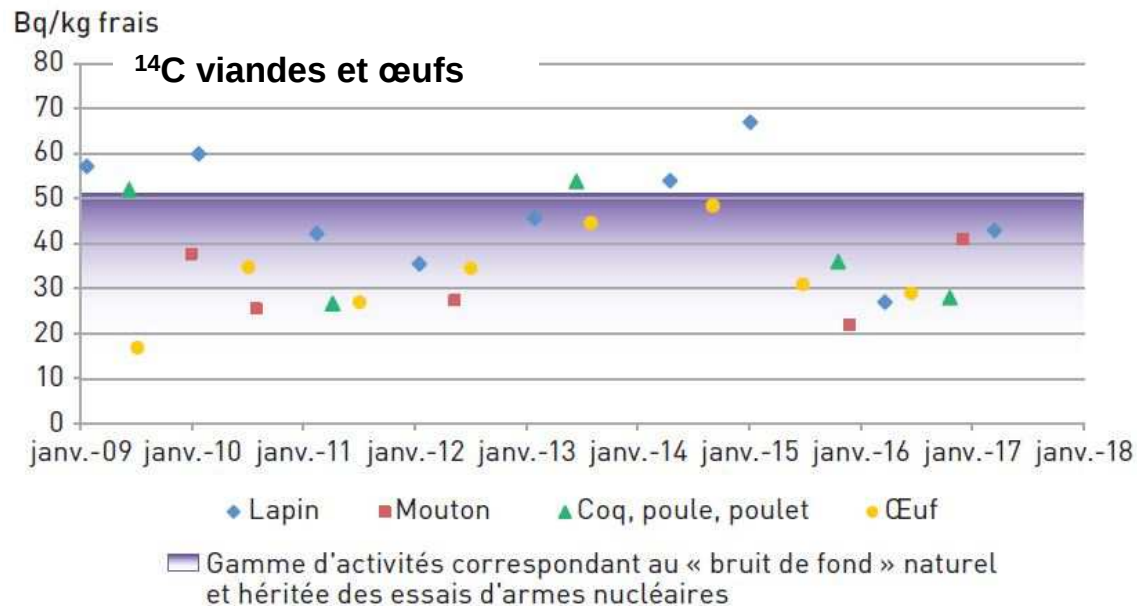
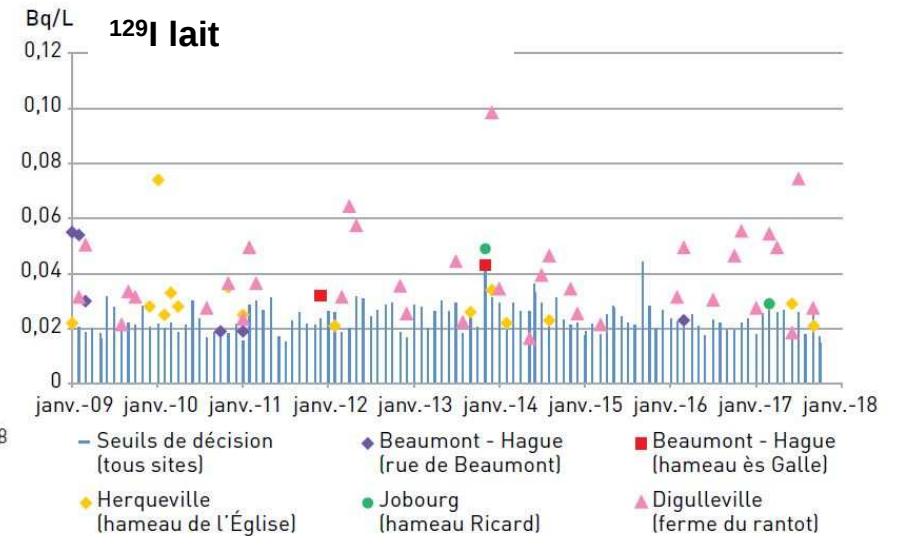
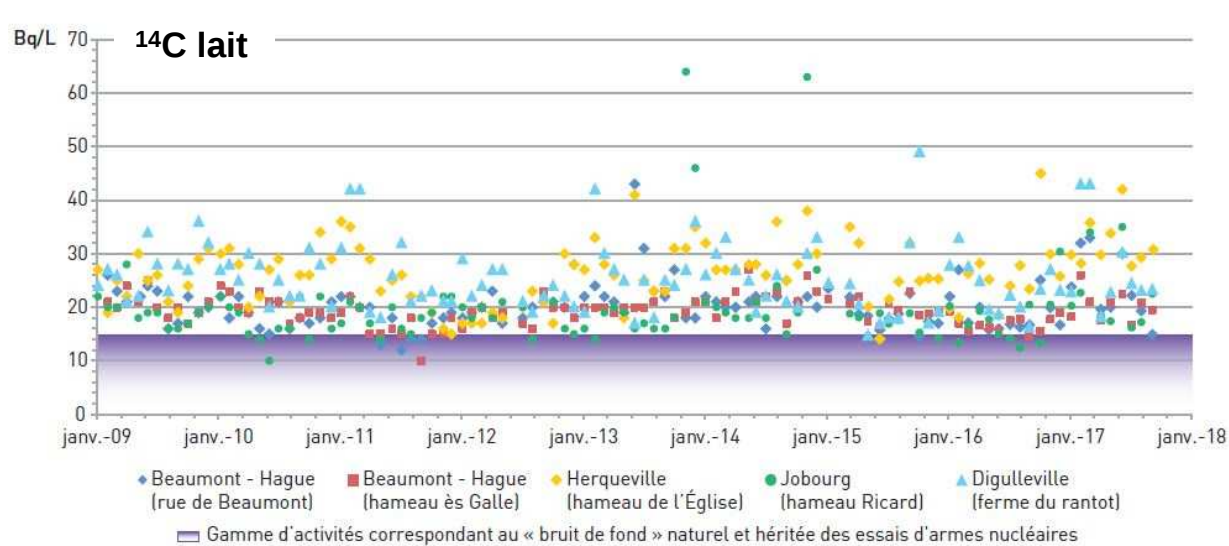
La forme générale de la zone influencée est similaire pour ^3H , ^{14}C et ^{129}I ; elle est liée à la rose des vents.

Les activités les plus élevées (entourées en rouges) sont mesurées aux mêmes endroits, de même que les activités les plus faibles (entourées en bleu)



Influence des rejets atmosphériques de La Hague sur les denrées terrestres

Une influence visible pour ^3H , ^{14}C et ^{129}I dans les denrées végétales et le lait ; mais quasiment pas dans les viandes (volailles, lapins, mouton)

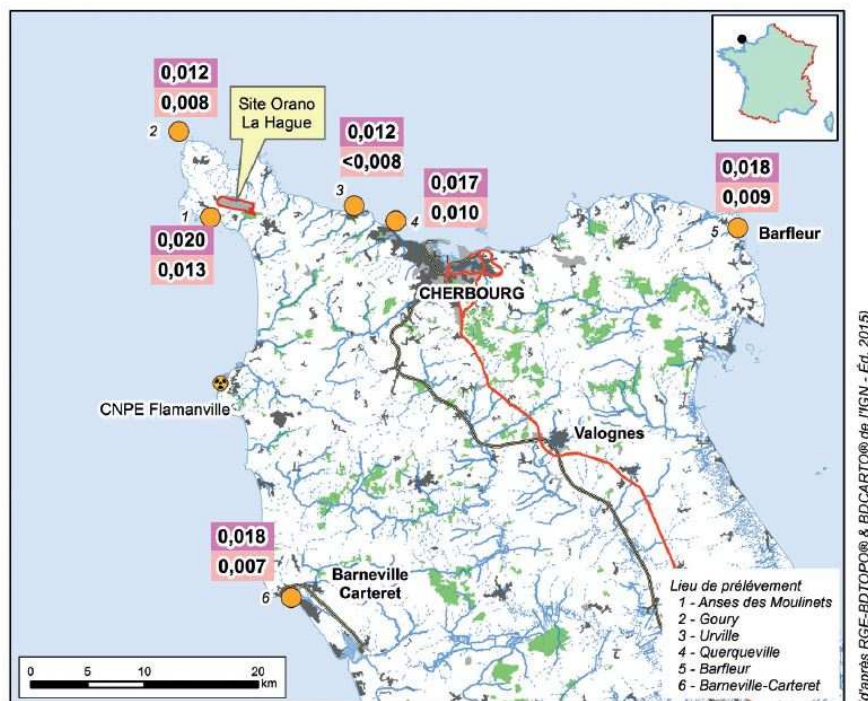


Influence des rejets liquides de La Hague sur les denrées marines

Une influence visible sur l'ensemble de la Manche pour le tritium : quelques Bq/kg ou Bq/L (pour un Bdf de 0,1 - 0,2 Bq/L) et pour le ^{14}C : de 250 à 350 Bq/kg de C.

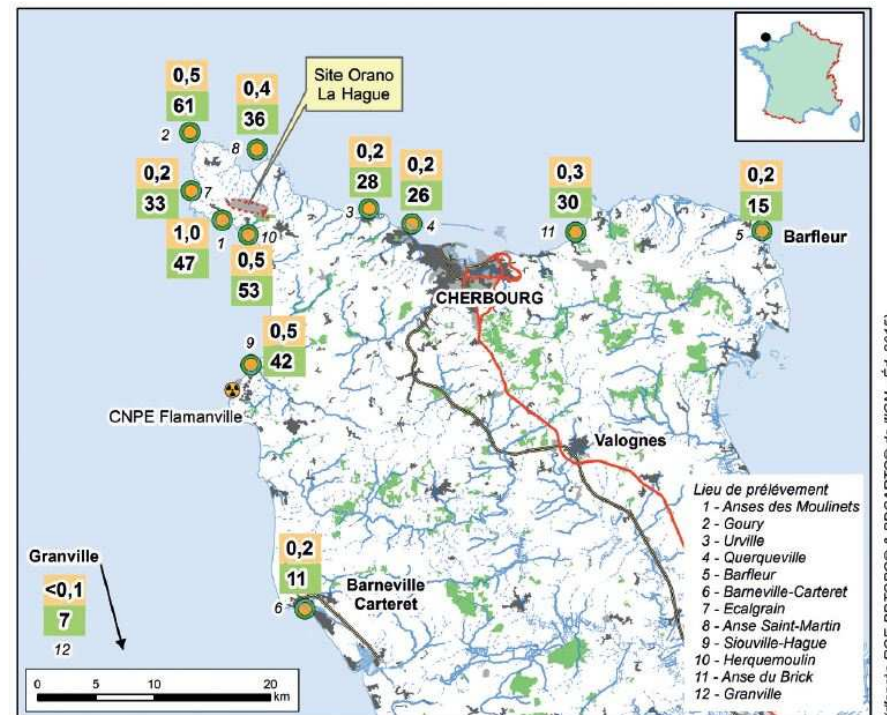
Visible principalement autour du Cotentin pour ^{129}I et pour les actinides au travers des rapport d'activités isotopiques (rapport $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ entre 0,3 et 0,6 à comparer à celui du Bdf $\approx 0,03$)

Quelques détections de ^{60}Co et ^{106}Ru au voisinage du point de rejet du site



Activité massique moyenne du plutonium Pu-(239+240) et Pu238

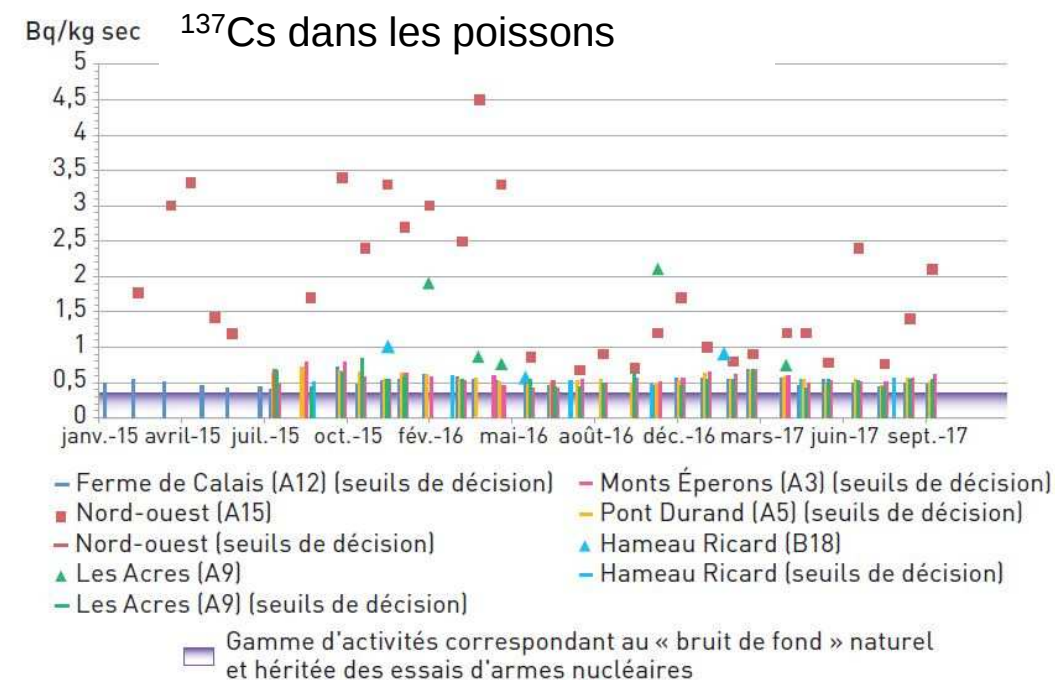
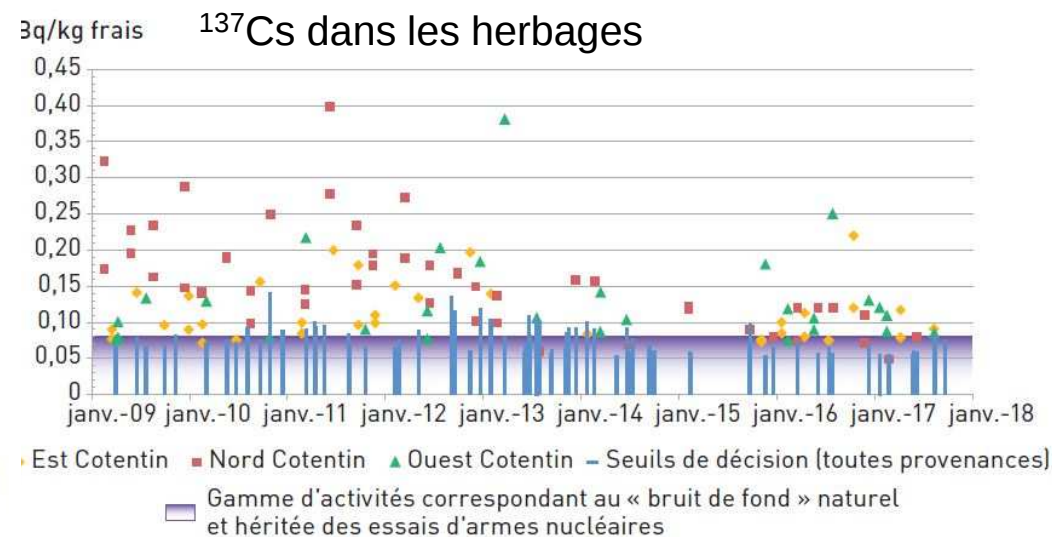
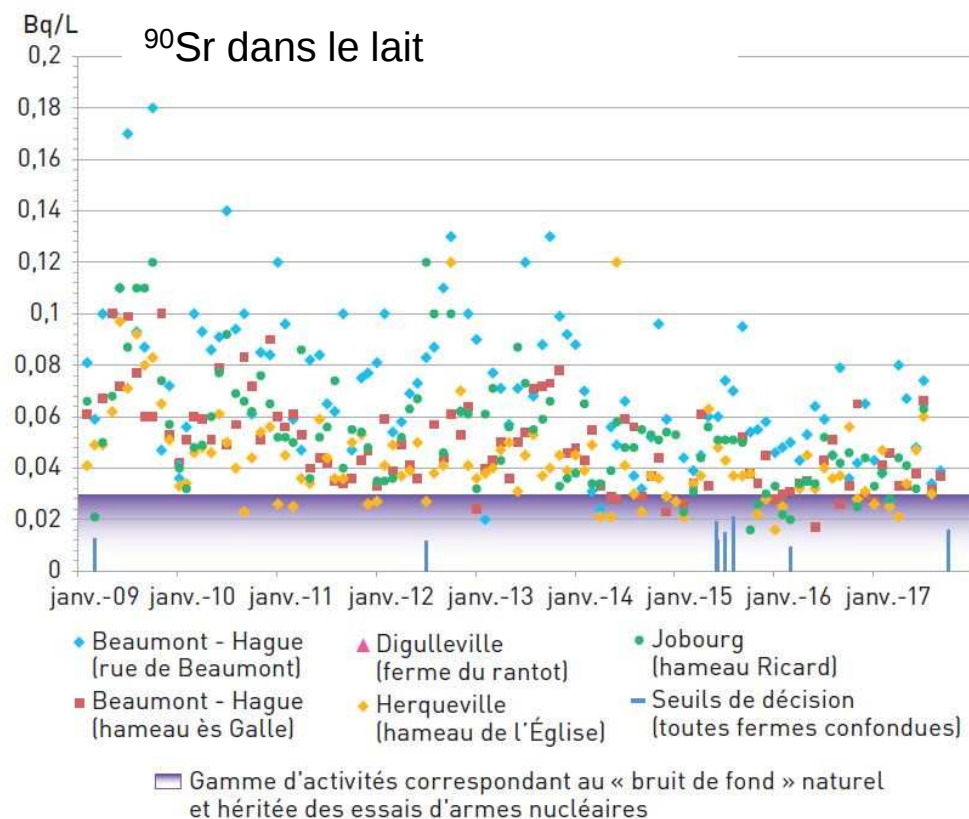
- Valeur plutonium Pu-(239+240) (en Bq/kg frais)
- Valeur plutonium Pu-238 (en Bq/kg frais)
- Patelle (6 points de prélèvement)



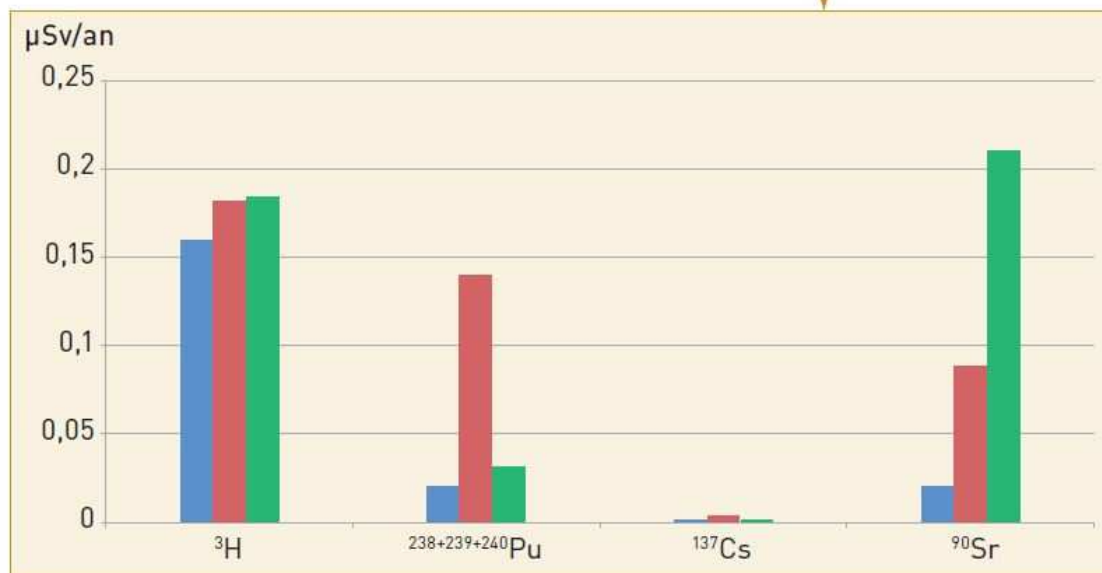
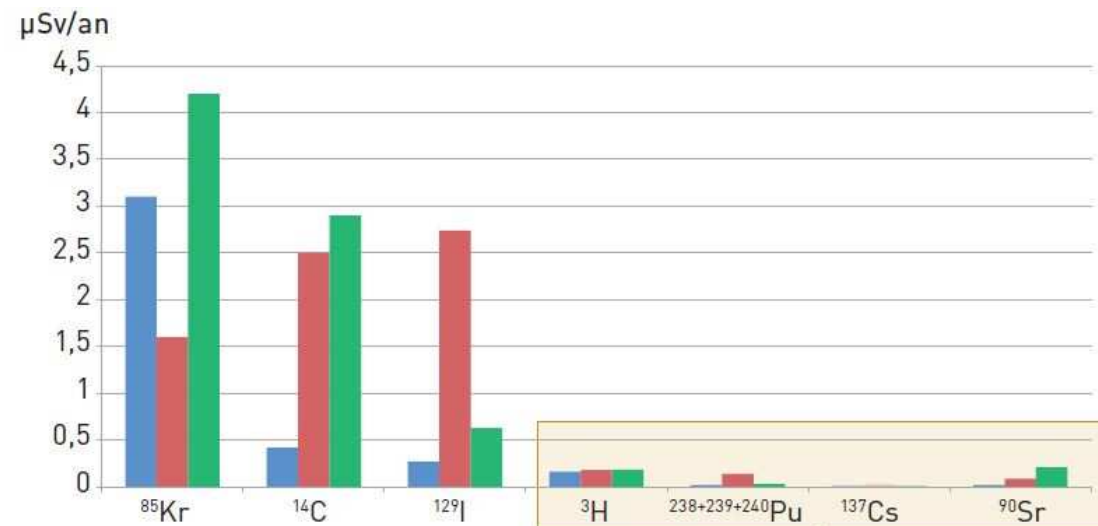
Activité massique moyenne de l'iode-129 dans les patelles et les algues

- Valeur iode-129, patelle (en Bq/kg frais)
- Valeur iode-129, algue (en Bq/kg sec)
- Patelle (12 points de prélèvement)
- Algue (12 points de prélèvement)

^{137}Cs et ^{90}Sr autour de La Hague



Quelle exposition potentielle des populations autour de La Hague ?



- Scénario moyen BR
- Pêcheurs de la zone des Huquets (Jobourg)
- Agriculteurs habitant au Pont-Durand (Diguleville)

Dose efficace pour un adulte estimée à :

- 4 $\mu\text{Sv/an}$ (scénario moyen) à 8 $\mu\text{Sv/an}$ (agriculteur de Digulleville) sur la base des mesures (BR)
- 5 $\mu\text{Sv/an}$ (pêcheur de Goury) à 13 $\mu\text{Sv/an}$ (agriculteur de Digulleville) par Orano

A titre de comparaison, la dose liée à l'ingestion de 100 g de moules :
 $\approx 5 \mu\text{Sv}$ (incorporation de ^{210}Po , radionucléide naturel)



INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Quel impact des rejets radioactifs atmosphériques de Valduc ?

Rejets atmosphériques de ^3H de Valduc = 300 TBq/an

≈ 3,5 fois ceux de La Hague

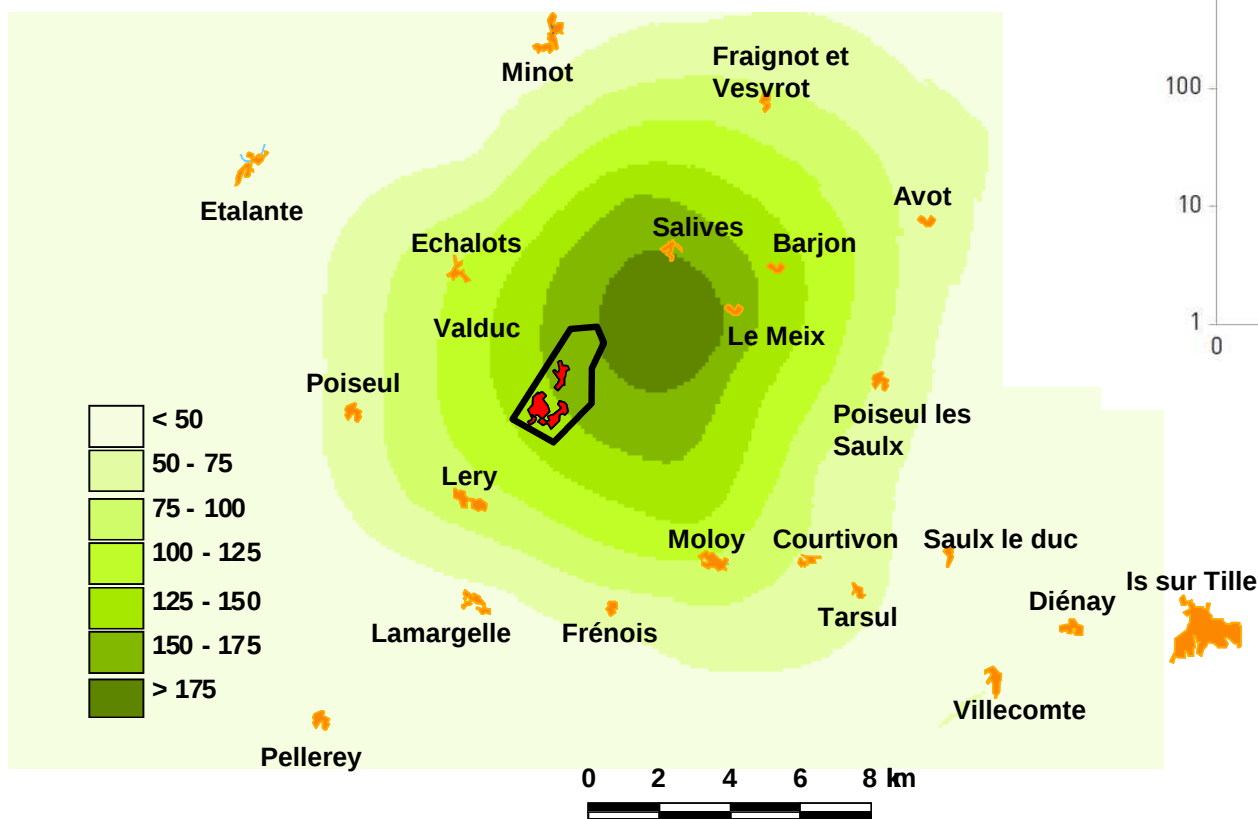
≈ 1000 fois ceux d'un réacteur de 900 Mwe,

Quelle extension de la zone impactée par les rejets de Valduc?

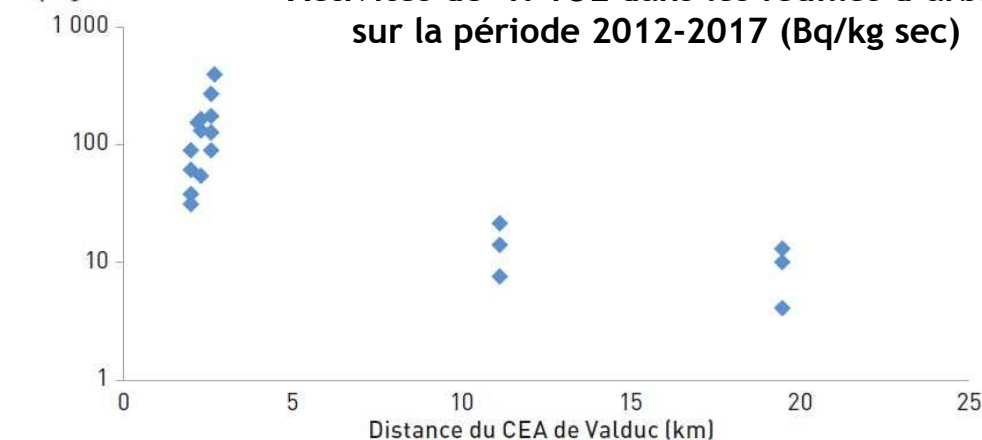
En l'absence de vents prédominants, la zone influencée est répartie de manière homogène tout autour du site.

Les activités restent supérieures au bruit de fond jusqu'à quelques dizaines de km du site.

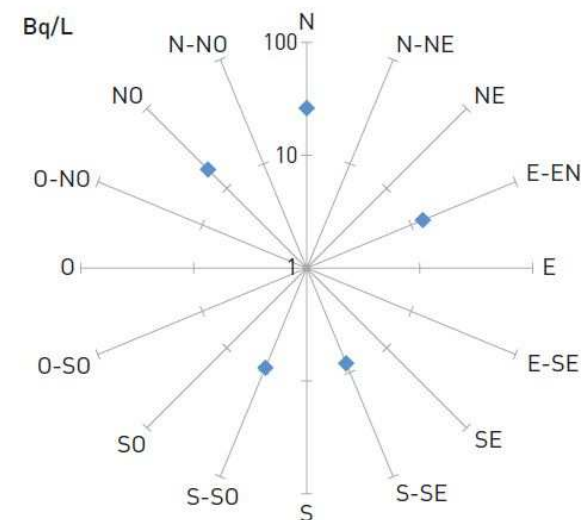
Activités de ^3H -TOL dans les feuilles de chênes en 2001 (Bq/L d'eau de combustion)



Bq/kg sec

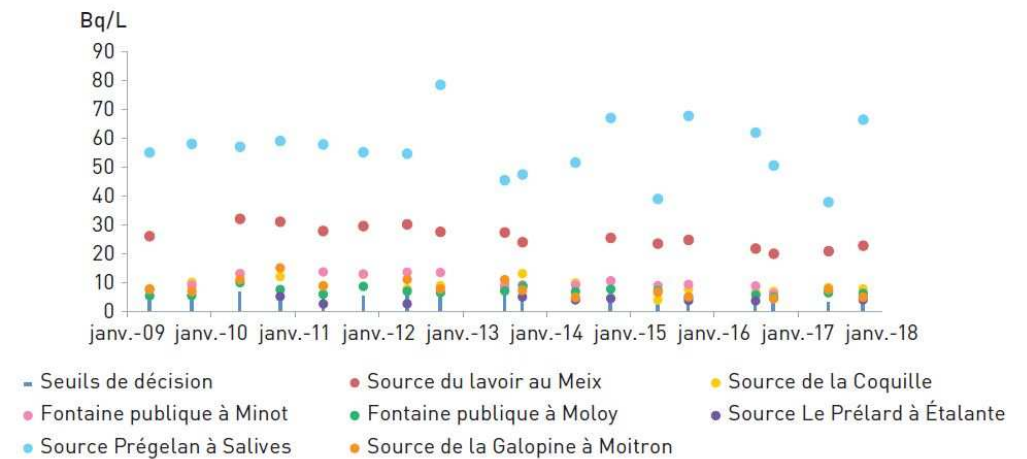
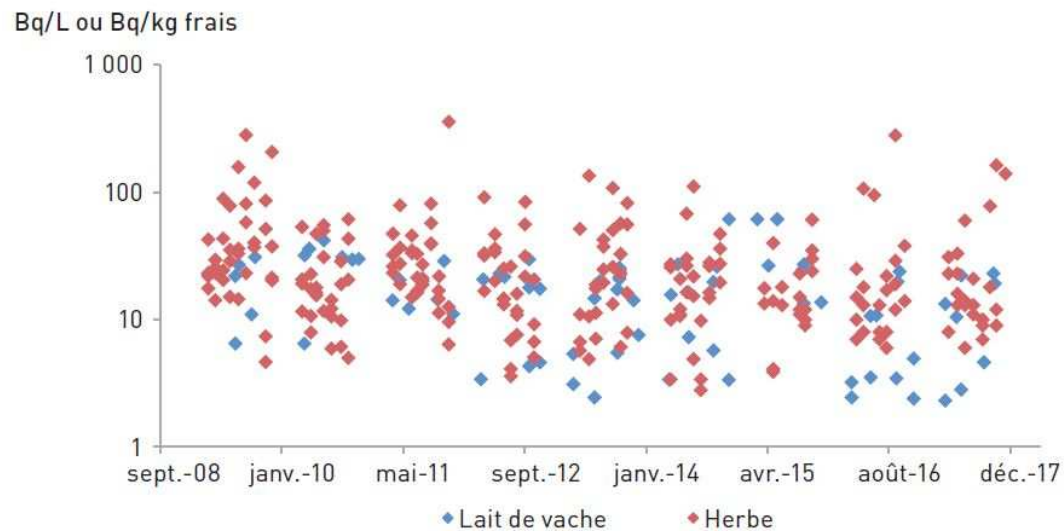
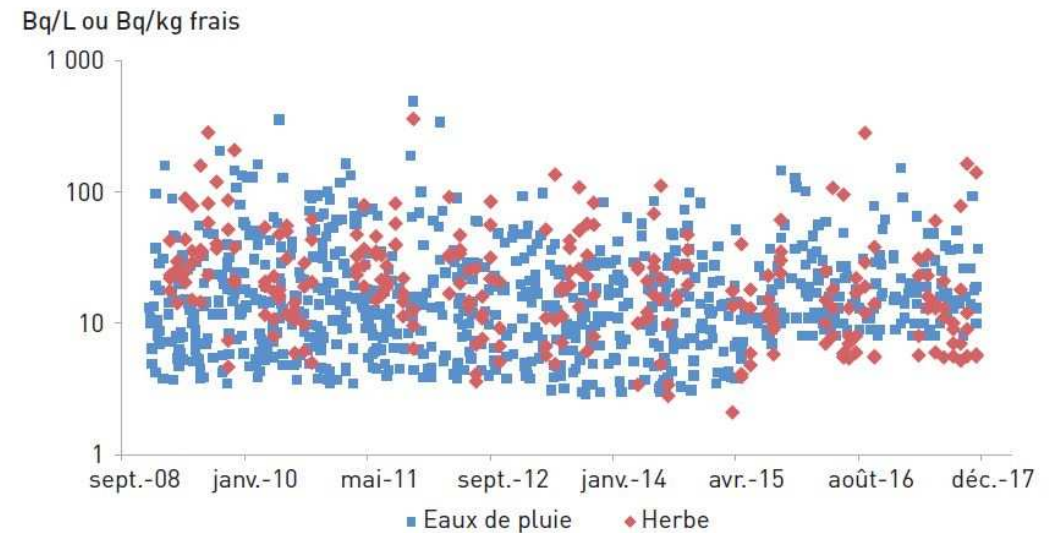
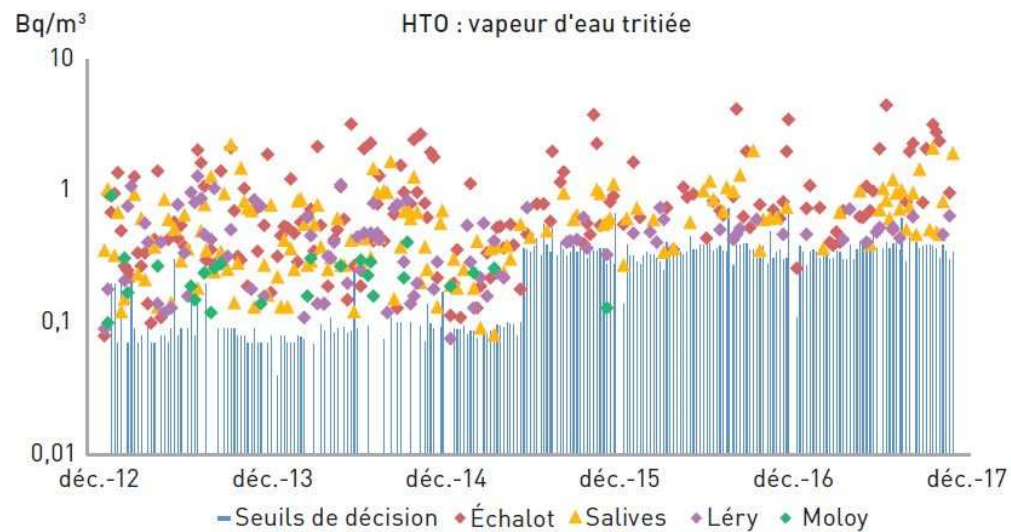


Activités de ^3H -TOL dans les feuilles d'arbres sur la période 2012-2017 (Bq/kg sec)



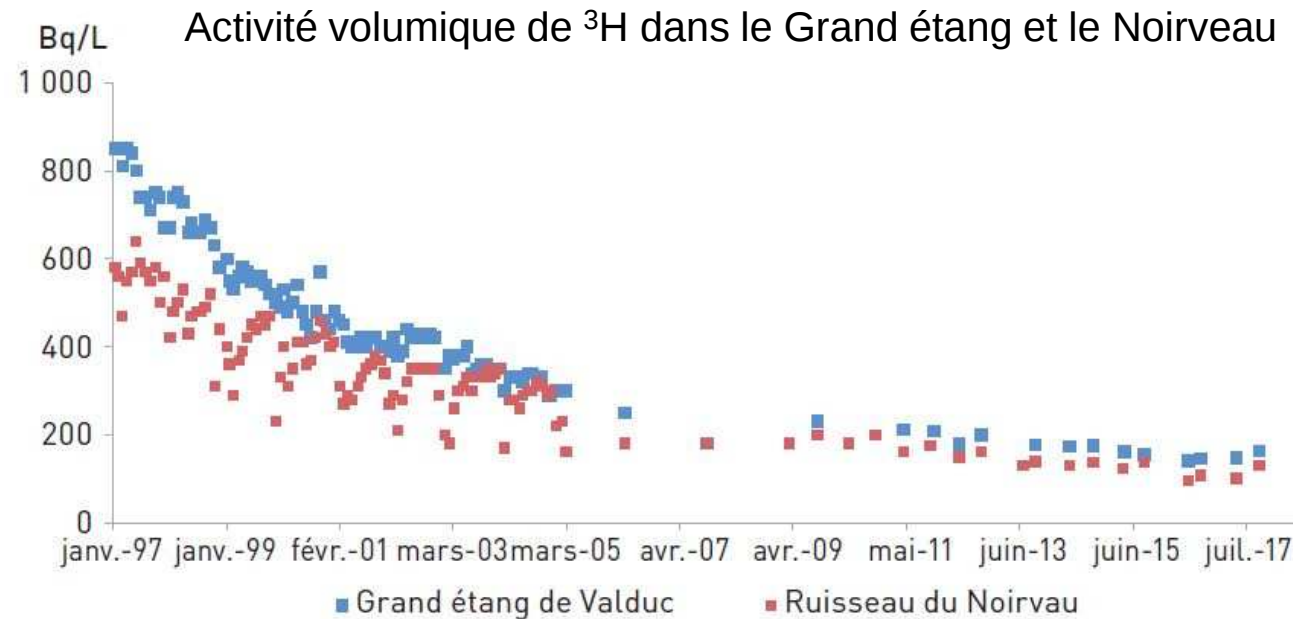
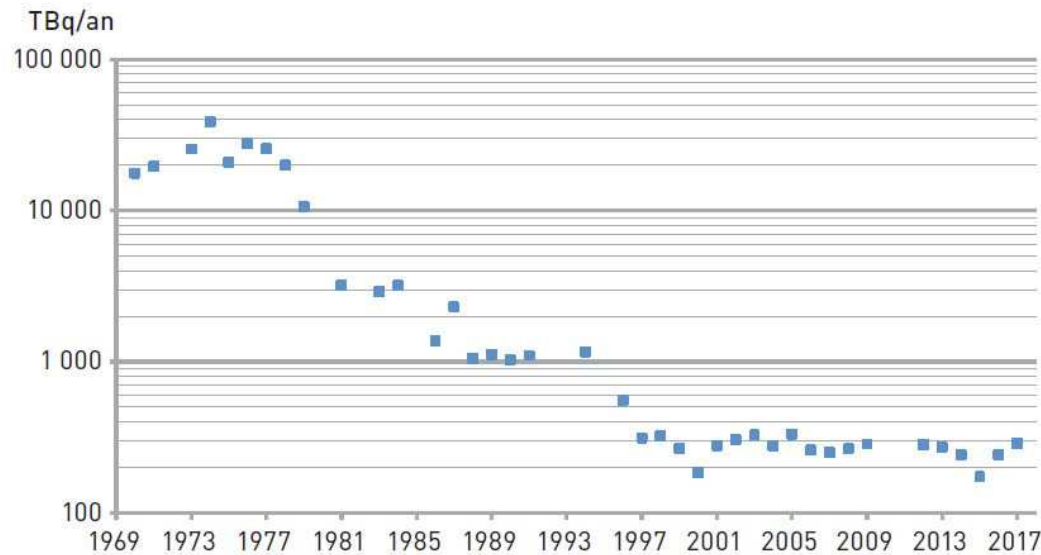
Activités de ^3H -HTO dans le lait sur la période 2015-2017 (Bq/L)

Un « l'équilibre» attendu entre les différentes composantes de l'environnement

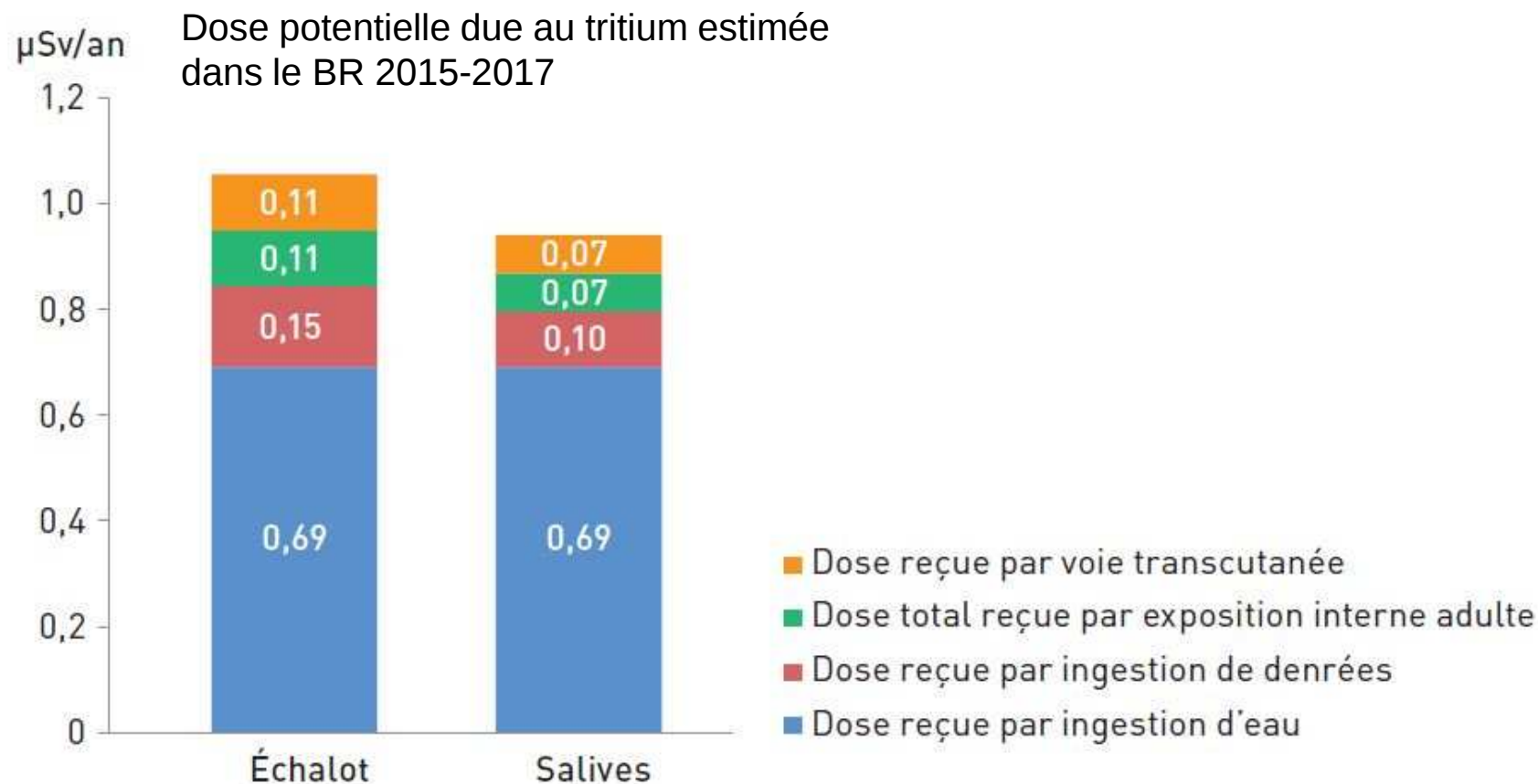


Une rémanence des rejets anciens dans certaines eaux de surface...

Evolution des rejets atmosphériques de ^3H par Valduc



Exposition potentielle des populations autour du site de Valduc



En 2012, le CEA estimait entre 0,6 et 0,8 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, la dose potentielle due au tritium, par calculs sur la base des rejets réels

Cette estimation est concordante avec les estimations du BR ci-dessus, établies sur la base des mesures et en supposant l'équilibre entre l'air et toutes les denrées locales consommées

D'après les calculs du CEA, la dose due au tritium représenterait 99,7% de la dose totale aux populations riveraines du site

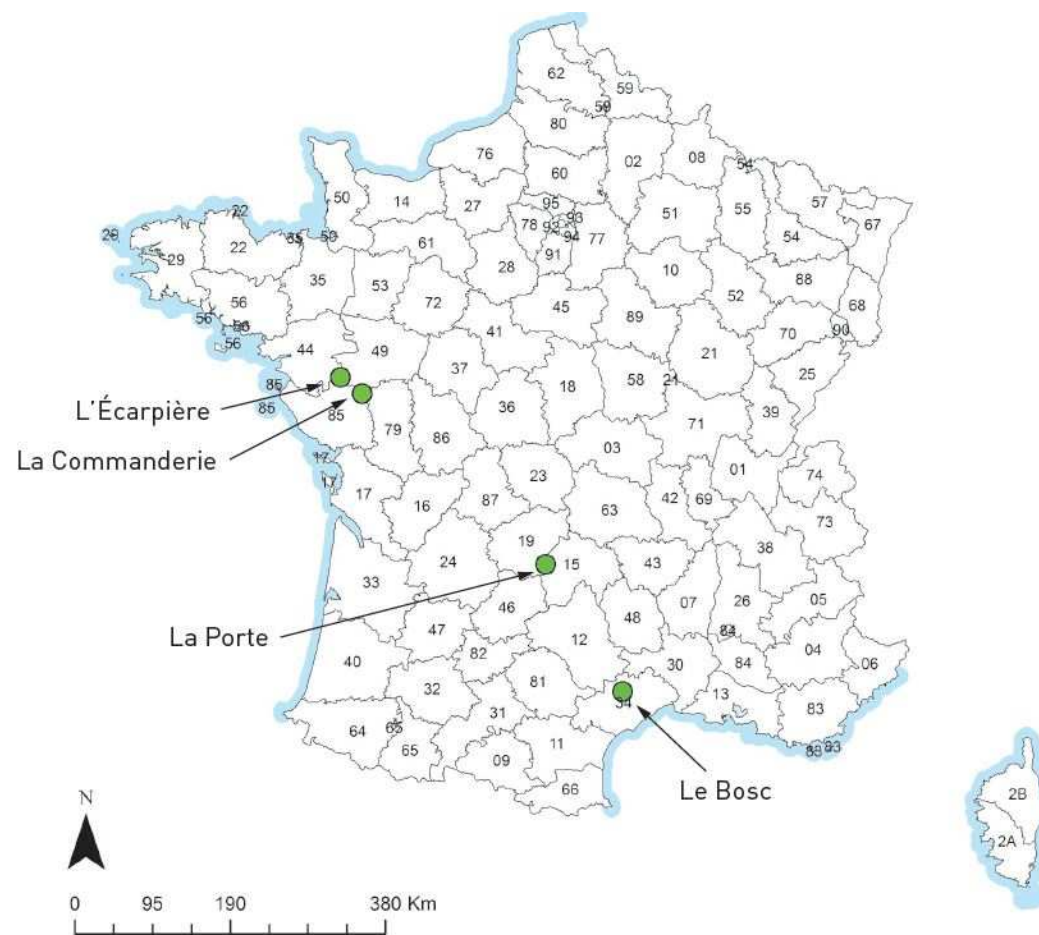


INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Cas des anciens sites miniers

Sur près de 250 anciens sites miniers, choix de 4 sites présentés dans le BR 2015-2017





Le site de l'Écarpière pendant l'exploitation (1989)



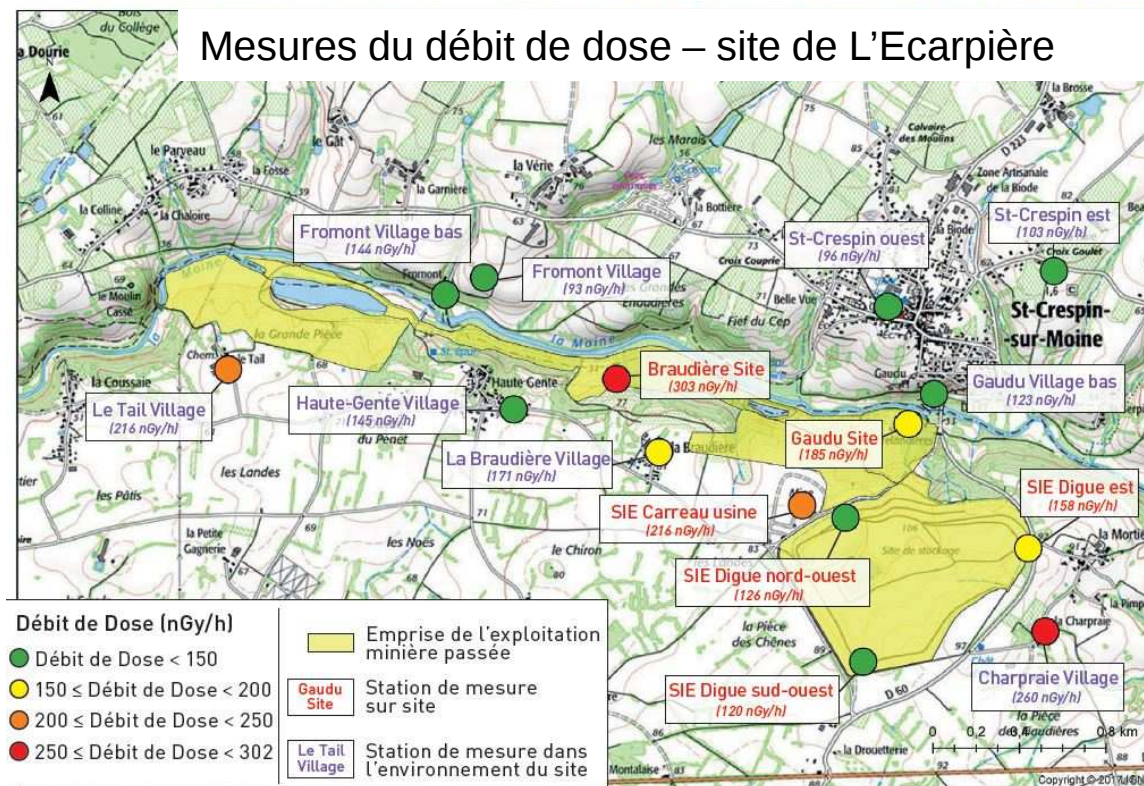
Écarpière réaménagée

Quatre sources d'expositions potentielles de la population à examiner :

- le débit de dose dans l'air
- l'EAP due au radon
- les teneurs en U et ses descendants dans les cours d'eau
- les teneurs en U et ses descendants dans les denrées et notamment dans les denrées irriguées

Débits de dose dans l'air et Energie Alpha Potentielle (EAP)

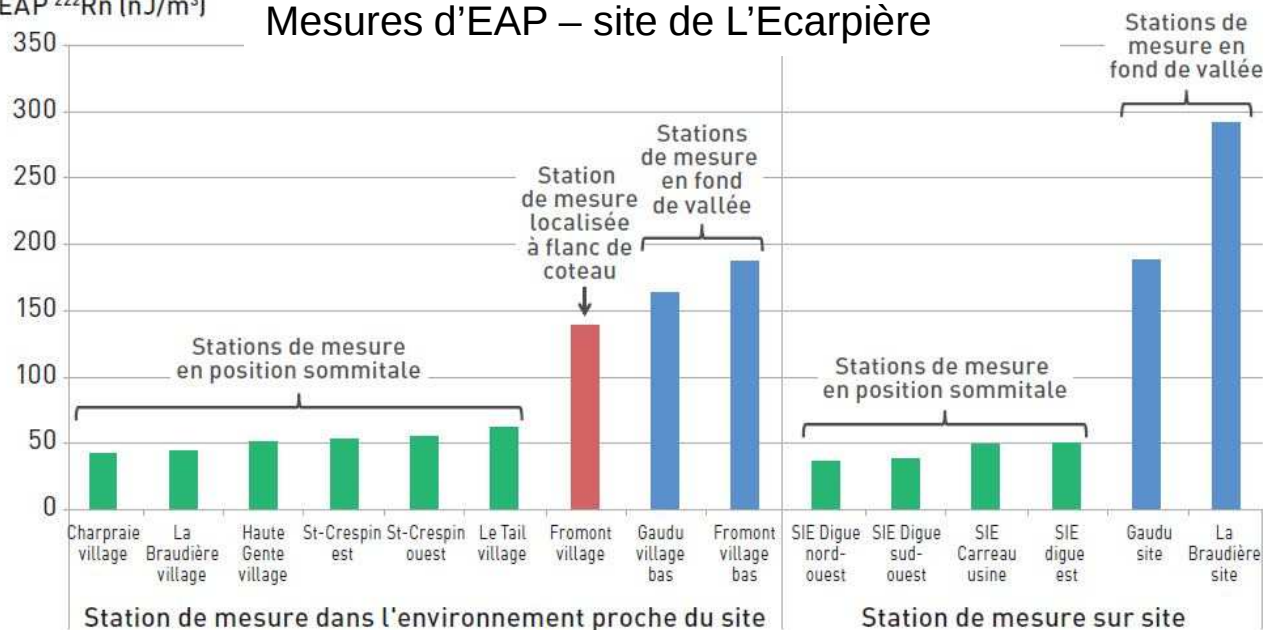
Mesures du débit de dose – site de L'Ecarpière



« Compte tenu de la difficulté à apprécier la variabilité du bruit de fond local, les débits de dose et l'EAP du radon 222 dans l'environnement ne peuvent être interprétés comme traduisant une influence avérée des sites »

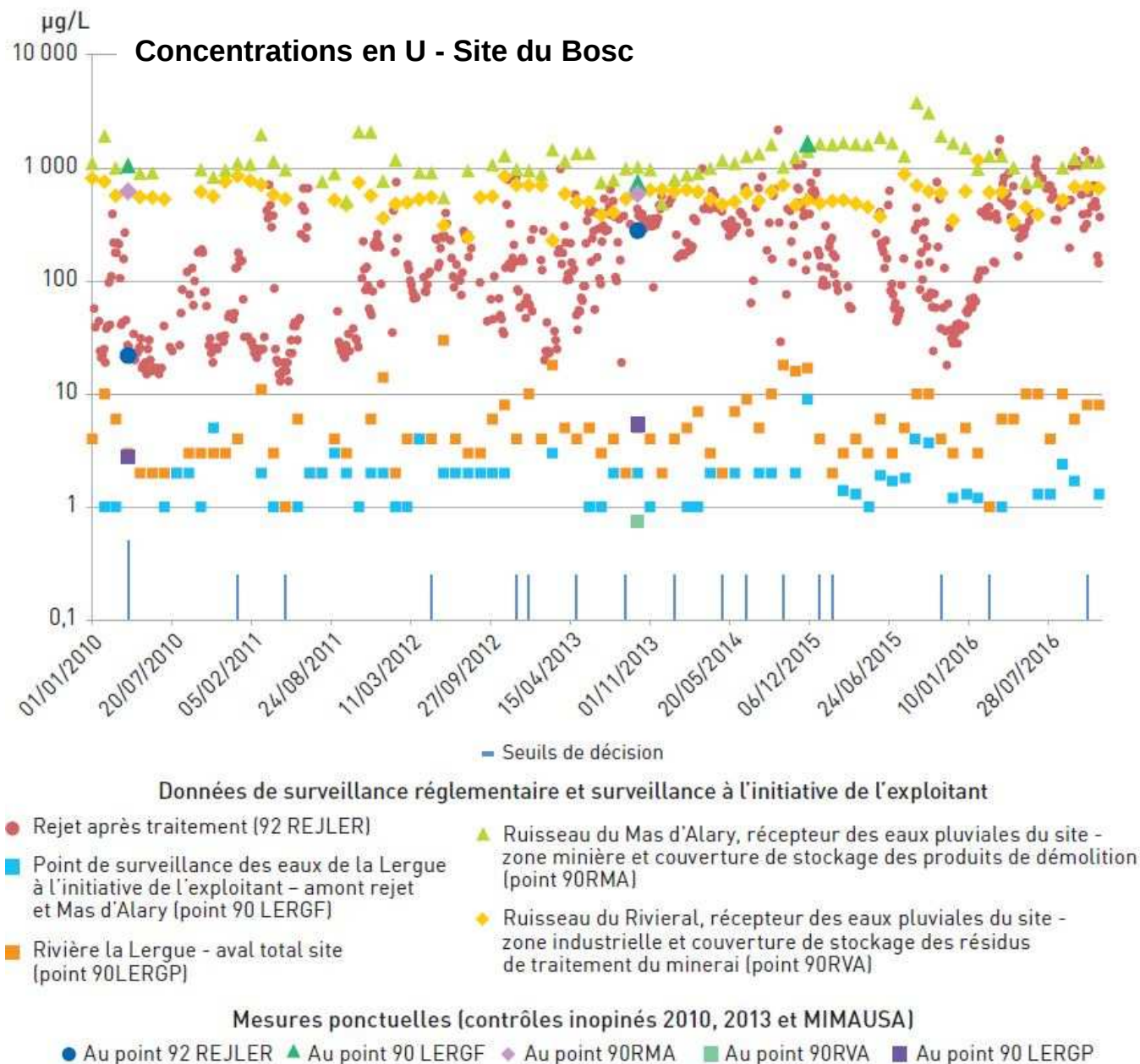
EAP ²²²Rn (nJ/m³)

Mesures d'EAP – site de L'Ecarpière



Influence des anciens sites miniers sur les cours d'eau

Les concentrations en U et ^{226}Ra dans les petits cours d'eau drainant certains sites peuvent être de plusieurs ordres de grandeur plus élevées à l'aval qu'à l'amont, traduisant ainsi une influence de ces sites.



Celle-ci reste toutefois relativement circonscrite géographiquement, notamment lorsque le cours d'eau présente une capacité de dilution importante.

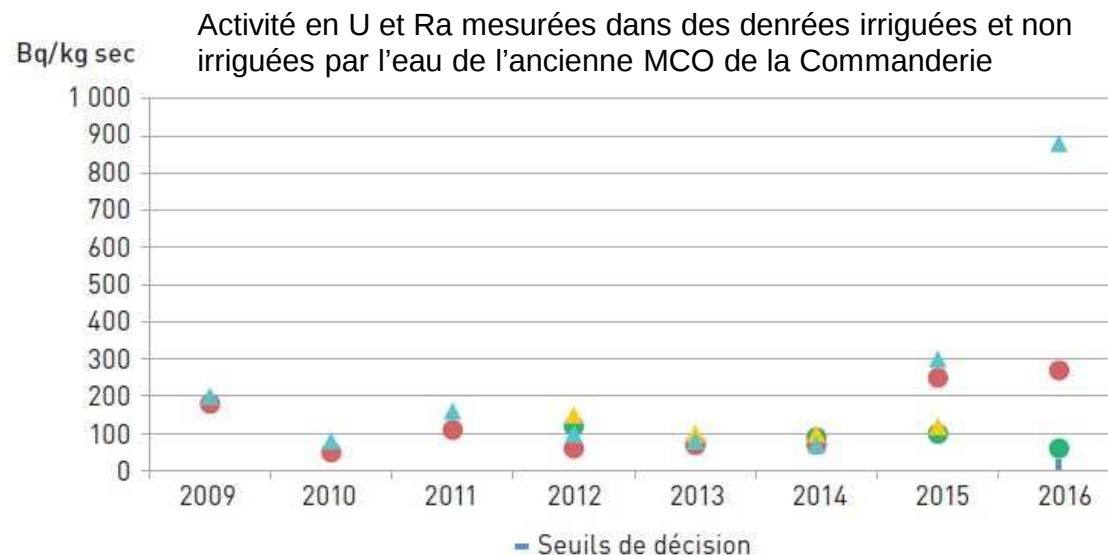
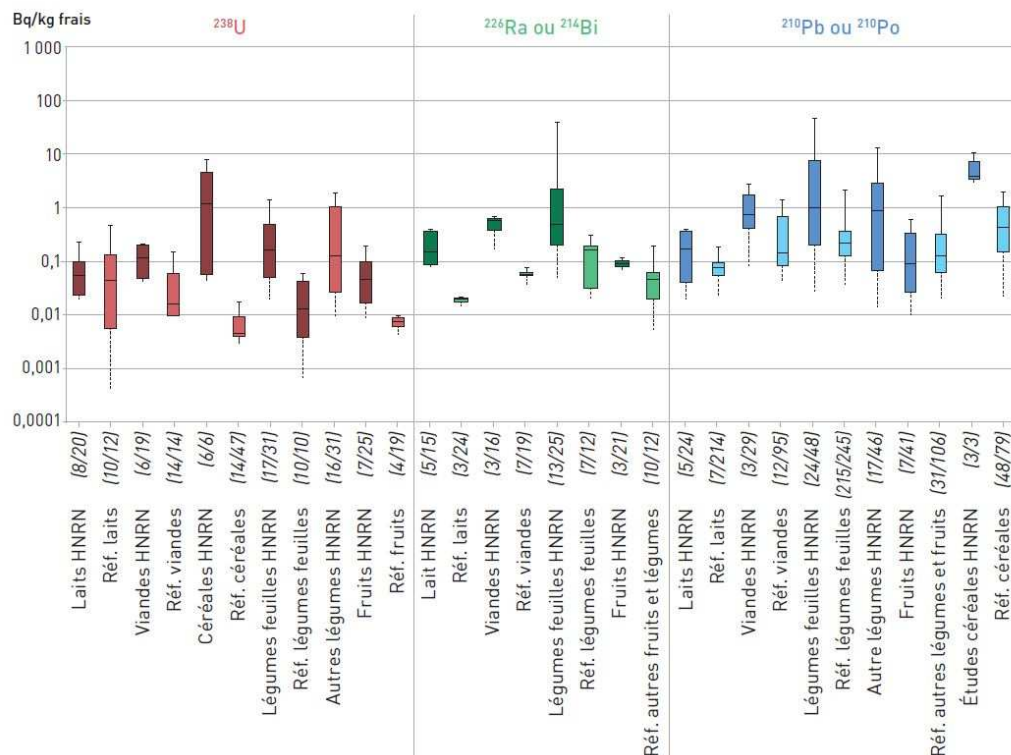
L'exposition potentielle des populations correspondante est négligeable du fait de l'absence d'utilisation des eaux à des fins domestiques.

Influence des anciens sites miniers sur les denrées produites localement

Peu de mesures sur les denrées

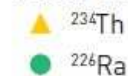
Des radionucléides « dosants » quasiment jamais mesurés (^{210}Po par exemple)

Une connaissance très insuffisante du bruit de fond et de sa variabilité sur des zones à hauts niveaux de radioactivité naturelle



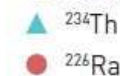
Sols non irrigués avec l'eau de la MCO

Valeur mesurée



Sols irrigués avec l'eau de la MCO

Valeur mesurée



MCO = Mine à Ciel Ouvert

Sites	Dose (µSv/an)		Radionucléide et voie d'atteinte
	BR 2011-2014	BR 2015-2017	
La Hague	0,6 à 3,5	1,6 à 5,4 ⁽¹⁾ ; 3,3 ⁽²⁾	⁸⁵ Kr – exposition externe
	0,7	0,4	¹⁴ C – ingestion de denrées terrestres et marines
	1,1	0,2	¹²⁹ I – ingestion de denrées terrestres et marines
	–	< 0,002	¹⁴ C – inhalation
	–	0,05	⁹⁰ Sr – ingestion de lait
	0,62	0,02 ⁽³⁾	⁶⁰ Co, plutonium et ²⁴¹ Am – ingestion de denrées marines
	–	< 0,03	³ H – inhalation, transcutanée et ingestion de denrées
Malvési	2	–	Uranium – inhalation
	0,4	–	Uranium – ingestion de légumes
	–	0,002	Uranium – ingestion ponctuelle d'1 litre d'eau
	–	0,01	Uranium – ingestion ponctuelle d'1 kg de blé
Tricastin	0,05	0,06	Uranium – inhalation
	0,003	0,003	Uranium – ingestion ponctuelle d'1 litre d'eau
Romans/Isère	0,5	0,15	Uranium – inhalation
Marcoule	0,28	–	³ H – inhalation, transcutanée
	0,12	–	³ H – ingestion de denrées
	–	0,07	¹⁴ C – ingestion de denrées terrestres
Saclay	0,28	0,15	³ H – ingestion de denrées (eau notamment)
	1,4	1,4	¹⁴ C – ingestion de poissons d'étang
Grenoble (ILL)	0,14	0,05	³ H – inhalation, transcutanée
	–	0,03	³ H – ingestion de denrées
Bruyères-le-Châtel	0,14	–	³ H – inhalation, transcutanée
Valduc	0,39	1,0	• 0,14 à 0,22 : ³H – inhalation/transcutanée • 0,10 à 0,15 : ³H – ingestion de denrées • 0,7 : ³H – ingestion d'eau
Sites des CNPE	0,1	0,05 à 0,075	¹⁴ C – ingestion de denrées terrestres
	0,12	0,007 à 0,2	¹⁴ C – ingestion de poissons fluviaux
	0,01 à 0,7	0,04 à 0,5	³ H – ingestion d'eau
	–	0,003	³ H – ingestion de denrées terrestres
	–	< 0,001	³ H – ingestion de poissons fluviaux
	0,08	< 0,02	^{110m} Ag – ingestion de poissons de mer
	0,0004	< 0,001	⁶⁰ Co, ⁵⁸ Co, ^{110m} Ag... – exposition à l'air : externe et inhal.
Creys-Malville	< 0,07	0,06	³ H – inhalation, transcutanée
Aval du Rhône (toutes installations nucléaires rhodaniennes)		0,06	Divers radionucléides ⁽⁴⁾ – ingestion d'eau du Rhône
		0,4	¹⁴ C – ingestion de poisson de l'aval du Rhône
Radioactivité naturelle		310	Exposition au rayonnement cosmique
		550	Voyageur aérien fréquent
		360 – 1 100	Exposition au rayonnement tellurique
		380 – 2 500	Ingestion de radionucléides naturels (maximum : gros consommateurs de fruits de mer)
		10	Consommation de 200 g de moules (²¹⁰ Po essentiellement)
		540 – 3 150	Inhalation de radon (max = Lozère, Cantal...)
		300	Gros fumeur

Conclusion du BR 2015-2017

Doses efficaces prépondérantes
calculées pour 28 des 36 sites
nucléaires français

Inférieures à 1 µSv/an

La Hague : qq µSv/an
potentiellement

Pour la plupart des sites et par
rapport au bilan précédent :
constance des niveaux d'activités
observés et des doses associées

Pour certains sites : des baisses
liées à la baisse des rejets
(Marcoule, Bruyères-Le-Châtel,
Grenoble, Romans-sur-Isère)

Bonne concordance avec les
estimations calculatoires des
exploitants

Les mesures et connaissances
disponibles sur les anciens sites
miniers n'ont permis d'estimer les
doses potentielles ajoutées

Merci de votre attention