

Séminaire Environnement / Santé

14 novembre 2012 : Surveillance de l'environnement

IRSN - Pôle Radioprotection
Olivier PIERRARD / Fabrice LEPRIEUR

Le bilan radiologique de l'environnement français établi à partir des données du RNM et de l'IRSN en 2010 - 2011



Plan de l'exposé

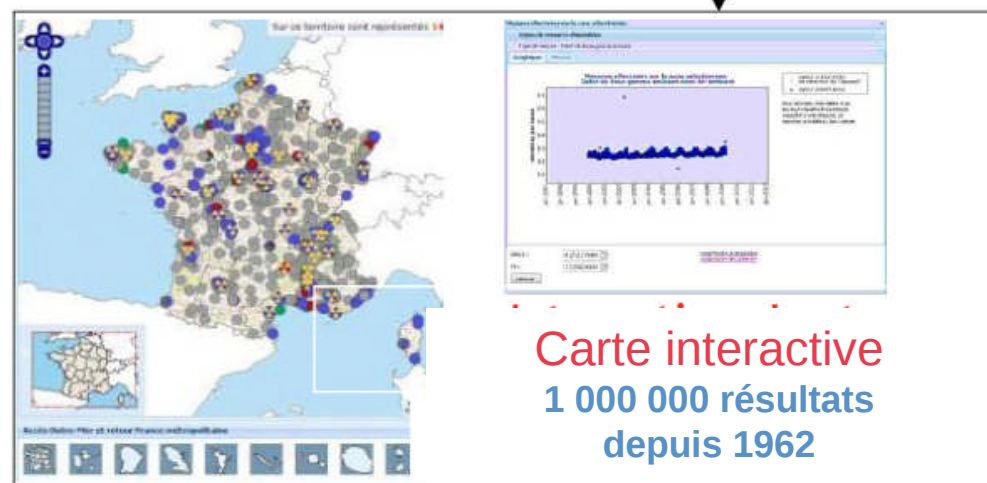


1. Le contexte
2. Le RNM
3. Le bilan radiologique 2010-2011

Le contexte

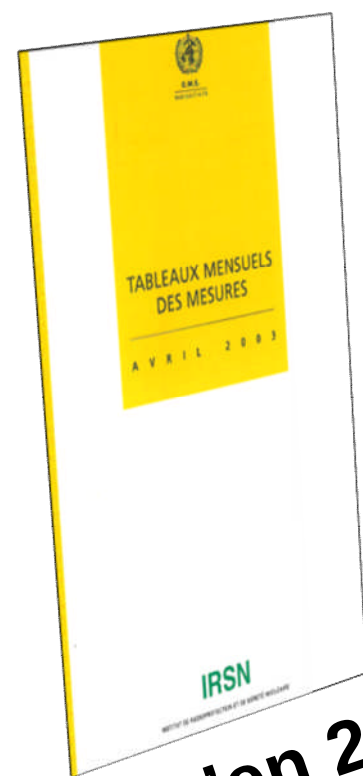
Les données de la surveillance par l'IRSN sont accessibles sur internet

www.irsn.fr



Le contexte

Les publications de l'IRSN sur la surveillance ont évolué pour répondre à l'évolution de la surveillance et à des demandes d'informations croissantes



jusqu'en 2003
50 pages / mois



2004
200 pages / an



2009
180 pages / an

Oui
...
**mais l'IRSN
n'est pas le seul
acteur de la
surveillance en
France !?**

Le contexte

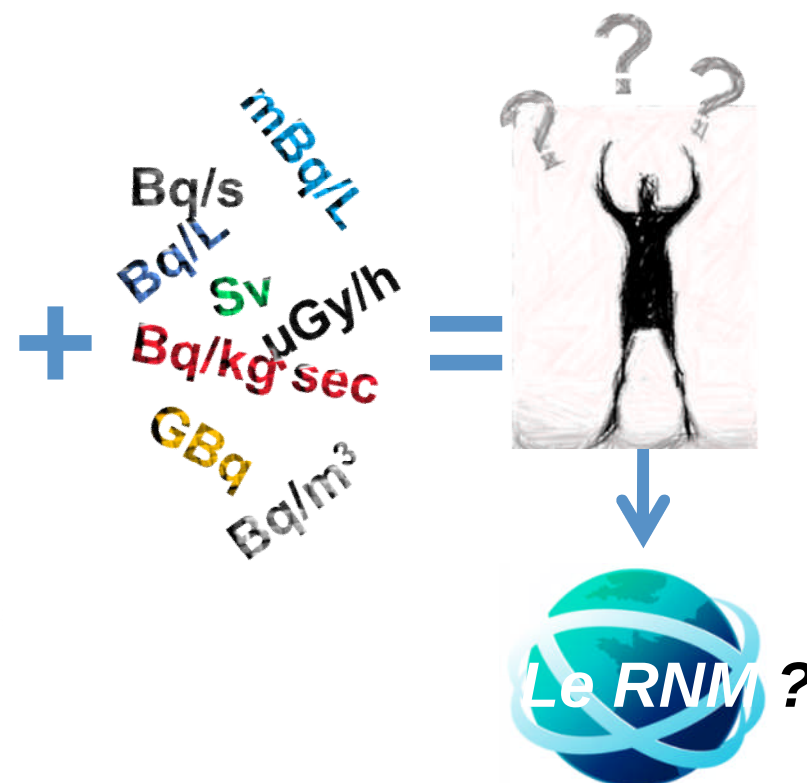
*Beaucoup d'acteurs
de la surveillance*



*De nombreuses sources
d'informations*



*Une énorme quantité
de données variées*



Le RNM

Qu'est-ce donc ?

Le Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement

Comment est-il né ?

1. Directive 2003/4/CE : information du public sur l'état environnemental (art. 1 et 2) et qualité des données (art. 8) ;
2. Directive Euratom 96/29 transcrite dans le code de la santé publique (Art. R1333-11 et R1333-11-1), modifié par le décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants ;
3. Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière de nucléaire (loi TSN).

A quoi sert-il ?

- **Centraliser les informations** sur la radioactivité de l'environnement en France acquises par tous les acteurs de la surveillance ;
- **Garantir la transparence de l'information en facilitant sa compréhension** pour tous les publics en **renforçant l'harmonisation et la qualité des mesures** effectuées par les laboratoires.

Le RNM

Avec quelles données ?

Les données sur la radioactivité de l'environnement comprennent les résultats des mesures réalisées :



dans le cadre de dispositions législatives ou réglementaires visant à évaluer les doses auxquelles la population est soumise, notamment celles résultant des activités nucléaires ;



à la demande de l'ASN, des collectivités territoriales, des services de l'Etat et de ses établissements publics ;

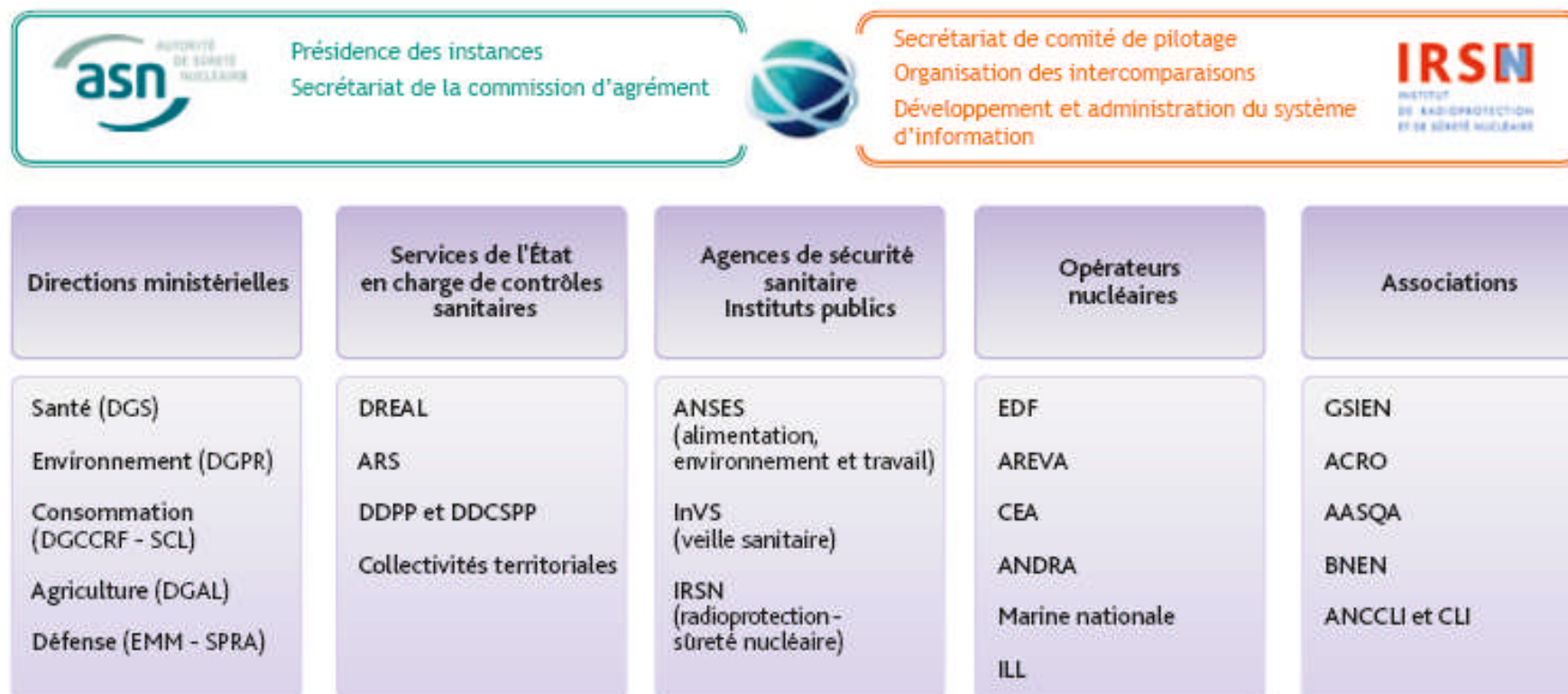


par tout organisme public, privé ou associatif (dont CLI), et dont l'organisme détenteur des résultats demande leur transmission au RNM.

Le RNM

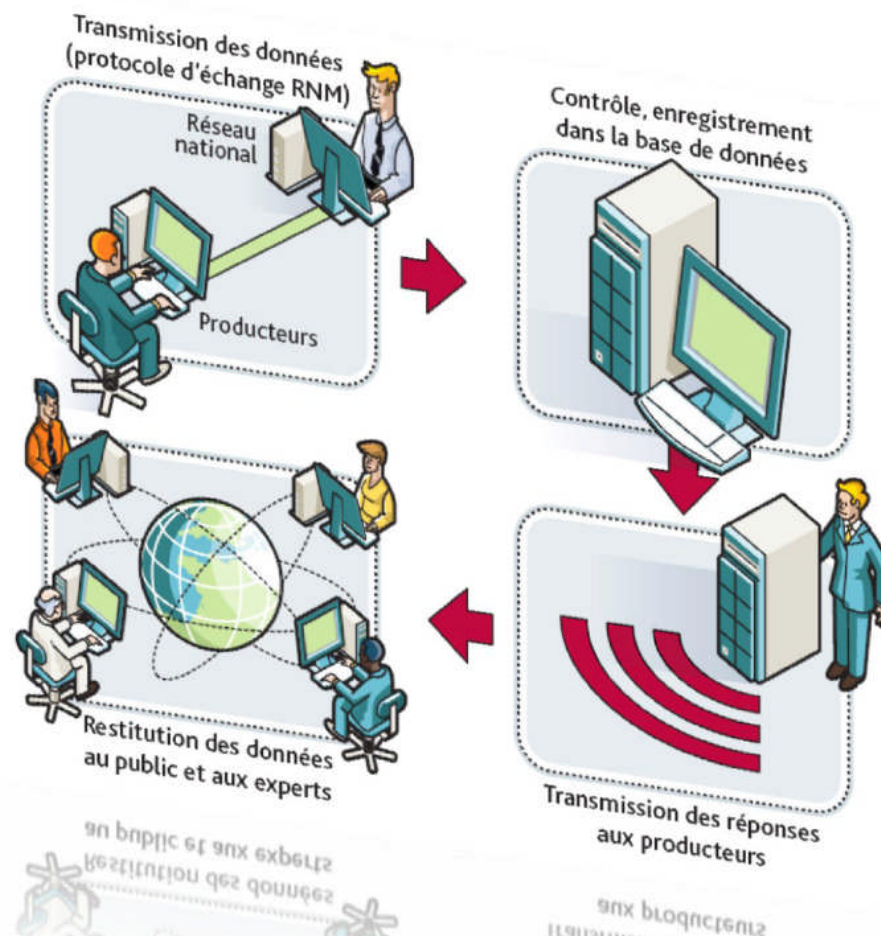
Comment fonctionne-t-il ?

- Son fonctionnement est décrit dans une décision homologuée de l'ASN (n°2008-DC-0099 du 29 avril 2008) ;
- Le RNM est développé sous l'égide de l'ASN (préside commissions de pilotage et d'agrément) en coordination avec l'IRSN et les acteurs du réseau.



Le RNM

Comment fonctionne-t-il ?



Le producteur doit obtenir un **agrément** pour les mesures qu'il transmet au RNM



Chaque producteur transmet, par un mode de transfert sécurisé via internet, ses données formatées selon un protocole d'échange d'informations défini en commun.

Près de 900 000 résultats de mesures depuis sa mise en service en janvier 2009

Le RNM : le site internet

Où le trouver ?

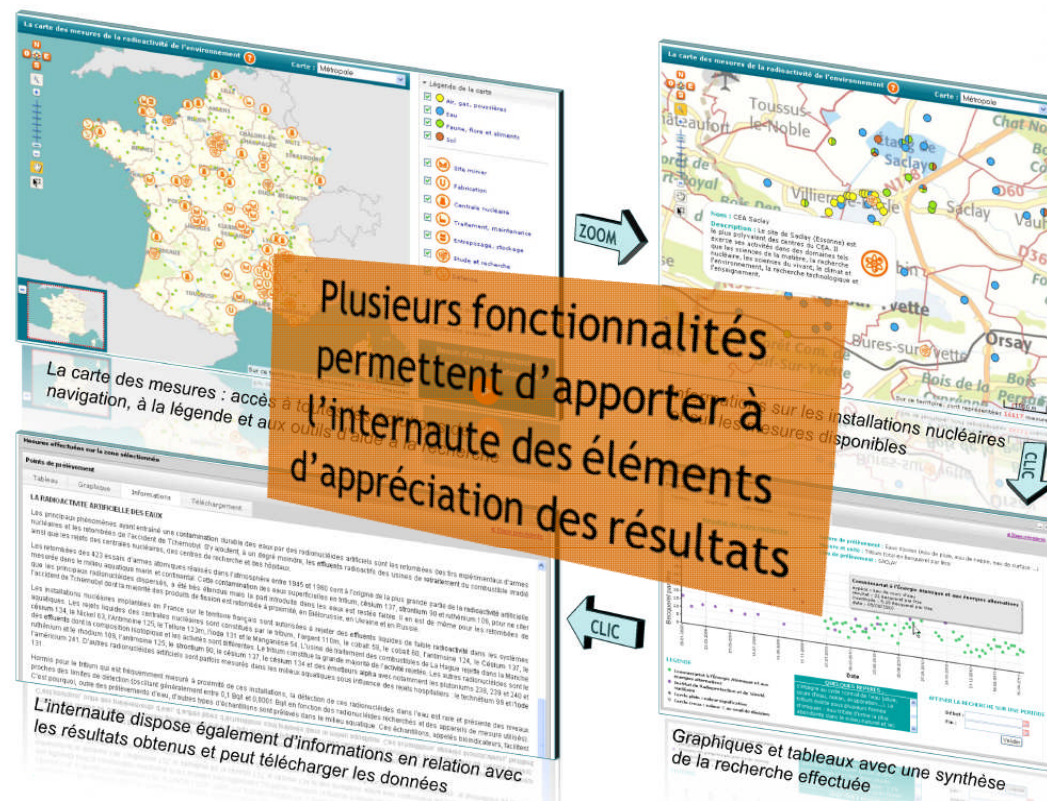


www.mesure-radioactivite.fr

Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement

Comment le consulter ?

Plusieurs solutions de navigation



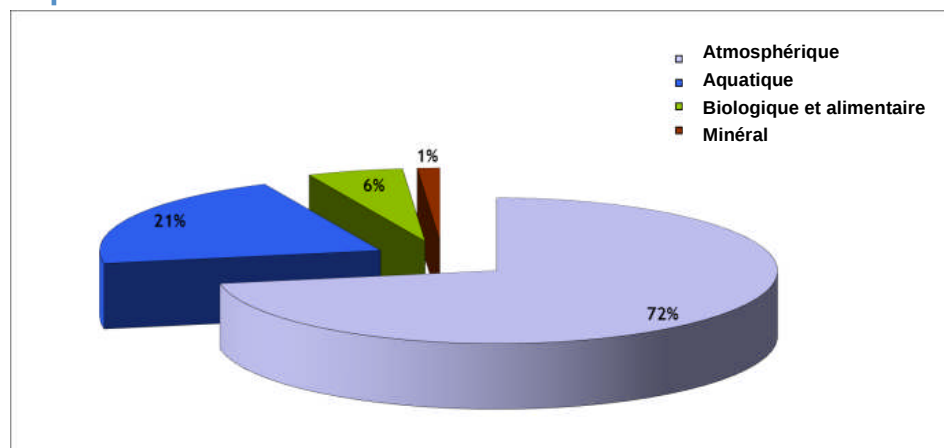
Le RNM : le rapport de synthèse (BR)

Pourquoi ? Par qui ?

Conformément à la réglementation, l'IRSN a la charge d'établir un rapport de synthèse sur l'état radiologique de l'environnement à partir des données du RNM, complété par des estimations des impacts radiologiques des principales activités nucléaires.



Sur la base des données 2010-mi 2011, 7 rédacteurs ou relecteurs principaux ont analysé, traité, vérifié plus de 300 000 mesures RNM auxquelles s'ajoutent des mesures complémentaires de l'IRSN



Le BR



Au final, un document conséquent de plus de 300 pages



- I La surveillance radiologique de l'environnement (20 pages)**
- II Le RNM et les acteurs de la surveillance en France (14 pages)**
- III Événements et expertises ponctuelles (20 pages)**
- IV La surveillance du territoire français (70 pages)**
- V Sites du cycle du combustible (100 pages)**
- VI Centres de recherche et des bases navales (60 pages)**
- VII Installations utilisant des sources de radioactivité ... (13 pages)**
- VIII Exposition de la population en France aux RI (12 pages)**
- IX Les sources d'informations sur la surveillance (12 pages)**
- X Comprendre la radioactivité (8 pages)**
- XI Annexes (6 pages)**

Le BR : améliorer le contenu et la présentation

Rédaction de nouveaux chapitres

Présentations des installations, du RNM et refonte d'autres chapitres (la surveillance de l'environnement, comprendre la radioactivité)

Intégration de la période Fukushima :

- sous-chapitre dédié à cet événement
- distinction dans l'analyse des données



Présentation des données par site (regroupement des CNPE par bassins versants) puis par compartiment (atmosphérique, terrestre, aquatique)

Recours à un sous-traitant pour la mise en page, la création d'éléments visuels et graphiques, maquettage

De nombreux **Focus** (rex BR IRSN 2009)

...

Le BR : améliorer le contenu et la présentation

Exemple de REX :

I'APEL (Action Pilote Environnement Loire)

■ *“L’effort de transparence résulte également du souci de clarté et d’intelligibilité dans la présentation des résultats de mesures”*

- Orienter l'accès aux informations par typologie de lecteurs
- Favoriser les représentations graphiques et les cartes, les chroniques longues
- Harmoniser l'utilisation des unités et les expliciter
- Associer aux résultats des commentaires et des valeurs de comparaison



■ *“Les membres des CLI ...//...souhaitent développer leur compréhension du volet sanitaire”*

Le BR : améliorer l'accès aux informations

Chemins
de lecture

ACCÈS PAR TYPOLOGIE DE LECTEUR

PUBLIC NON AVERTI

- Chapitre X** Comprendre la radioactivité
- Chapitre I** La surveillance radiologique de l'environnement
- Chapitre IV** La surveillance du territoire français métropolitain et outre-mer
- Chapitre VIII** Exposition de la population en France aux rayonnements ionisants
- Chapitre IX** Les sources d'informations sur la surveillance de la radioactivité et la diffusion des données

PUBLIC AVERTI

- Chapitre I** La surveillance radiologique de l'environnement
- Chapitre II** Le RNM et les acteurs de la surveillance en France
- Chapitre IV** La surveillance du territoire français métropolitain et outre-mer
- Chapitre V** La surveillance des sites du cycle du combustible nucléaire
- Chapitre VI** La surveillance des centres de recherche et des bases navales nucléaires
- Chapitre VII** La surveillance des installations utilisant des sources de radioactivité naturelle ou artificielle
- Chapitre VIII** Exposition de la population en France aux rayonnements ionisants

PUBLIC SPÉCIALISTE ET PROFESSIONNEL

- Accès à tous les chapitres en privilégiant ceux présentant directement les résultats de la surveillance (chapitres III à VII) et l'évaluation des doses reçues par la population (chapitre VIII).
- Pour faciliter l'accès direct aux résultats, un sommaire cartographique est proposé en page suivante.

Le BR : améliorer l'accès aux informations

ACCÈS PAR SITE : SOMMAIRE CARTOGRAPHIQUE

Ce sommaire cartographique est destiné aux lecteurs avertis ou professionnels souhaitant accéder directement aux informations et aux résultats des principaux sites nucléaires en France (chapitres V, VI et VII).

- Conversion de l'uranium
- Enrichissement de l'uranium
- Fabrication des assemblages combustibles
- Traitement du combustible usé et recyclage
- Stockage en surface des déchets radioactifs
- Centres nucléaires de production d'électricité
- Atelier de maintenance nucléaire
- Centres de recherche
- Bases navales nucléaires
- Traitement de minerais
- Centres d'ionisation

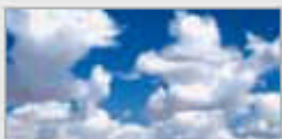


Carte des zones minières françaises : p. 113

Le BR : améliorer l'accès aux informations



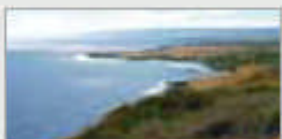
ACCÈS PAR THÉMATIQUE À LA SURVEILLANCE GÉNÉRALE DU TERRITOIRE FRANÇAIS



Le compartiment atmosphérique (air, aérosols, eau de pluie) p. 62



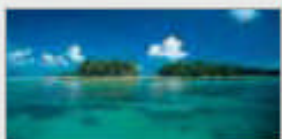
Le milieu continental (lait, céréales, champignons, eaux de surface) p. 70



Le milieu marin et littoral (eau, sédiments, algues, faune aquatique) p. 75



Les constats radiologiques régionaux p. 100



La surveillance radiologique outre-mer p. 106

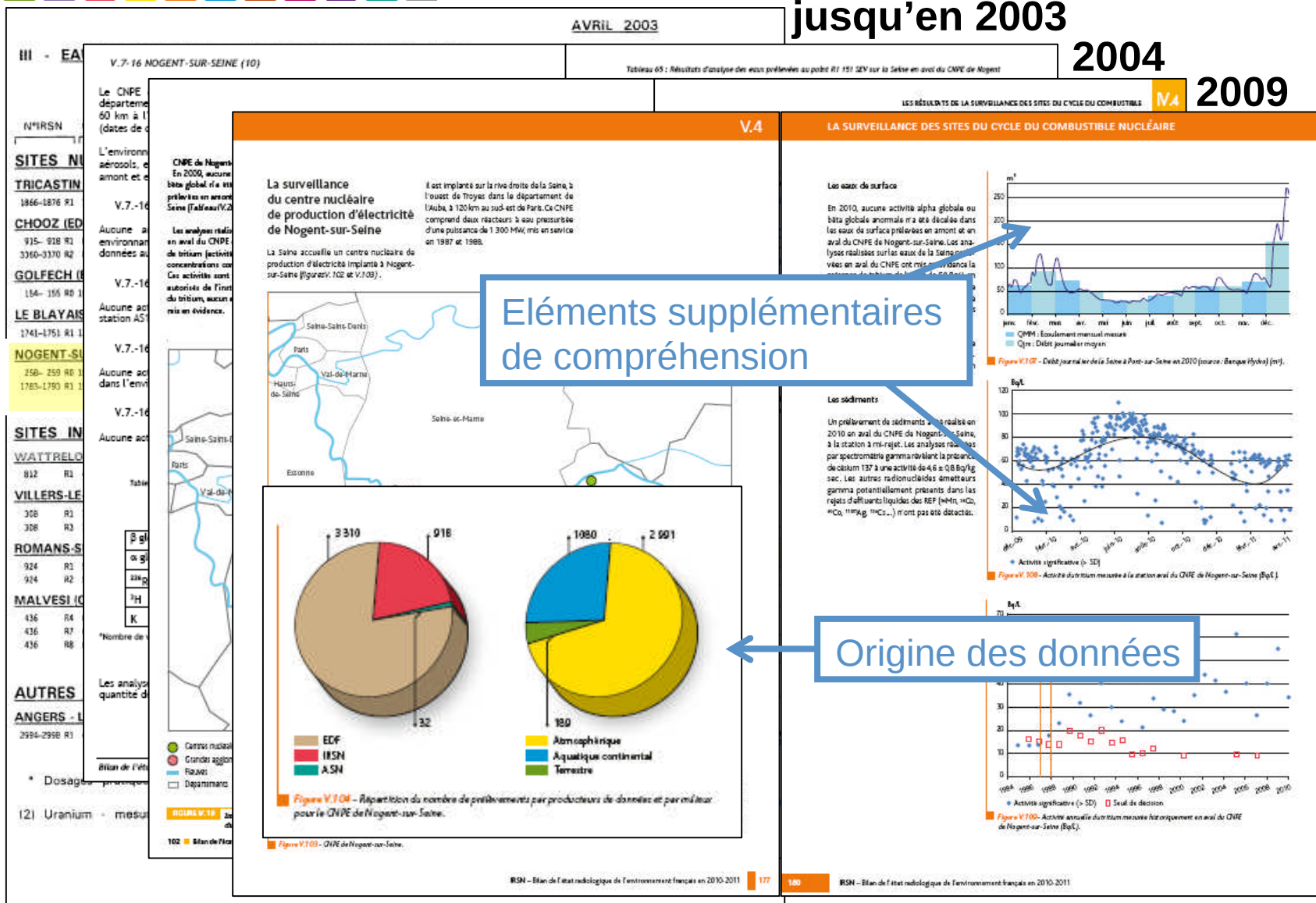
jusqu'en 2003

2004

2009

2010

2011



Le BR : améliorer le contenu (les focus)

FOCUS • AFCN

La surveillance radiologique du territoire en Belgique

FOCUS • IRSN

Le Groupe d'expertise pluraliste (GEP) sur les mines d'uranium du Limousin

FOCUS • DGAL

La surveillance des denrées alimentaires réalisée par la DGAL

FOCUS • EDF

Répartition des balises de surveillance EDF autour des CNPE

FOCUS • IRSN

Le tritium lié

Le tritium est un radionucléide d'origine naturelle et artificielle. Le tritium « naturel » provient essentiellement de l'interaction des neutrons cosmiques sur l'azote ou l'oxygène de l'air. La production annuelle mondiale de tritium naturel s'élève à $7,4 \times 10^{16}$ Bq. Dans les années passées, le tritium « artificiel » présent dans l'environnement provenait essentiellement des retombées globales consécutives aux essais d'armes nucléaires effectués dans l'atmosphère. Cette rémanence tend à s'estomper et à disparaître. Le tritium est également produit par la plupart des installations nucléaires. Le tableau IV.19 recense les principales sources artificielles de tritium dans les eaux marines métropolitaines.

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le tritium participe au cycle de cet élément dans l'environnement naturel. C'est un radionucléide qui, sous forme d'eau tritiée, est très mobile. Dans les végétaux ou les animaux, on le trouve dans l'eau cellulaire (tritium libre ou HTO) et également dans

Tableau IV.19 - Activités en tritium rejetées dans le milieu marin en 2010 (TBq*).

Installations nucléaires	Activités rejetées (TBq*)	
	Rejets liquides	Rejets gazeux
Areva La Hague	9 950	56,8
CNPE de Flamanville	49,3	0,68
CNPE de Paluel	88,6	2,11
CNPE de Penly	64,8	2,08
CNPE de Gravelines	74	3,34
Usine de Sellafield (Angleterre)	1 400	98

* 1 TBq (térabecquerel) : $1 0^{12}$ Bq

Le tritium lié dans les algues

Des algues (*fucus dentelé* et *fucus vésiculeux*) ont été prélevées en six stations situées sur le littoral atlantique, de la Manche et de la mer du Nord. Les activités en tritium liées mesurées sont très faibles mais permettent toutefois de mettre en évidence un marquage dû aux rejets liquides des usines de combustibles usés de traitement de La Hague et de

Sellafield (figure IV.62). L'impact de ces installations est mesuré de Carteret à Dunkerque, le maximum d'activité étant observé dans les *fucus vésiculeux* prélevés à Horfleur ($1,7 \pm 0,26$ Bq/kg sec). Cette activité est supérieure d'un facteur 8 par rapport à celle mesurée dans les *fucus vésiculeux* prélevés à Oléron ($0,216 \pm 0,006$ Bq/kg sec), situés hors influence de toute activité nucléaire.

Le BR : améliorer la pédagogie



Le BR : améliorer la pédagogie

COMPRENDRE LA RADIOACTIVITÉ

Nous vivons dans un environnement naturellement radioactif. La radioactivité fait partie de l'univers. Sans aucune intervention humaine, elle est présente partout sur Terre, au sein de la matière et même des êtres vivants. Elle provient de nombreuses sources : les rayonnements cosmiques, l'atmosphère et la croûte terrestre. Nos aliments contiennent également des éléments radioactifs tels que le potassium. Le corps humain lui-même contient des radionucléides et constitue donc une source de radioactivité. Les rayonnements émis sont invisibles mais mesurables avec une haute sensibilité et une grande précision.

X.1 L'ATOME ET LES RAYONNEMENTS

Dans la nature, la matière est constituée de molécules qui sont des combinaisons d'atomes. Un atome (figure X.1) est composé :

- d'un noyau central (ou nucléon) composé de particules, des nucléons, qui se répartissent en deux espèces : les protons et les neutrons. Les nucléons sont deux mille fois plus lourds que l'électron ;
- d'un nuage périphérique composé d'électrons qui se déplacent si vite qu'en une fraction de seconde, ils parcourent un très grand nombre de fois l'espace qui entoure le noyau.

Certains noyaux atomiques instables ont la propriété de se transformer spontanément en d'autres corps : on dit qu'ils se désintègrent. A cette occasion, ils émettent différents types de rayonnements dont les plus énergétiques transfèrent assez d'énergie aux électrons de la matière pour les arracher de leur atome.

Les atomes ainsi privés de certains de leurs électrons sont alors chargés positivement. Les atomes voisins qui accueillent les électrons se chargent négativement. Les atomes chargés positivement ou négativement sont appelés ions. Les rayonnements capables de provoquer de telles réactions sont dits « ionisants » : c'est le phénomène de la radioactivité.

Les différents rayonnements ionisants (figure X.2) sont :

- les rayonnements cosmiques, d'origine galactique ou solaire, composés de particules qui se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière ;
- les ondes électromagnétiques les plus énergétiques, soit les rayonnements X et gamma ;

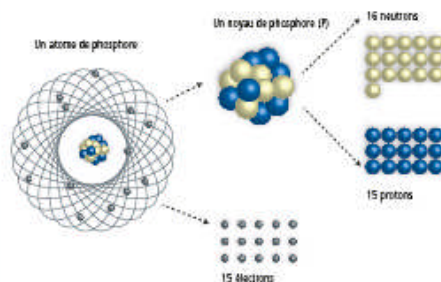


Figure X.1 - L'atome de phosphore.

- les rayons X peuvent être produits par un faisceau d'électrons envoyé sur une cible métallique. Ces électrons interagissent avec les électrons des atomes du métal, les font changer d'énergie et émettent des rayons X ;
- les rayons gamma sont émis par des atomes radioactifs lors de leur désintégration. Il faut recourir, par exemple, à de fortes épaisseurs de plomb ou de béton pour arrêter les rayonnements X et gamma ;
- les rayonnements alpha, bêta plus et bêta moins (particules émises par des atomes radioactifs lors de leur désintégration) :
 - les rayonnements alpha, constitués par un flux de noyaux d'hélium (formés de deux protons et de deux neutrons), sont arrêtés par une simple feuille de papier ;
 - les rayonnements bêta, constitués par un flux d'électrons, sont arrêtés par une feuille d'aluminium ;
- les neutrons libres qui sont surtout présents dans les réacteurs nucléaires : ils sont émis, par exemple, lors de la fission d'atomes d'uranium 235, ils sont indirectement ionisants car c'est leur capture par les noyaux ou leur interaction avec ceux-ci qui génère des rayonnements gamma ou diverses particules. Les neutrons sont aussi présents aux altitudes élevées des avions long courrier et subsoniques, ils participent à 30 % de la dose reçue par le personnel navigant.

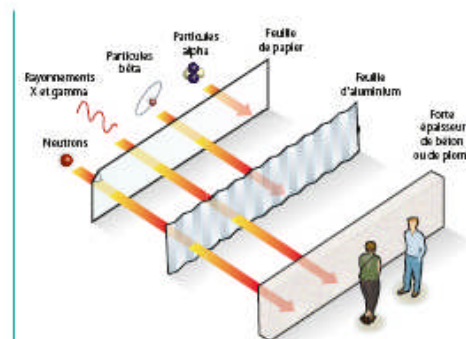


Figure X.2 - Les différents pouvoirs de pénétration des rayonnements alpha, bêta, gamma et des neutrons.

X.2 LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ

Les rayonnements issus de la radioactivité ne sont pas directement perceptibles. La radioactivité est invisible, inaudible, inodore... Elle n'a donc pu être mise en évidence que lorsque l'homme a eu à sa disposition des outils permettant d'observer le phénomène, puis de déterminer sa nature et de mesurer son intensité avec précision grâce à divers appareils.

Pourquoi la radioactivité diminue-t-elle ?

La radioactivité diminue avec le temps. Mais un temps plus ou moins long selon les

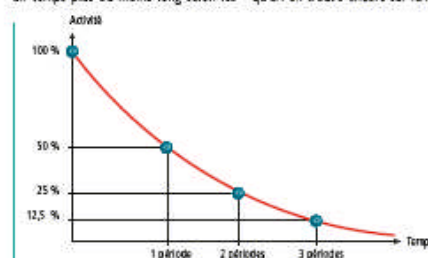


Figure X.3 - Représentation graphique de la décroissance radioactive.

atomes et qui dépasse parfois celui d'une existence humaine. A mesure qu'un atome se désintègre, sa radioactivité disparaît lorsqu'il se transforme en atome stable, donc non radioactif.

Deux chercheurs (Rutherford et Soddy) ont établi qu'une substance radioactive perd la moitié de sa radioactivité, c'est-à-dire que la moitié des atomes de la substance se sont désintégrés, sur une durée de temps qui lui est propre. Cette durée est appelée « période radioactive » ou « demi-vie ».

Elle varie (figure X.3) d'un atome à l'autre (tableau X.4). La période peut, selon les radionucléides, aller d'une fraction de seconde à des milliards d'années. L'uranium 238 a une demi-vie de près de 4,5 milliards d'années. C'est cette longue période qui explique qu'on en trouve encore sur Terre à l'état

Tableau X.4 - Exemples de périodes radioactives.

Éléments chimiques	Période radioactive
Uranium 238	4,47 milliards d'années
Potassium 40	1,3 milliards d'années
Uranium 235	704 millions d'années
Carbone 14	5 730 ans
Radium 226	1 600 ans
Césium 137	30,2 ans
Strontium 90	28,8 ans
Tridium	12,3 ans
Cobalt 60	5,27 ans
Iode 131	8,05 jours
Phosphore 30	2,55 minutes
Hélium 6	0,82 seconde

naturel. La période de l'uranium 235 est de près de 700 millions d'années ; c'est ce qui explique que, comparativement à l'uranium 238, on en trouve relativement peu (il ne constitue que 0,7 % de l'uranium naturel).

Comprendre les unités de mesure de la radioactivité

Pour quantifier la radioactivité et mesurer ses effets, trois unités de mesure spécifiques sont utilisées : le becquerel, le gray et la sievert.

Le becquerel (Bq)

La radioactivité d'un échantillon se caractérise par le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs par seconde qui s'y produisent. L'unité de mesure de la radioactivité est le becquerel (Bq).

1 Bq = 1 désintégration par seconde

C'est une unité de mesure très petite. Par exemple, un homme de 60 kg a une activité d'environ 6 000 Bq de potassium radioactif dans son squelette. L'activité de sources s'exprime la plus souvent en multiples du becquerel (kBq, MBq, GBq, TBq), tandis que l'activité d'échantillons environnementaux s'exprime en Bq, mBq ou µBq.

Le BR : informations sur le volet sanitaire

L'évaluation faite à partir des mesures de l'environnement ne constitue pas un calcul d'impact du fait de l'incomplétude des mesures significatives

Exemple : Sur les 18 600 résultats relatifs au compartiment biologique
 70 % des valeurs sont inférieures aux seuils de décision
 sur les 30 % de valeurs significatives : 10 % concernent des produits comestibles et
 5% des activités sur les radionucléides autres que le 40K

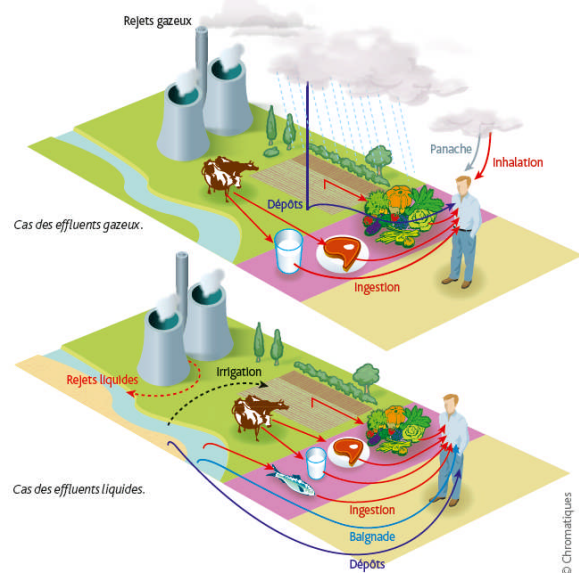
Des valeurs de calculs partiels sont présentées et commentées : (extrait)

Denrée	Localisation	Radionucléide	Moyenne (Bq/kg frais ou Bq/L)	Écart-type (Bq/kg frais ou Bq/L)	Nombre de mesures	Dose efficace unitaire (μ Sv/kg ou μ Sv/L ingéré)	Commentaires sur les mesures
Fruits de mer	La Hague	^{14}C	50	13	14	2,9E-2	Les mesures de ^{14}C sont légèrement supérieures au bruit de fond (naturel et rémanence des tirs atmosphériques) pour La Hague, et au niveau du bruit de fond pour le site de Marcoule.
Lait de vache	La Hague		22	6	85	1,3E-2	
Poisson	La Hague		36	15	30	2,1E-2	
Viande	La Hague		39	16	4	2,2E-2	
Fruits	Marcoule		9	5	13	5,5E-3	
Fruits de mer	La Hague	^{60}Co	0,18	0,16	18	6,0E-4	Valeur attribuable aux rejets actuels.
Thym	Cadarache	^{137}Cs	0,62	0,28	20	8,1E-3	Toutes les mesures de ^{137}Cs sont dans la gamme des valeurs habituelles hors influence d'installation (rémanence des dépôts des tirs atmosphériques et de Tchernobyl).
Poisson	FBFC Romans		0,16	0,05	3	2,0E-3	
Poisson	La Hague		0,14	0,05	18	1,8E-3	
Poisson	Marcoule		0,45	0,18	11	5,9E-3	
Poisson	Tous CNPE		0,16	0,14	15	2,1E-3	
Salade	Tous CNPE		0,29	0,51	8	3,8E-3	

Le BR : informations sur le volet sanitaire

Autres types d'informations présentées :

Évaluation de l'impact radiologique des activités nucléaires par modélisation



L'évaluation de l'impact de Fukushima sur la population française

Au bout de...	Équivalent de dose efficace cumulée (adulte)
2 mois	0,4
1 an	1,6
2 ans	2,5
3 ans	3,3

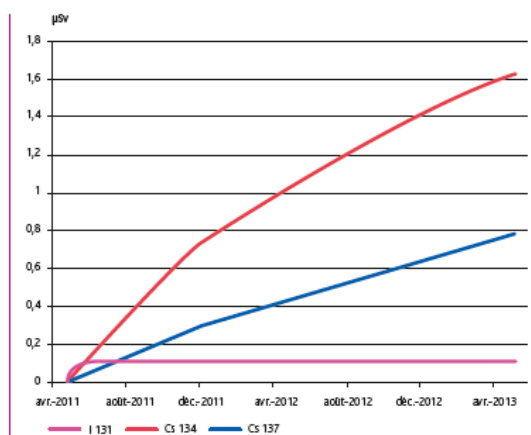


Figure VII.8 - Contribution des différents radionucléides à la dose efficace cumulée potentiellement reçue par un adulte, due à l'irradiation externe par le dépôt, pour un dépôt maximum théorique de 600 Bq/m² d'iode 131, 60 Bq/m² de césium 134 et 60 Bq/m² de césium 137.

Evaluation de la qualité radiologique des eaux potables en France



Perspectives

L'ouverture du site internet du RNM a représenté une étape importante dans la réponse à la demande sociétale croissante de transparence en matière environnementale. **La sortie du BR, en fin d'année, en sera une nouvelle.**

Cette démarche de centralisation et de restitution est **unique** en Europe, voire dans le monde. Pour autant, elle ne doit pas déresponsabiliser les producteurs de communiquer sur l'ensemble de leurs données de surveillance (et ce d'autant qu'elles ne sont pas toutes présentes dans le système RNM).

Les travaux du RNM et du BR se **poursuivront** afin de mieux prendre en compte les attentes et les constats exprimés par le public et les parties prenantes :

Le travail sur l'harmonisation des pratiques, et donc des déclarations des producteurs au RNM, permettra d'améliorer la lisibilité et l'exploitation des mesures transmises.

Le RNM est un **réseau jeune** (2009) et gagnera à s'enrichir d'année en année

Un autre travail (via un GT) portera sur **la meilleure façon d'aborder le volet sanitaire** à partir des données de l'environnement présentes dans le RNM.



Formations

Questions : support technique

Laure WYCKAERT

laure.wyckaert-aptus@irsn.fr

01.58.35.81.50



Merci de
votre
attention !