

BILAN DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT FRANÇAIS EN 2005

SYNTHÈSE DES RESULTATS DES RESEAUX DE SURVEILLANCE DE L'IRSN



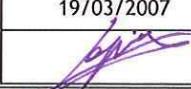
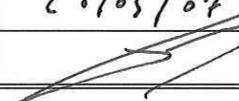
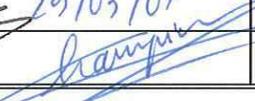
DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'INTERVENTION
SERVICE D'ÉTUDE ET DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS
L'ENVIRONNEMENT

Demandeur	
Référence de la demande	
Numéro de la fiche programme	

**BILAN DE L'ETAT RADIOLOGIQUE
 DE L'ENVIRONNEMENT FRANÇAIS
 EN 2005**

**SYNTHESE DES RESULTATS DES
 RESEAUX DE SURVEILLANCE DE L'IRSN**

Rapport DEI/SESURE n° 2007-30

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur *	Chef du SESURE	Directeur de la DEI	Directeur Général
Noms	LVRE	P. CUENDET	JM. PERES	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	19/03/2007	20/03/2007	28/03/07	29/03/07	23/04/07
Signatures					

*rapport sous assurance de la qualité

Page intentionnellement blanche

AUTEURS

Nom	Organisme
CHITRY Frédéric	IRSN/DEI/SESURE
CUENDET Pascal	
D'AMICO Donato	
DEBAYLE Christophe	
DELABBAYE Pascale	
GUILLEVIC Jérôme	
LE BAIL Claude	
LEPRIEUR Fabrice	
PIERRARD Olivier	

Page intentionnellement blanche

- SOMMAIRE -

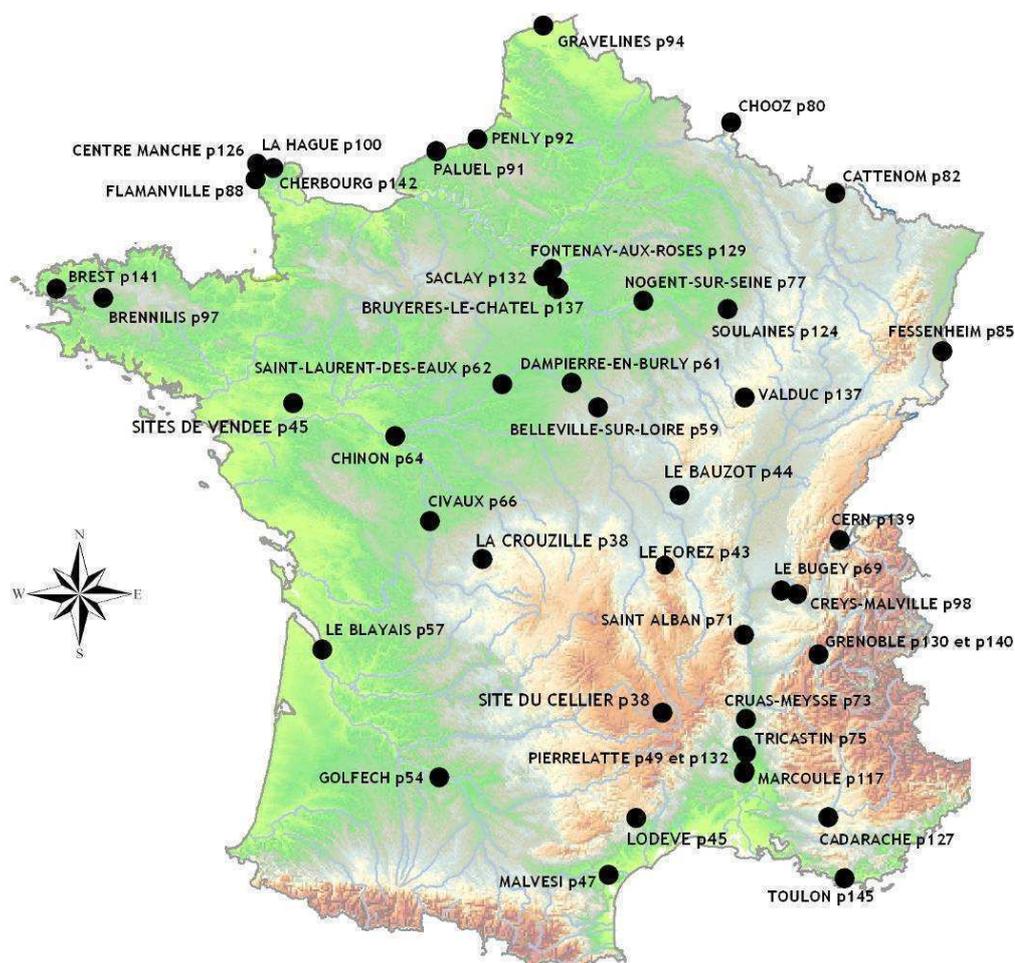
I. AVANT PROPOS.....	13
II. RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN.....	16
III. MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS.....	21
IV. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT.....	23
IV.1. LES OBJECTIFS DE LA VEILLE RADIOLOGIQUE.....	23
IV.2. ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE ET MOYENS ALLOUES.....	24
IV.2.1 Les réseaux de télésurveillance.....	25
IV.2.2 Les réseaux de prélèvements.....	26
IV.3. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR LE CHOIX DES STATIONS DE SURVEILLANCE.....	28
IV.3.1 Choix des stations de prélèvements.....	28
IV.3.2 Choix des matrices environnementales.....	29
IV.3.3 Plan d'analyse.....	30
V. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES SITES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE. 32	
V.1. LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE.....	32
V.2. LA SURVEILLANCE DES EFFLUENTS RADIOACTIFS.....	33
V.3. LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT A PROXIMITE DES SITES NUCLEAIRES.....	36
V.4. PRESENTATION DES RESULTATS.....	37
V.5. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES ANCIENS SITES MINIERS.....	38
V.5.1 Site du Cellier (12).....	38
V.5.2 Division minière de la Crouzille (87).....	38
V.5.3 Site du Forez (42).....	43
V.5.4 Site du Bauzot (71).....	44
V.5.5 Site de Lodève (34).....	45
V.5.6 Site de Vendée (44).....	45
V.6. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES DE L'AMONT DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE.....	46
V.6.1 Site de Malvesi (11).....	47
V.6.2 Site de Pierrelatte (26).....	49
V.7. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRALES NUCLEAIRES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE.....	53
V.7.1 Bassin versant de la Garonne (82, 33).....	53
V.7.2 Bassin versant de la Loire (18, 45, 41, 37, 86).....	59
V.7.3 Bassin versant du Rhône (01, 38, 07, 26).....	69
V.7.4 Bassin versant de la Seine - Nogent-sur-Seine (10).....	77
V.7.5 Bassin versant de la Meuse - Chooz (08).....	80
V.7.6 Bassin versant de la Moselle - Cattenom (57).....	82
V.7.7 Bassin versant du Rhin - Fessenheim (68).....	85
V.7.8 Le littoral de la Manche (50, 76, 59).....	88
V.7.9 Installations à l'arrêt (29, 38).....	97
V.8. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AVAL DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE.....	100
V.8.1 Site de la Hague (50).....	100
V.8.2 Site de Marcoule (30).....	117
V.9. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRES DE STOCKAGE.....	124
V.9.1 Centre de stockage de Soulaïnes (10).....	124
V.9.2 Centre de stockage de la Manche (50).....	126

VI. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES SITES DE RECHERCHES ET D'ETUDES NUCLEAIRES, ET DES BASES NAVALES NUCLEAIRES.....	127
VI.1. LES CENTRES DE RECHERCHE	127
VI.1.1 CEA - centre de Cadarache (13).....	127
VI.1.2 CEA - centre de Fontenay-aux-Roses (92).....	129
VI.1.3 CEA - centre de Grenoble (38).....	130
VI.1.4 CEA - centre de Valhro - Sites de Pierrelatte (26) et Marcoule (30).....	132
VI.1.5 CEA - centre de Saclay (91).....	132
VI.1.6 CEA - centre de Bruyères-le-Châtel (91).....	137
VI.1.7 CEA - centre de Valduc (21).....	137
VI.1.8 CERN - Prévessin (01).....	139
VI.1.9 Institut Laue Langevin - Grenoble (38).....	140
VI.2. LES BASES NAVALES NUCLEAIRES	140
VI.2.1 Brest (29).....	141
VI.2.2 Cherbourg (50).....	142
VI.2.3 Toulon (83).....	145
VII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES REJETS RADIOACTIFS DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE.....	146
VII.1. UTILISATION DES RADIONUCLEIDES PAR LA MEDECINE NUCLEAIRE	146
VII.2. LE RESEAU TELEHYDRO	146
VII.2.1 Principe de fonctionnement.....	148
VII.2.2 Résultats acquis en 2005 et projet de modernisation du réseau.....	149
VIII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE	150
VIII.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE	150
VIII.1.1 L'air.....	150
VIII.1.2 Les aérosols atmosphériques.....	157
VIII.1.3 Les eaux de pluies.....	165
VIII.2. LE MILIEU CONTINENTAL.....	167
VIII.2.1 Les cours d'eau (fleuves et rivières).....	167
VIII.2.2 Les stations de suivi continental terrestre.....	181
VIII.2.3 Cas particulier des rizières de Camargue.....	185
VIII.3. LE LITTORAL.....	187
VIII.3.1 Les eaux de mer.....	187
VIII.3.2 La baie de Seine.....	190
VIII.4. LES CONSTITUANTS DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE.....	190
VIII.4.1 Le lait.....	190
VIII.4.2 Le blé.....	192
VIII.4.3 La ration alimentaire.....	193
IX. DIFFUSION DES DONNEES SUR INTERNET	195
IX.1. LE SITE TELERAY	195
IX.2. LE SITE EAU	196
X. GLOSSAIRE.....	198

XI. ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS .	202
XI.1. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?.....	202
XI.2. QU'EST-CE QUE LA FISSION.....	202
XI.3. LA PERIODE RADIOACTIVE D'UN ELEMENT	203
XI.4. D'OU VIENT LA RADIOACTIVITE ?.....	203
<i>XI.4.1 Les sources d'exposition naturelle.....</i>	<i>203</i>
<i>XI.4.2 Les sources d'exposition provenant des applications des rayonnements ionisants</i>	<i>205</i>
XI.5. LES RAYONNEMENTS IONISANTS.....	205
<i>XI.5.1 Les différents rayonnements ionisants.....</i>	<i>206</i>
<i>XI.5.2 Les effets biologiques des rayonnements ionisants</i>	<i>206</i>
<i>XI.5.3 Les modes d'exposition aux rayonnements</i>	<i>207</i>
XII. NOTIONS DE RADIOPROTECTION.....	208
XIII. CONTACTS.....	210
XIV. INDEX DES FIGURES.....	212
XV. INDEX DES CARTES.....	216
XVI. INDEX DES TABLEAUX.....	218

Page intentionnellement blanche

Accès direct aux résultats de la surveillance environnementale des sites industriels nucléaires français



Accès direct aux résultats de la surveillance générale du territoire français

Page 150 : LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Page 167 : LE MILIEU CONTINENTAL

Page 187 : LE LITTORAL

Page 190 : LES CONSTITUANTS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

Page intentionnellement blanche

I. AVANT PROPOS

La surveillance radiologique de l'environnement français est une mission permanente de l'IRSN en appui aux autorités. Cette mission a pour objectif de contribuer au contrôle des rejets radioactifs, et de vérifier les niveaux radiologiques de l'environnement en les associant à des dispositifs d'alerte. Elle est complétée par l'observation périodique de l'évolution radiologique dans divers compartiments de l'environnement (atmosphérique, terrestre, aquatique continental et marin).

Pour y répondre, l'Institut gère et développe des réseaux de prélèvement et de mesure en continu sur l'ensemble du territoire :

- 210 systèmes autonomes avec une transmission en temps réel assurent la mesure en continu de la radioactivité dans l'air et dans l'eau, permettant la détection rapide d'un événement radiologique significatif ;
- la collecte régulière d'échantillons sur 600 lieux de prélèvement répertoriés permet par ailleurs de quantifier les niveaux d'activité dans une trentaine de matrices environnementales (éléments constitutifs des compartiments de l'environnement : aérosols, sédiments, herbes, mousses, mollusques ...). Ces échantillons sont mesurés dans les laboratoires accrédités de l'Institut.

Au total en 2005, plus de 31000 prélèvements ont été effectués, donnant lieu à plus de 60 000 analyses. Pour les réseaux de télésurveillance, près de 20 millions de mesures gamma ambiant, plus de 100 000 mesures dans les aérosols et plus de 500 000 dans les eaux ont été réalisées.

Ces stations de surveillance sont réparties selon une méthodologie permettant de répondre aux objectifs fixés. Le choix d'implantation prend en compte la présence des sources potentielles tels que les installations nucléaires afin de garantir au mieux la protection des populations. La stratégie de surveillance tient également compte de la connaissance des vecteurs et mécanismes de transferts dans les compartiments surveillés. Afin d'établir des points de référence, les milieux non soumis à l'influence d'installations nucléaires sont également régulièrement caractérisés.

Les plans d'analyse sont définis en fonction de la connaissance des radionucléides rejetés par les installations et selon la connaissance des dépôts « historiques » habituellement mesurés. Le choix d'une densité élevée de stations permet d'obtenir une représentativité suffisante de l'état radiologique de l'environnement tout en garantissant des niveaux de mesures aussi bas que possibles qui permettent de s'assurer de l'absence de risque sanitaire.

En 2005, les niveaux de radioactivité mesurés par le dispositif de surveillance sont restés dans la gamme habituellement observée.

Les débits de doses mesurés par le réseau de télésurveillance de l'air ont pour origine les rayonnements naturels tellurique et cosmique. Un grand nombre de mesures réalisées dans le cadre des réseaux de prélèvement reste inférieur aux limites de détection des appareils de mesure.

Page intentionnellement blanche

Un marquage de l'environnement par des radionucléides artificiels est mis en évidence à proximité de sources d'émission (ou rejet) connues (activité de l'industrie nucléaire, hospitalière) et également hors des zones d'influence, en raison de l'apport des retombées passées (essais atmosphériques d'armes nucléaires entre 1945 et 1980, accident de Tchernobyl en 1986 ...). Ce marquage est plus particulièrement observable dans les milieux aquatiques continentaux et marins.

Pour améliorer l'information concernant la surveillance radiologique du territoire, l'IRSN a choisi une diffusion permanente de ses résultats sur Internet (www.irsn.org / rubrique « radioactivité dans l'environnement »), complétée d'une synthèse annuelle diffusée sous format papier et sur CD ROM.

Le premier bilan radiologique de l'année 2004 a été mis en ligne sur le site Internet de l'IRSN et adressé à 400 interlocuteurs (préfectures, DRASS, DDASS, CLI, associations...). Les retours des questionnaires de satisfaction ont montré que ce nouveau format a été bien accueilli par l'ensemble des lecteurs. Afin d'en faciliter la compréhension, l'édition du rapport 2005 intègre de nouvelles améliorations, avec en particulier l'ajout de cartes à l'échelle nationale ou locale et le regroupement des centres nucléaires de production d'électricité par bassins versants.

Jacques Repussard

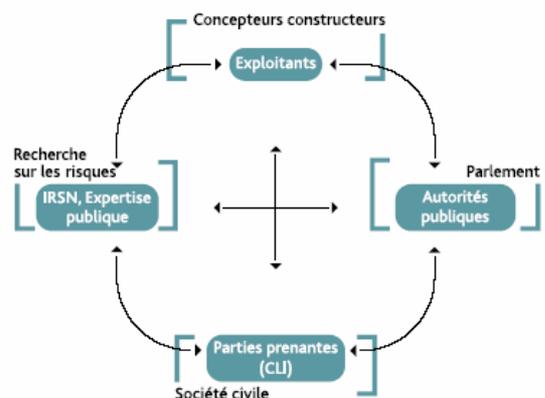
Directeur Général

II. RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire a été créé par la loi 2001-398 du 9 mai 2001. Expert public des risques, l'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire et de protection de la santé et de l'environnement au regard des rayonnements ionisants. Il interagit avec tous les acteurs concernés par ces politiques.

EN FRANCE, LA PREVENTION DES RISQUES NUCLEAIRES REPOSE SUR QUATRE PILIERS COMPLEMENTAIRES.

- Les exploitants sont responsables de la maîtrise des risques de leurs installations nucléaires. Ils doivent démontrer la pertinence des moyens techniques et organisationnels mis en œuvre à cet effet (dossiers de sûreté, études d'impact des rejets).
- Les autorités publiques (ASN, DSND) déterminent les politiques de sûreté nucléaire et de radioprotection. Elles organisent et mettent en œuvre le contrôle.
- L'IRSN, établissement public d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques, évalue pour les différentes autorités compétentes, les dossiers fournis par les exploitants. Il analyse en permanence le retour d'expérience du fonctionnement des installations et l'exposition des personnes et de l'environnement aux rayonnements. L'expertise de l'IRSN repose sur ses activités de recherche dans le domaine des risques qui lui assurent les connaissances, les outils et les méthodes d'évaluation les plus performants.
- Les Commissions Locales d'Information (CLI) rassemblent les parties prenantes concernées par une installation nucléaire donnée et forment un organe d'accès à l'information et de vigilance autour des enjeux de sûreté, de protection de la santé et de l'environnement.



L'IRSN EST UN ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL (EPIC) RATTACHE AUX MINISTRES CHARGES DE L'ECOLOGIE, DE LA RECHERCHE, DE LA SANTE, DE LA DEFENSE ET DE L'INDUSTRIE

- Son budget, (287,7 M€ en 2005) est financé à hauteur de 82 % par une subvention inscrite au budget du ministère de l'Écologie, dans le cadre de la mission LOLF « recherche et enseignement supérieur », programme « recherche sur les risques environnementaux », action « risques nucléaires et radiologiques ». Cette subvention est complétée par des financements publics ou privés, nationaux, européens ou internationaux dédiés à des programmes de recherche ou d'expertise spécifiques. L'IRSN rassemble près de 1600 salariés, dont plus d'un millier d'experts et de chercheurs.

- Ses ressources sont consacrées :
 - ✓ Pour 50 % à la recherche. Les programmes les plus lourds, nécessitant des réacteurs nucléaires de recherche ou des moyens conséquents (comportement des combustibles, simulations d'accidents, etc.), sont mutualisés au niveau international ;
 - ✓ Pour 35 % à l'appui technique aux autorités et aux missions de service public (surveillance radiologique, information, enseignement, etc.) ;
 - ✓ Pour 7 % à l'expertise nucléaire de défense, en appui aux autorités compétentes dans ce domaine ;
 - ✓ Pour 8 % aux prestations d'expertises et d'études réalisées dans un cadre contractuel.

L'IRSN COUVRE L'ENSEMBLE DU CHAMP DES ACTIVITES NUCLEAIRES CIVILES OU DE DEFENSE

- La sûreté des installations nucléaires (on en dénombre environ 250, dont 58 réacteurs EDF et 85 installations intéressant la défense ;
- La sûreté des transports de matières radioactives et fissiles (plus de 1 500 par an) ;
- La protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants : l'IRSN gère les données d'exposition individuelle d'environ 250 000 travailleurs ;
- La protection de la population et de l'environnement contre les risques liés aux rayonnements ionisants : l'IRSN dispose sur l'ensemble du territoire national de réseaux automatisés de surveillance radiologique et d'alerte, et surveille par échantillonnage la radioactivité des eaux et de la chaîne alimentaire ;
- La protection des matières et sensibles contre les risques de détournement à des fins de prolifération ainsi que la protection des installations et des transports nucléaires contre la malveillance ;
- Le suivi des sources radioactives, notamment en secteur médical ;
- En cas d'accident, l'IRSN est prêt à mobiliser ses moyens d'expertise, de mesure et d'intervention en appui aux autorités publiques, grâce à son Centre technique de crise et à ses moyens mobiles. Ces moyens permettent de dresser, en temps réel, un pronostic de l'évolution de l'installation accidentée et des rejets possibles de substances radioactives dans l'environnement, de cartographier la dispersion de ces substances sur le terrain, d'évaluer l'exposition des victimes éventuelles et de fournir un appui médical spécialisé aux unités de soins. Ce dispositif est régulièrement testé lors d'exercices nationaux.

L'IRSN EST UN ACTEUR DE LA TRANSPARENCE NUCLEAIRE

- L'information du public fait partie des missions de l'IRSN. Son portail Internet (www.irsn.org) propose une large palette d'informations adaptées à différents types de publics, plus de 900 000 consultations ont été enregistrées en 2005.
- L'IRSN anime une exposition itinérante sur le thème de la maîtrise des risques nucléaires. Il contribue à l'enseignement sur ces sujets.
- L'IRSN a signé un accord cadre avec la fédération des CLI, l'ANCLI, afin de rendre son expertise accessible aux parties prenantes et ainsi faciliter la compréhension de dossiers techniques qui sont souvent complexes.
- L'IRSN anime sur demande des pouvoirs publics des groupes d'expertise pluraliste sur des thèmes potentiellement générateurs de controverse au sein de la société.



Figure 1 : Implantations des sites de l'IRSN

Page intentionnellement blanche

III. MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS

Ce rapport annuel a été élaboré dans le but de faciliter l'accès aux données et la compréhension des résultats.

La présentation des résultats se décline selon un découpage thématique par type d'installation utilisant des matières nucléaires et des substances radioactives (centres nucléaires de production d'électricité (CNPE d'EDF), centre de retraitement, service de médecine nucléaire ...) ou par compartiment environnemental surveillé (air, eaux, milieu biologique ...). Les CNPE ont été regroupés par bassins versants ou par littoraux. Chaque partie peut être consultée indépendamment des autres.

Compte tenu du grand nombre de données acquises tout au long de l'année, seuls les résultats les plus pertinents ont été présentés sous forme de graphiques ou de tableaux synthétiques (valeur minimale, valeur maximale et moyenne sur l'année) :

- une couleur est attribuée à chaque radionucléide dont l'activité est présentée sous forme de graphique ;
- les signes « < » indiquent des résultats de mesure inférieurs aux limites de détection des appareils de mesures ;
- les moyennes de valeurs indiquées dans les tableaux sont calculées dès lors que plus de la moitié des résultats sont « significatifs », c'est-à-dire supérieurs aux limites de détection de nos appareils de mesures ;
- ces résultats sont assortis de commentaires explicatifs faisant référence aux séries chronologiques disponibles.

Pour des sites de même nature, des différences peuvent apparaître dans les plans de surveillance les concernant, pour des raisons géographiques, historiques ou en rapport avec des études particulières.

L'ensemble des résultats issus de la surveillance environnementale est par ailleurs disponible sur les sites Internet de l'IRSN ou sur demande auprès des unités en charge de la surveillance radiologique de l'environnement (voir la rubrique « contacts »).

Une carte d'implantation des stations de surveillance est systématiquement présentée en début de chaque chapitre thématique. Un sommaire cartographique est également disponible en début (page 11) et en fin de rapport (page 120). Celui-ci permet de visualiser facilement l'ensemble des stations de surveillance sur le territoire français et de trouver en un coup d'œil les pages recherchées.

Page intentionnellement blanche

IV. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

IV.1. LES OBJECTIFS DE LA VEILLE RADIOLOGIQUE

La surveillance radiologique de l'environnement du territoire français est l'une des missions fondamentales de l'IRSN¹. Celle-ci est indissociable de celles d'information du public et d'appui technique aux pouvoirs publics, notamment de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Les objectifs de la surveillance radiologique de l'environnement menée par l'IRSN sont les suivants :

1. mesurer périodiquement les niveaux de radioactivité dans l'environnement en lien avec un dispositif d'alerte et s'assurer qu'ils restent en deçà des seuils définis par la réglementation en vigueur ;
2. participer au contrôle des rejets radioactifs et contribuer à l'évolution de la réglementation dans ce domaine ;
3. observer l'évolution spatiale et temporelle de la qualité radiologique des milieux afin d'évaluer les améliorations de la gestion des sources d'émissions radioactives ;
4. mettre à disposition de la population des éléments d'information sur l'état radiologique de l'environnement et de la chaîne alimentaire.

En pratique, cette surveillance se décline selon les thématiques suivantes :

- la surveillance de l'environnement à proximité des installations susceptibles de rejeter des radionucléides (INB, INBS, ICPE, services de médecine nucléaire,...) ;
- la surveillance générale du territoire, comprenant les diverses composantes de l'environnement jusqu'à l'homme ; l'IRSN dispose ainsi, pour chaque compartiment étudié, de réseaux de prélèvements dédiés à :
 - la surveillance de l'air (activité gamma ambiante dans l'air, aérosols, eaux de pluie) ;
 - la surveillance des eaux de surface (fleuves) et des eaux souterraines (nappes phréatiques) ;
 - la surveillance du littoral (sédiments, faune et flore aquatiques, eaux de mer) ;
 - la surveillance de produits de la chaîne alimentaire de l'homme (lait, céréales, rations alimentaires) ;
 - la surveillance continentale terrestre (stations de référence éloignées de toute installation nucléaire ou industrielle).

La présentation des résultats acquis au cours de l'année 2005 est également déclinée selon cette logique.

¹ Voir le décret de création de l'IRSN n° 2002-254 du 22 février 2002

IV.2. ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE ET MOYENS ALLOUES

Afin de mener à bien sa mission de surveillance de l'environnement, l'IRSN développe et exploite deux approches complémentaires :

- I. La mesure en continu in situ par des systèmes autonomes permettant la transmission en temps réel des résultats (réseaux de télésurveillance) ;
- II. Le traitement et la mesure en laboratoire d'échantillons prélevés dans différents compartiments de l'environnement à proximité ou non d'installations susceptibles de rejeter des radionucléides (réseaux de prélèvements).

Ces approches sont développées et gérées à l'échelle nationale par l'IRSN. Elles se matérialisent par des stations fixes de télémessure ou de prélèvements.

Les positions des stations ont été définies en fonction de la proximité ou non d'installations nucléaires, de la présence de grands centres urbains, ou pour respecter un maillage garantissant une couverture géographique optimale du territoire national.

Afin de couvrir de manière efficace l'ensemble du territoire, les prélèvements d'échantillons, ainsi que les opérations de maintenance des stations de télémessure, sont réalisés non seulement par les équipes de l'IRSN, mais aussi par d'autres organismes avec lesquels l'Institut entretient des collaborations :

- Les services techniques des exploitants du nucléaire et des centres de recherches ;
- Météo France ;
- La Marine Nationale ;
- L'Ifremer ;
- Des institutions locales et des services déconcentrés de l'état : mairies, préfectures, Directions régionales et directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DRASS et DDASS) ... ;
- L'Office national interprofessionnel des céréales ;
- Des exploitants agricoles ;
- Des particuliers ;
- D'autres organismes ou laboratoires locaux (Laboratoire de la ville de Nice, ...).

Ces réseaux relationnels contribuent ainsi au bon fonctionnement des dispositifs de surveillance, qu'il s'agisse de moyens autonomes (réseaux de télésurveillance) ou de prélèvements rapatriés au centre IRSN du Vésinet pour y être analysés.

IV.2.1 LES RESEAUX DE TELESURVEILLANCE

Les réseaux de télésurveillance sont constitués de 210 sondes analysant en continu la radioactivité ambiante, dans le but de détecter de façon précoce toute élévation anormale de la radioactivité dans les milieux surveillés.

Ces sondes, réparties en quatre réseaux différents, sont spécifiquement adaptées aux milieux atmosphérique et aquatique :

- **TÉLÉRAY** : réseau dédié à la surveillance en continu de la radioactivité gamma ambiante de l'air (voir chapitre VIII.1.1.1) ;
- **SARA** : réseau dédié à la surveillance en continu de la radioactivité des aérosols atmosphériques (voir chapitre VIII.1.2.2) ;
- **HYDROTÉLÉRAY** : réseau dédié à la surveillance en continu des principaux fleuves, en aval de toutes les installations nucléaires et avant leur sortie du territoire national (voir chapitre VIII.2.1.1.2) ;
- **TÉLÉHYDRO** : réseau dédié à la surveillance en continu des eaux usées au sein des stations d'épuration de grandes agglomérations françaises (voir chapitre VII.2).



Figure 2: Salle de télésurveillance de l'IRSN

Les données acquises par ces quatre réseaux sont transmises automatiquement vers un serveur centralisé, la salle de télésurveillance, dédié au stockage, aux échanges et à la consultation des données ainsi qu'au pilotage des réseaux en situation d'urgence radiologique.

Tableau 1 : Nombre de données collectées en 2005 par les réseaux de télésurveillance

Réseau	Nombres de mesures /an
Téléray	19 000 000
SARA	114 000
Hydrotéléray	211 000
Téléhydro	316 000

IV.2.2 LES RESEAUX DE PRELEVEMENTS

Les réseaux de surveillance par prélèvements de l'IRSN sont alimentés par plus de 600 stations de prélèvements automatisés ou manuels. Ces prélèvements concernent :

- Les effluents rejetés par les installations sous formes gazeuse, aérosols et liquide ;
- Les différents compartiments de l'environnement susceptibles d'être contaminés :
 - Le compartiment atmosphérique (stations de prélèvements d'aérosols atmosphériques et de collecte d'eaux de pluies, réseau de dosimètres intégrateurs environnementaux pour la mesure du rayonnement gamma ambiant de l'air) ;
 - Les eaux de surface continentale ou marine ;
 - Les sols, les sédiments, les matières en suspension ;
 - Les productions végétales (végétaux terrestres, aquatiques ou semi-aquatiques tels que l'herbe, le blé, le riz, les algues ...) ;
 - Les productions animales (poissons, crustacés, mollusques, os de lapin, lait de vache) ;
 - Les rations alimentaires (produits de la chaîne alimentaire consommés par la population).

En 2005, 31 500 prélèvements de 29 types différents ont été effectués sur l'ensemble du territoire français. Ils ont donné lieu à plus de 60 000 analyses.

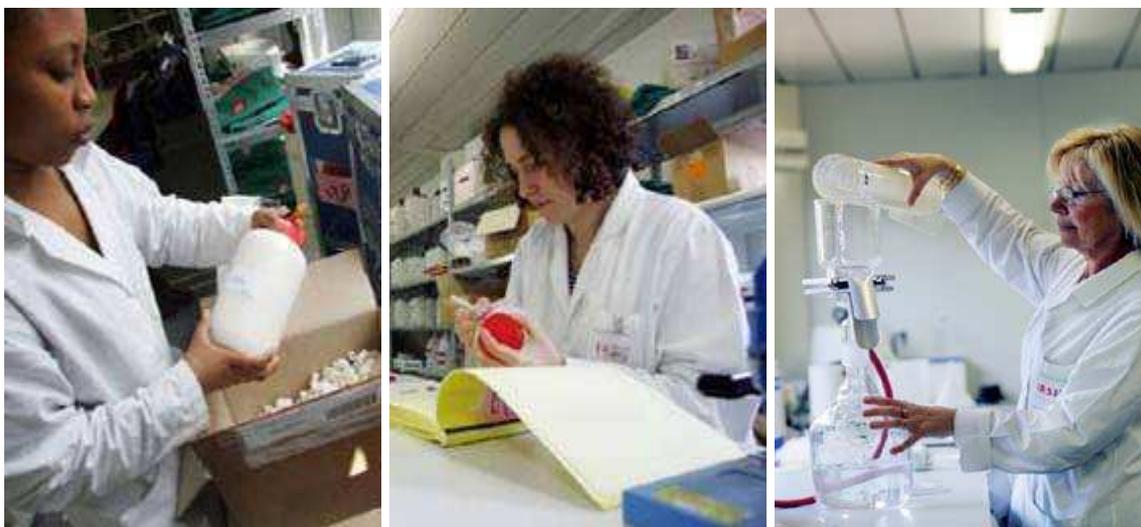


Figure 3 : Réception, enregistrement et traitement des échantillons dans les laboratoires de l'IRSN

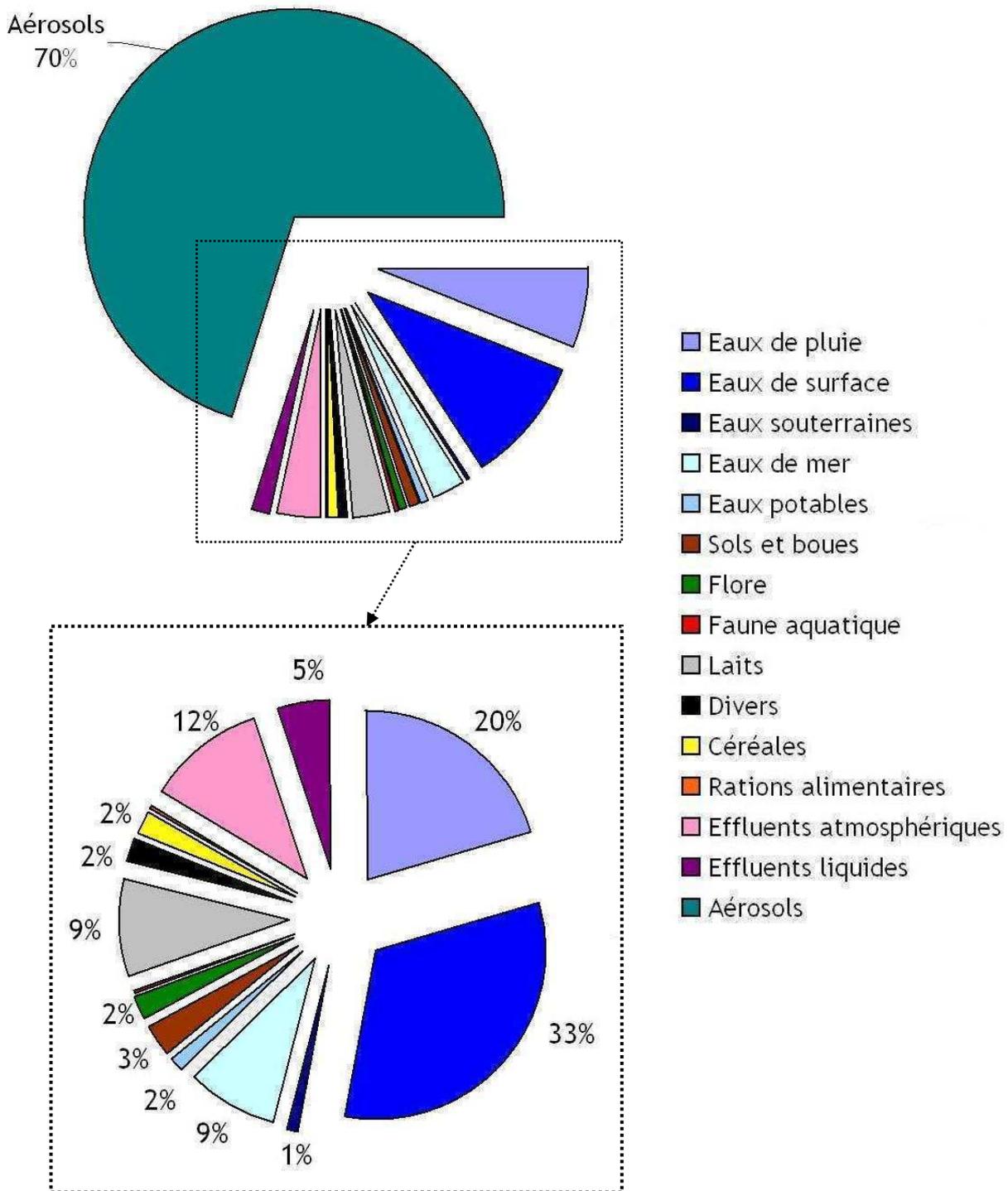


Figure 4 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2005 et zoom sur la répartition hors matrice aérosols

IV.3. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR LE CHOIX DES STATIONS DE SURVEILLANCE

Les rejets d'éléments contaminants dans les milieux récepteurs continentaux et marins présentent des caractéristiques et des mécanismes de transfert similaires qu'ils soient radioactifs ou non. En conséquence, les principes généraux d'échantillonnage appliqués in situ sont similaires à ceux utilisés pour la caractérisation de toute contamination. Ils s'appuient sur les guides et normes établis notamment dans le cadre du Bureau de normalisation des équipements nucléaires (BNEN - AFNOR). Le recours à des bioindicateurs de contamination qui facilitent l'identification et la quantification de la pollution concernée est nécessaire.

Sur un plan méthodologique, l'un des éléments essentiels qui conditionnent la représentativité et la validité des mesures tient à la démarche suivie pour l'acquisition des données et dépend donc de la stratégie d'échantillonnage adoptée. Pour chaque milieu étudié, terrestre, aquatique continental ou marin, il convient de définir les critères de choix de l'implantation des stations.

IV.3.1 CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENTS

IV.3.1.1 MILIEU TERRESTRE

Dans le domaine terrestre, le choix des stations de prélèvement est effectué en tenant compte des conditions de dispersion des rejets atmosphériques de l'installation nucléaire surveillée. La dispersion des rejets est directement influencée par la rose des vents locale. L'examen de la rose des vents permet donc de sélectionner les zones de prélèvements dans des secteurs sous influence ou non des vents principaux ou secondaires. A titre d'exemple, autour des installations nucléaires, les stations de prélèvement d'aérosols atmosphériques et les collecteurs d'eau de pluie sont systématiquement disposés sur des secteurs sous l'influence des vents principaux. Dans la mesure du possible, les prélèvements de lait sont également effectués dans des exploitations agricoles implantées à proximité de l'installation, sous les vents dominants.

L'IRSN dispose également de stations de référence implantées en milieu rural qui représentent les différentes régions climatiques françaises. Elles sont en outre éloignées de toute activité nucléaire significative. Ces stations permettent d'évaluer la composante radiologique "naturelle" en relation avec les caractéristiques climatiques régionales. Des prélèvements quotidiens d'aérosols atmosphériques ainsi que l'échantillonnage d'eau de pluie, de sol, de lait, de végétaux et d'os de lapin, sont effectués au niveau de chaque station de référence.

En complément de ces deux approches de surveillance, il a été jugé pertinent de surveiller certaines agglomérations représentatives de la démographie locale et régionale et situées à plus ou moins grande distance d'installations nucléaires importantes. Ces stations n'entrent cependant pas pour autant dans le dispositif spécifique de surveillance de ces sites. Leur finalité, différente de celles des stations de référence rurales, est d'évaluer l'exposition des populations dans des sites urbanisés, qu'ils soient proches ou non de sites nucléaires ou industriels.

IV.3.1.2 MILIEU AQUATIQUE CONTINENTAL

Dans le milieu aquatique continental, l'implantation des stations de prélèvement tient compte de la présence d'installations nucléaires, ou de rejets provenant de diverses sources susceptibles d'interférer avec les rejets de ces installations. Il est donc nécessaire d'effectuer des prélèvements à la fois en amont et en aval du site surveillé, pour déterminer, par comparaison des résultats, la contribution effective de chaque installation.

Les stations automatiques du réseau Hydrotéléray sont implantées en aval des fleuves qui reçoivent des effluents d'installations nucléaires afin d'effectuer une surveillance radiologique en continu des eaux de surface continentales avant leur sortie du territoire français, aux frontières terrestres et maritimes.

L'échantillonnage d'eau de surface peut être manuel ou automatique (hydrocollecteurs), et être associé à un prélèvement de sédiments ou de boues de décantation.

IV.3.1.3 MILIEU MARIN

Le milieu marin proche des installations nucléaires situées sur le littoral de la Manche et de la Mer du Nord subit, en plus des marées, des courants résiduels entraînant un déplacement des masses d'eau de l'ouest vers l'est. Ainsi, l'ouest de la Manche constitue l'amont et la Mer du Nord l'aval des rejets de cette façade maritime.

En Méditerranée, c'est le courant ligure d'est en ouest, qui influe de façon prédominante sur le transport et la dispersion des rejets associés, pour l'essentiel, aux eaux du Rhône. Des prélèvements d'eau de mer, de sédiments, de faune et de flore aquatiques sont alors réalisés à l'est et à l'ouest du delta du Rhône. La surveillance radiologique des eaux de mer est exercée par prélèvements ponctuels ou par hydrocollecteurs à partir de 31 stations métropolitaines et de 3 stations situées en Outre-Mer.

IV.3.2 CHOIX DES MATRICES ENVIRONNEMENTALES

Les tableaux ci-dessous détaillent les différents prélèvements effectués dans les milieux terrestre, aquatique continental et marin, ainsi que les critères associés à ces choix. Les moyens développés par l'IRSN pour assurer le prélèvement ou la télésurveillance de ces compartiments sont également indiqués.

IV.3.2.1 DOMAINE TERRESTRE

Milieux/Produits	Justification	Moyens IRSN
Air	Milieu récepteur des rejets atmosphériques liés au fonctionnement normal des installations ou en cas d'accident. Les particules et les gaz radioactifs présents dans l'air délivrent une dose à l'homme par irradiation externe et interne. Les aérosols sont également à l'origine d'un dépôt sec sur les sols, les végétaux ...	Réseau Téléray Réseau SARA Réseau Aérosols Réseau DTL
Eaux de pluie	Dépôt humide des aérosols (et donc de la radioactivité) par lessivage de la colonne d'air traversée par les gouttes d'eau	Eaux de pluie
Sols	Accumulation - concentration de radioactivité par dépôts sec ou humide. Les sols sont également responsables, par voie racinaire, de la contamination des légumes, des fruits ou des graminées	Sols des stations de référence
Productions végétales	Contamination par dépôt sur les parties aériennes ou par absorption racinaire. Risque de contamination interne après consommation	Végétaux (herbe) Céréales (blé, riz)
Productions animales	La présence de radioactivité dans l'affouragement entraîne son transfert dans les produits d'origine animale dont le lait, vecteur très sensible aux radionucléides (césium, strontium, iode,...)	Lait de vache Lait de chèvre Os de lapin
Ration alimentaire	Contamination interne par ingestion de produits de la chaîne alimentaire (aliments solides, boissons et lait) consommés par la population	Ration alimentaire Collecte pendant une semaine

IV.3.2.2 DOMAINE AQUATIQUE CONTINENTAL

Milieux/Produits	Justification	Moyens IRSN
Eaux continentales	Milieu récepteur des rejets liquides des installations mais également des apports éventuels de radionucléides par les eaux de ruissellement. L'eau est le vecteur direct de la contamination des composants du milieu aquatique	Réseau Hydrotéléray Hydrocollecteurs Eaux de surface Eaux de nappe Eaux de boisson
Matières en suspension	Les M.E.S. contribuent à la mobilité des radionucléides. Irradiation externe par contamination des berges, des plages ou des terres après des épisodes de crues	M.E.S. (bac à décantation)
Sédiments	Les sédiments sont de bons intégrateurs de contamination, et constituent un réservoir de contamination du milieu aquatique par des phénomènes de désorption	Sédiments (prélèvements manuels)
Poissons	Régulièrement consommés par l'homme, les poissons sont de bons intégrateurs de radionucléides	Poissons (espèces consommées)
Végétaux aquatiques	Les végétaux aquatiques ont une grande capacité à fixer rapidement certains radionucléides. Leur large répartition géographique permet de comparer les concentrations en radionucléides	Végétaux aquatiques ou semi aquatiques

IV.3.2.3 DOMAINE MARIN

Milieux/Produits	Justification	Moyens IRSN
Eaux de mer	Milieu récepteur des rejets liquides et des apports de radionucléides par les eaux de ruissellement, l'eau de mer constitue un vecteur direct de la contamination des composants du milieu marin	Eaux de mer (prélèvements ou hydrocollecteurs)
Matières en suspension	Les M.E.S. contribuent à la mobilité des radionucléides. Irradiation externe par contamination des berges, des plages ...	M.E.S. (bac à décantation)
Sédiments	Les sédiments sont de bons intégrateurs de radionucléides et constituent un réservoir de contamination du milieu aquatique par des phénomènes de désorption	Sédiments (prélèvements manuels)
Poissons Crustacés	Leur position en fin de chaîne alimentaire en fait de bons intégrateurs des radionucléides, et ils sont largement consommés par les populations	Poissons, crustacés (espèces consommées)
Mollusques	De par leur mode de nutrition, les mollusques marins sont de bons bioindicateurs de surveillance à long terme, qu'ils soient filtreurs ou brouteurs	Mollusques (espèces consommées)
Algues	Les algues marines réagissent rapidement à des variations de concentration de la radioactivité de l'eau	Algues vertes ou brunes, répandues

IV.3.3 PLAN D'ANALYSE

Dès réception au laboratoire, les caractéristiques des prélèvements sont enregistrées dans une base de données informatique. Chaque prélèvement est ensuite traité et conditionné en fonction des analyses radiologiques auxquelles il va être soumis.



Figure 5 : Prélèvement d'eau de surface dans la Seine

Parmi les analyses possibles, figurent les indicateurs suivants, assortis au préalable ou non d'une radiochimie séparative :

- Spectrométrie gamma (^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{129}I , ^{131}I , ^{134}Cs ; ^{137}Cs , ...) ;
- Activité alpha globale ;
- Spectrométrie alpha (^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{241}Am , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ...) ;
- Mesure de l'uranium pondéral ;
- Activité bêta globale (^{90}Sr , méthode Sr + terres rares, ...) ;
- Comptage par scintillation liquide (^3H , ^{14}C , ...) ;
- Débit de dose ;
- Élément (K, Na, ...).

Les analyses réalisées sur chaque échantillon suivent des plans prédéfinis élaborés en fonction de la nature du prélèvement, du compartiment ou de la nature de l'installation surveillée (taille, nature des rejets - voir au paragraphe V.2- , milieux récepteurs...) et de son historique événementiel (incidents, rejets passés,...).

Les résultats d'analyse sont ensuite intégrés dans la base de données afin d'y être validés, exploités puis diffusés.

V. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES SITES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

V.1. LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

Toutes les installations du cycle du combustible donnent lieu à une surveillance systématique de leur environnement. Ce cycle regroupe les étapes industrielles suivantes :

- Extraction de l'uranium des mines ;
- Concentration et conversion des composés d'uranium ;
- Enrichissement isotopique en uranium 235 (processus par lequel est accrue la teneur d'un élément chimique en un de ses isotopes) ;
- Fabrication et assemblage du combustible² ;
- Utilisation dans les réacteurs des Centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) ;
- Retraitement du combustible usé déchargé des réacteurs ;
- Traitement et stockage des déchets issus ou non du retraitement.

Le cycle du combustible français est dit fermé ou semi-ouvert du fait des étapes de retraitement et de réutilisation d'une partie du combustible usé (MOX).

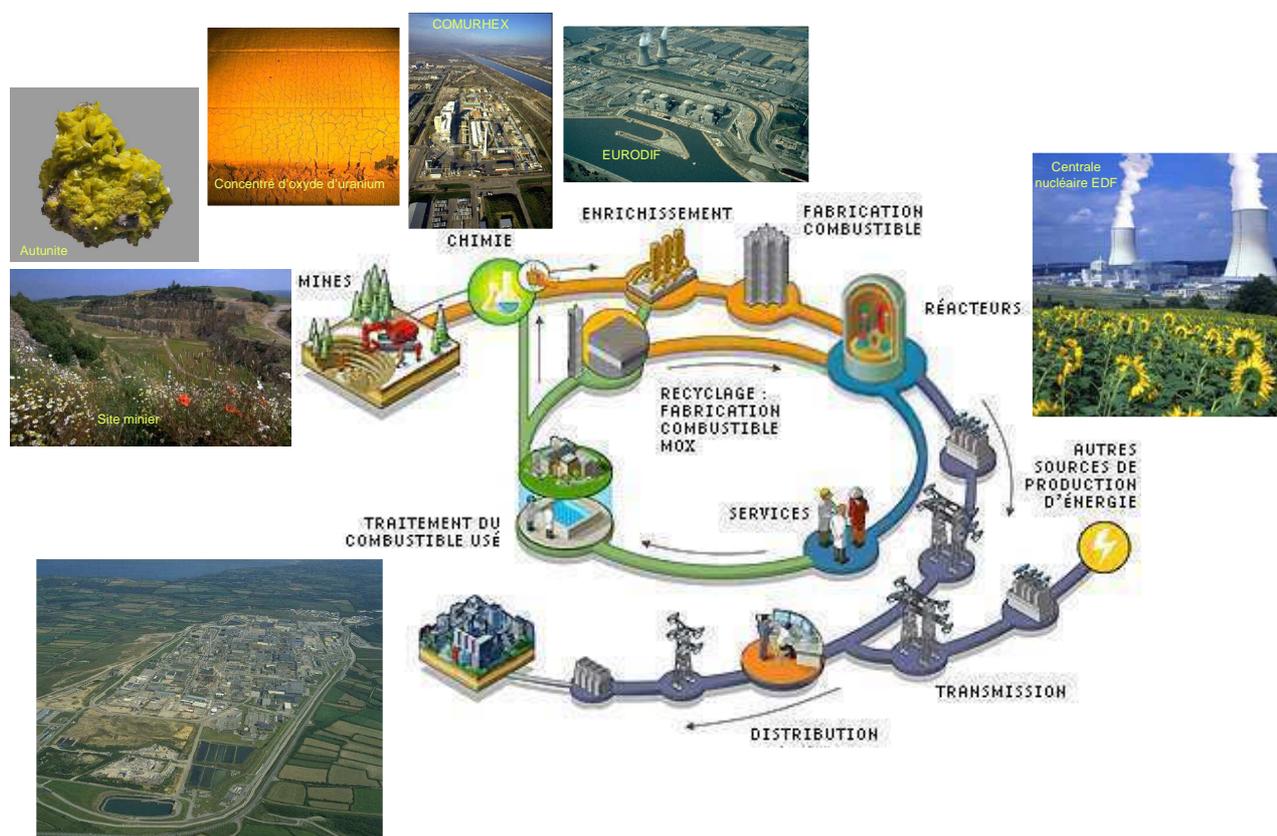


Figure 6 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire français

Jusqu'en 2001, date de fermeture de la dernière mine d'uranium en exploitation, la France était le seul pays à être doté sur son territoire de l'ensemble des industries du cycle décrit ci-dessus.

² Le combustible peut être « moxé », c'est-à-dire constitué d'un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium issu du retraitement

Les installations du cycle du combustible, pour la plupart, rejettent en fonctionnement normal, des effluents radioactifs liquides et gazeux dans des conditions qui doivent respecter les prescriptions réglementaires (limites annuelles, conditions de rejet et de contrôles à effectuer).

Dans ce cadre, l'IRSN intervient en tant qu'expert des autorités françaises et contribue à la surveillance du respect, par les exploitants, des prescriptions réglementaires relatives aux conditions de rejets radioactifs et à leur impact dans l'environnement. C'est pourquoi les installations du cycle du combustible nucléaire font l'objet d'un contrôle soutenu portant à la fois sur les effluents rejetés (terme source) et sur les niveaux d'activité mesurés dans leur environnement proche.

V.2. LA SURVEILLANCE DES EFFLUENTS RADIOACTIFS

L'IRSN réalise une surveillance des rejets de polluants radioactifs en pratiquant des analyses radiologiques sur des échantillons d'effluents gazeux et liquides prélevés aux principaux émissaires des installations nucléaires du cycle du combustible.

L'objectif de cette surveillance est double :

1. Permettre à l'ASN de contrôler les valeurs déclarées par l'exploitant et de vérifier le respect des limites imposées dans les arrêtés d'autorisation de rejet. Pour cela, les plans d'analyses sont établis en fonction des radionucléides les plus représentatifs des rejets (^3H et ^{14}C pour les CNPE) ;

Le graphique (Figure 7) illustre cette complémentarité aux seules exigences réglementaires. Il représente les activités volumiques en carbone 14 rejetées dans les effluents liquides d'un CNPE. Alors que ces mesures ne sont imposées aux exploitants que depuis l'année 2000 pour les premiers CNPE, celles-ci sont réalisées à l'IRSN depuis 1998 pour l'ensemble du parc de CNPE.

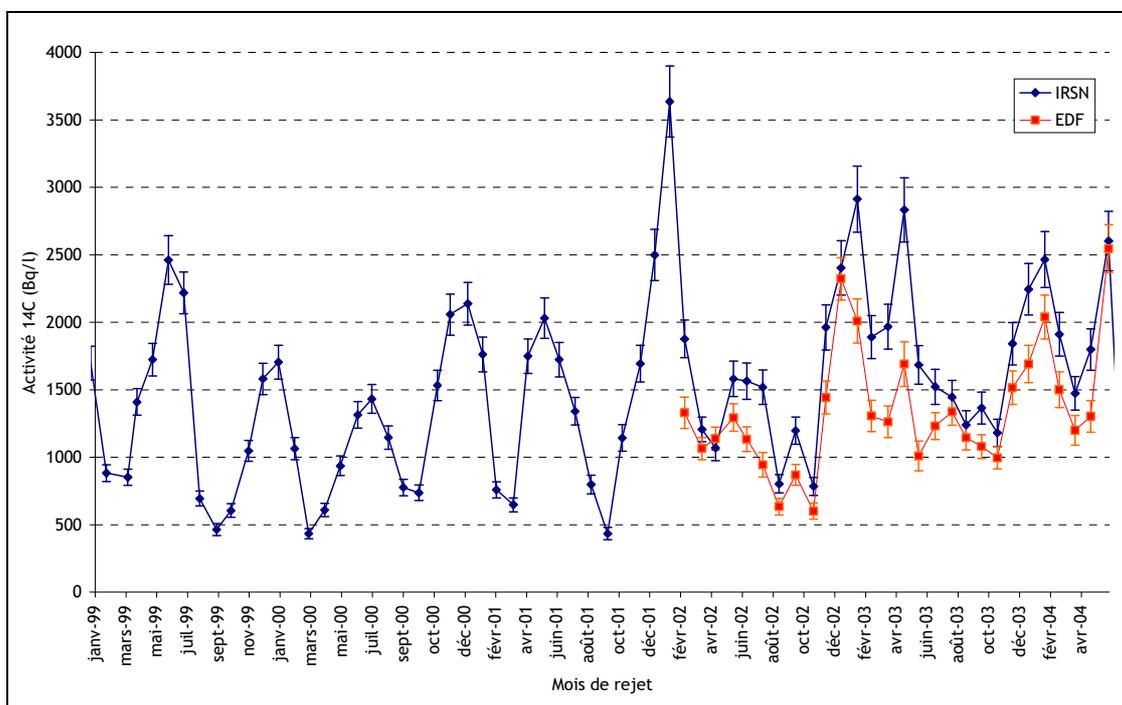


Figure 7 : Activité volumique en carbone 14 dans les rejets liquides d'un CNPE (données IRSN & EDF)

2. Compléter la connaissance de la nature et de l'activité des radionucléides présents dans les effluents ainsi que leurs évolutions dans le temps dans le but d'adapter le plan de surveillance environnementale propre à chaque site. Pour cela, l'IRSN procède à des analyses plus complètes menées au moins une fois par an pour chaque site.

La série de graphiques suivante illustre la variation de la composition des radionucléides dans les effluents liquides rejetés, en fonction du type d'installation du cycle du combustible : les sites « en amont » du cycle - c'est-à-dire situés dans ce cycle avant les CNPE - rejettent des radionucléides liés à la nature du minerai naturel qu'est l'uranium alors que les industries « en aval » présentent des rejets de radionucléides issus de processus de fission et d'activation de ce combustible dans les réacteurs. Pour le cas particulier de la fabrication du combustible MOX (mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium), l'installation amont peut présenter des traces de transuraniens (plutonium notamment) dans ses rejets.

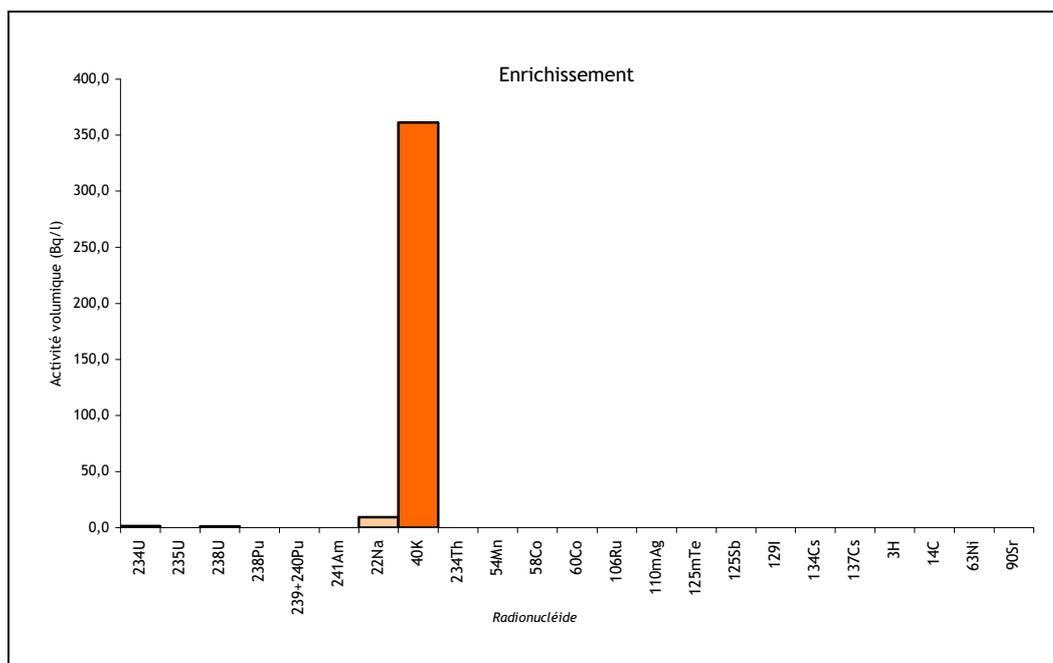


Figure 8 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine d'enrichissement - (données IRSN)

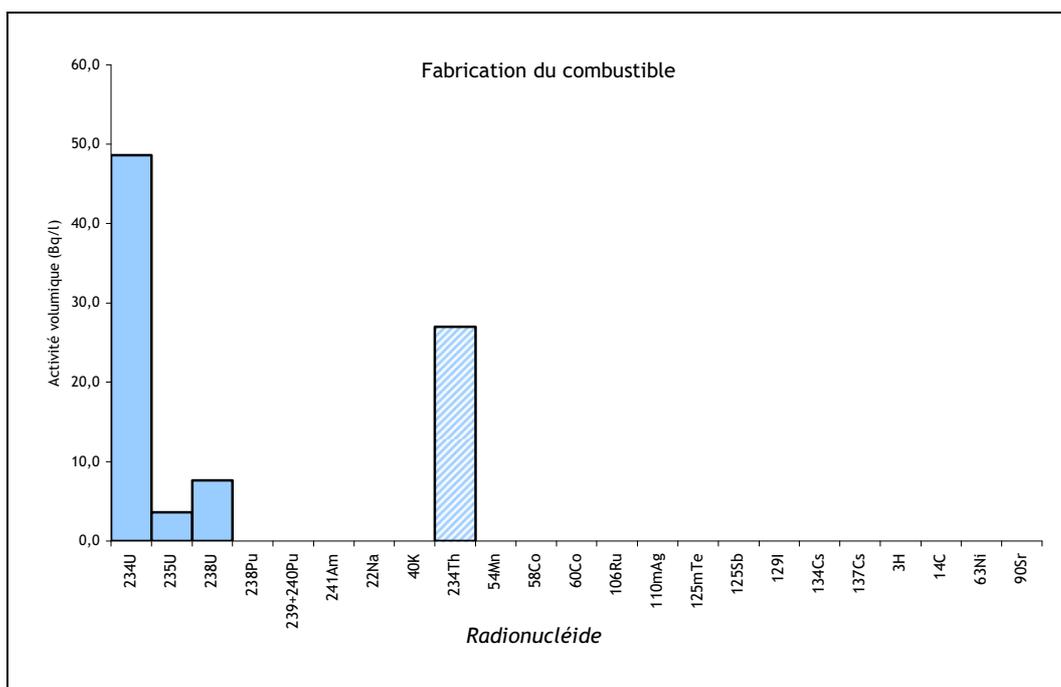


Figure 9 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible nucléaire - (données IRSN)

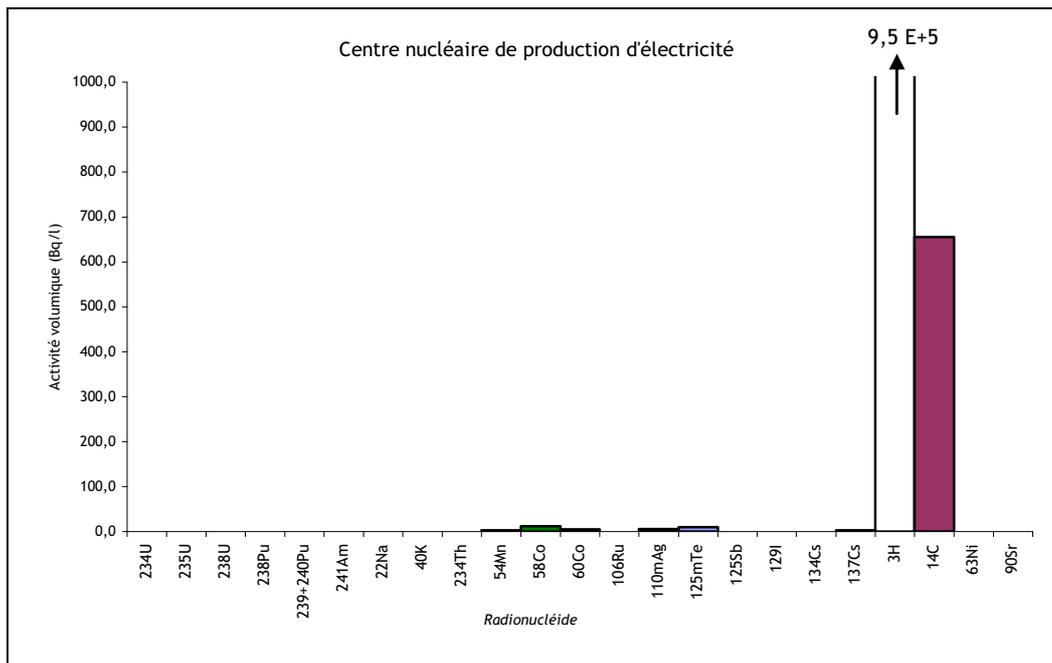


Figure 10 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'un CNPE - (données IRSN)

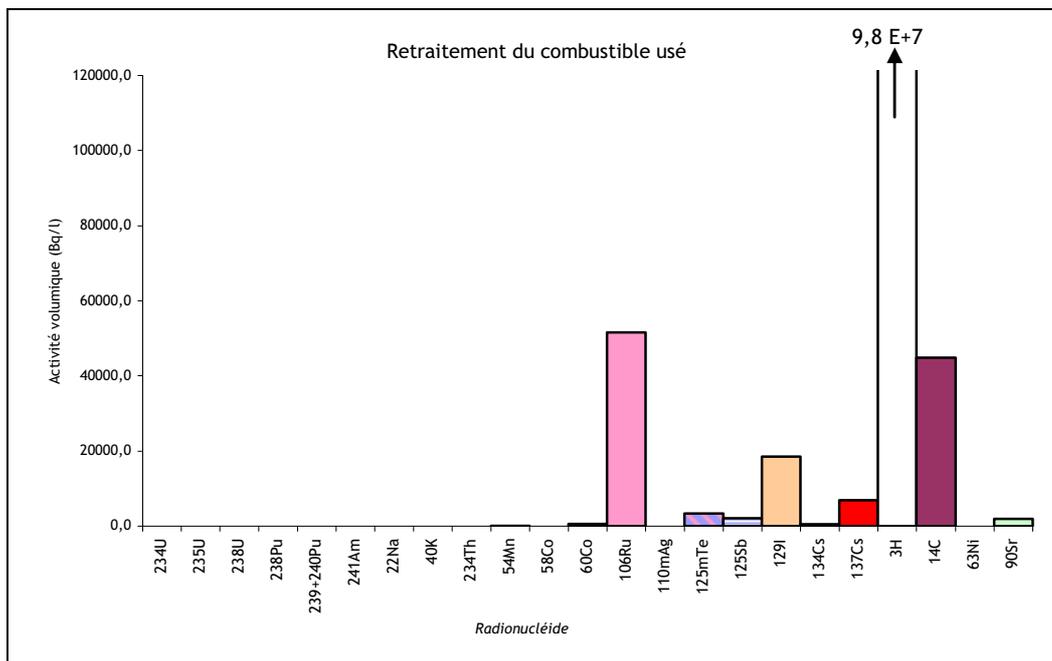


Figure 11 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé - (données IRSN)

Les analyses réalisées sur les prélèvements d'effluents liquides complètent celles effectuées par l'exploitant au titre de l'autocontrôle. Elles portent sur des aliquotes mensuels réalisés à partir de prélèvements unitaires dans les cuves avant rejet (exemple : type KER pour les CNPE, A ou V pour les échantillons de Cogema La Hague, ...).

L'échantillonnage des effluents gazeux s'effectue à chacune des cheminées de rejet par des prélèvements (hebdomadaires ou trimestriels) en continu sur des filtres, cartouches filtrantes (pièges à iode, tamis moléculaires pour le ^{14}C) ou des barboteurs (^3H).

En cas de rejet accidentel, les données d'analyse des effluents sont complétées par celles obtenues à partir des prélèvements dans l'environnement proche du site surveillé afin de quantifier l'ampleur du rejet et son impact sur l'environnement.

V.3. LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT A PROXIMITE DES SITES NUCLEAIRES

Les plans de surveillance développés autour des installations du cycle du combustible tiennent compte du type d'installation surveillée et varient en fonction de son environnement géographique. Ils répondent à deux objectifs :

1. la détection précoce d'un incident ou d'un événement radiologique par le biais des balises de télésurveillance (Téléray, ...) de l'IRSN ou de l'exploitant ;
2. l'évaluation des niveaux d'activité mesurés dans des prélèvements d'échantillons issus des différents compartiments de l'environnement susceptibles d'être contaminés par les rejets liquides ou gazeux de l'installation surveillée. Ces niveaux sont ensuite comparés aux niveaux habituellement mesurés au voisinage du site concerné. Le plan d'analyse appliqué à ces échantillons est établi en fonction de la nature de l'installation surveillée (sa situation dans le cycle du combustible), c'est-à-dire en fonction notamment des radionucléides rejetés ainsi que des niveaux d'activités attendus.

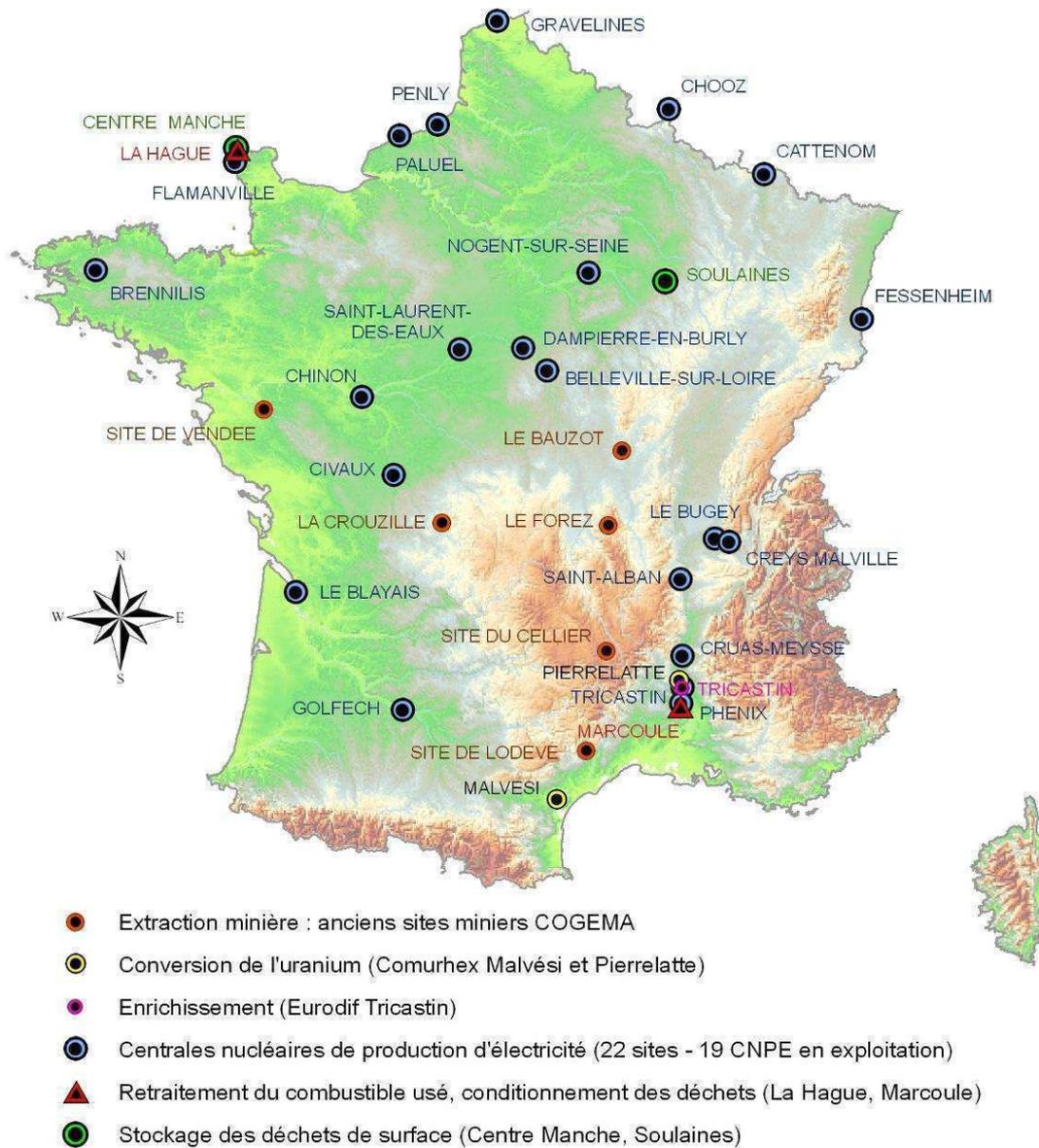
Le plan type de surveillance établi à proximité des installations surveillées comprend :

- la mesure dans l'air du rayonnement gamma ambiant par une sonde Téléray et le déploiement de dosimètres thermoluminescents (DTL) ;
- le prélèvement de l'air, au niveau du sol, sous les vents dominants de l'installation surveillée ;
- le prélèvement des eaux de pluies sous les vents dominants par un collecteur ;
- le prélèvement des eaux souterraines ;
- le prélèvement du lait dans une exploitation agricole implantée sous les vents dominants ;
- le prélèvement dans le milieu récepteur des rejets liquides par un hydrocollecteur implanté en aval de l'installation, associé à un prélèvement de sédiments et complété par un prélèvement en amont.

Ce plan type est complété le cas échéant par des prélèvements de sols, de végétaux et de productions agricoles, réalisés dans le cadre d'études spécifiques.

V.4. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats de la surveillance autour des installations du cycle du combustible sont présentés selon le déroulement du cycle du combustible. Ces résultats concernent les analyses réalisées sur les échantillons prélevés en 2005 dans l'environnement des installations. Les résultats des analyses des prélèvements d'effluents mesurés dans les installations avant leur rejet effectif dans l'environnement ne sont pas présentés dans ce rapport dédié à l'environnement stricto sensu.



Carte 2 : Implantation des sites du cycle du combustible surveillés

V.5. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES ANCIENS SITES MINIERES

L'exploitation minière d'uranium constitue l'étape initiale du cycle du combustible. Les mines françaises, autrefois importantes (plus de 2000 tonnes extraites par an), sont aujourd'hui inexploitablement économiquement. La dernière mine en exploitation, à Jouac, a fermé en 2001. En fin d'exploitation, l'environnement doit être réaménagé pour effacer ou réduire l'impact laissé par l'activité minière.

On retrouve dans les résidus de traitement du minerai de l'uranium résiduel ainsi que ses descendants, en particulier le ^{230}Th (période 75000 ans) et le ^{226}Ra (période 1600 ans). Ces résidus constituent ainsi une source importante de radionucléides, parmi lesquels l'uranium, mais surtout le radium et le radon, dont il convient de limiter l'impact radiologique. La gestion des résidus miniers est soumise à la réglementation sur les Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). L'exploitant (AREVA) assure dans ce cadre un contrôle permanent de l'environnement de chacun des sites miniers.

La stratégie de surveillance de l'IRSN autour de ces anciens sites miniers est basée sur le contrôle des voies de transfert de l'uranium et de ses descendants dans le domaine aquatique (collecte et analyse d'échantillons d'eaux de rivière, de sédiments, de végétaux aquatiques, de poissons). Seules les anciens sites miniers importants font l'objet de cette surveillance particulière par l'IRSN.

V.5.1 SITE DU CELLIER (12)

Le site du Cellier rassemble plusieurs mines souterraines et à ciel ouvert, situées dans le département de la Lozère. De 1956 à 1988, les mines ont produit plus de 2200 tonnes d'uranium dans le minerai. L'exploitation des mines ainsi que des installations de lixiviation et de traitement a cessé en 1990. Ce site, qui a depuis été réaménagé, fait l'objet d'une surveillance de l'environnement.

Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité, des prélèvements de sédiments, de végétaux aquatiques et de poissons sont faits tous les 2 ans dans le ruisseau La Fouillouse, en aval de l'ancien site minier du Cellier. Les prochains prélèvements seront réalisés en 2006.

V.5.2 DIVISION MINIERE DE LA CROUZILLE (87)

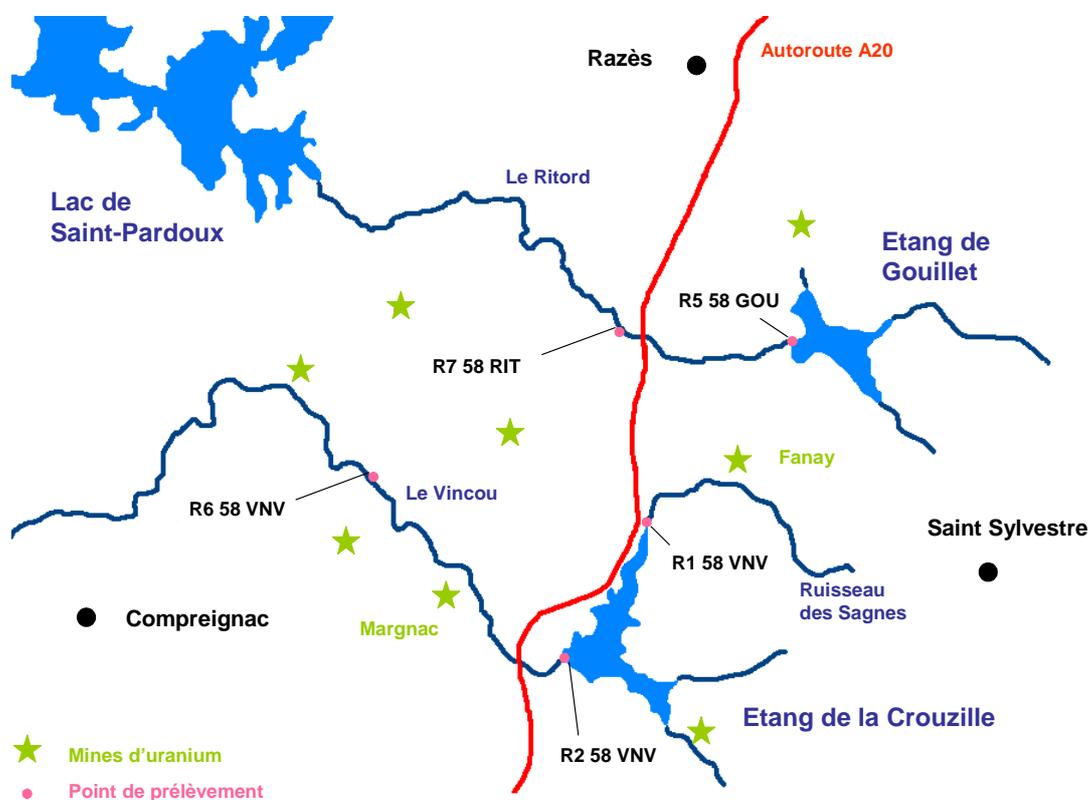
Le 25 novembre 1948, la pechblende massive est découverte à La Crouzille (Haute-Vienne). Les travaux miniers débutent aussitôt. Les premières tonnes de pechblende françaises sont extraites. Ce gisement, historique dans l'histoire de l'uranium français, sera exploité jusqu'en juillet 1957 fournissant au total 148 tonnes d'uranium métal qui alimenteront les premières piles atomiques françaises.

La prospection intensifiée en Limousin aboutit dès 1951 à la découverte des principaux gisements de la région (Les Sagnes, Margnac, Fanay, Brugeaud,...) qui feront de la division minière de la Crouzille le plus important district uranifère français. Dans les années 90, les mines sont fermées et sécurisées. Les eaux souterraines sont canalisées et traitées avant d'être rejetées dans l'environnement.

Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité de cette division minière, des prélèvements d'eau sont réalisés mensuellement ou trimestriellement dans des cours d'eau et des étangs.

V.5.2.1 EAUX DE SURFACE

Le ruisseau des Sagnes est l'un des 3 ruisseaux qui alimentent l'étang de la Cruzille ; il traverse le site minier de Fanay. Cet étang alimente lui-même le Vincou, ruisseau qui traverse plusieurs secteurs miniers au niveau de Margnac. Un prélèvement de l'eau du ruisseau des Sagnes est effectué en amont de l'étang de la Cruzille (point R1 58 VNV), sur la commune de Saint-Sylvestre, en aval du site minier de Fanay. Un deuxième prélèvement est réalisé dans l'étang de la Cruzille (point R2 58 VNV), et un troisième dans l'eau du Vincou à Margnac (point R6 58 VNV).



Carte 3 : Schéma du plan de prélèvements dans les eaux de surface du secteur minier de la division de la Cruzille

La comparaison des activités des isotopes naturels de l'uranium et du radium dans les eaux de l'étang de la Cruzille, dans celles du ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre et du Vincou à Margnac, met en évidence un marquage des eaux de surface. La moyenne de l'activité alpha globale dans l'eau du ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (en amont de l'étang de la Cruzille) est supérieure d'un facteur 2 à celle de l'eau de l'étang. Plus en aval, à Margnac, l'activité moyenne alpha globale de l'eau du Vincou est inférieure d'un facteur 5 à celle mesurée en amont à Saint-Sylvestre. Pour ces trois points de prélèvements, les niveaux d'activité alpha globale sont supérieurs aux recommandations faites par l'OMS pour les eaux de boisson (0,1 Bq/l), mais restent dans la gamme des niveaux habituellement observés en secteur sous influence minière, où l'activité alpha globale moyenne dans les eaux, proche de 0,1 Bq/l, est due à une teneur moyenne en uranium d'environ 5 µg/l.

Tableau 2 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	0,26 ± 0,03	0,17	11/12
²³⁸ U	0,06 ± 0,01	1,90 ± 0,22	0,36	12/12
²³⁴ U	0,07 ± 0,01	1,80 ± 0,23	0,36	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	5,2 ± 0,8	148 ± 18	29	12/12
α global	0,18 ± 0,02	4,00 ± 0,28	0,93	12/12
β global	0,25 ± 0,04	4,50 ± 0,23	1,10	12/12
K (mg/l)	< 1,0	1,1 ± 0,1	-	2/12

Tableau 3 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'étang de la Cruzille (point R2 58 VNV)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	0,06 ± 0,01	0,05	8/12
²³⁸ U	0,056 ± 0,010	0,14 ± 0,02	0,08	12/12
²³⁴ U	0,057 ± 0,009	0,13 ± 0,02	0,08	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	4,5 ± 0,8	10,8 ± 1,6	6,4	12/12
α global	0,11 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,20	12/12
β global	0,23 ± 0,04	0,47 ± 0,05	0,32	12/12
K (mg/l)	< 1,0	1,0 ± 0,1	-	1/12

Tableau 4 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	0,06 ± 0,01	0,05	2/4
²³⁸ U	0,051 ± 0,007	0,068 ± 0,009	0,059	4/4
²³⁴ U	0,054 ± 0,008	0,076 ± 0,009	0,062	4/4
Equivalent U pondéral (µg/l)	4,2 ± 0,6	5,4 ± 0,7	4,8	4/4
α global	0,14 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,16	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Dans le ruisseau des Sagnes (point R1 58 VNV), l'activité alpha globale maximale a été de $4,0 \pm 0,3$ Bq/l en décembre 2005. Ce pic d'activité, dû à l'uranium, a été précédé d'une hausse progressive au cours d'octobre et novembre 2005, puis d'une baisse rapide mais restant proche de 1 Bq/l pendant 6 mois (cf. historique de l'activité alpha globale - Figure 12).

Ce n'est que depuis le mois de juin 2006 que l'activité est revenue au niveau moyen observé au cours des 5 dernières années (0,5 Bq/l). AREVA n'ayant pas déclaré de rejets d'effluents miniers dans cette zone au second semestre 2005, une explication possible de cette hausse d'activité alpha globale réside dans un relâchement naturel d'uranium par les tourbières qui sont présentes dans la zone de prélèvement. Ces tourbières présentent la particularité de capter ou relâcher certains métaux lourds selon les conditions de pH et d'oxydo-réduction du milieu aquatique.

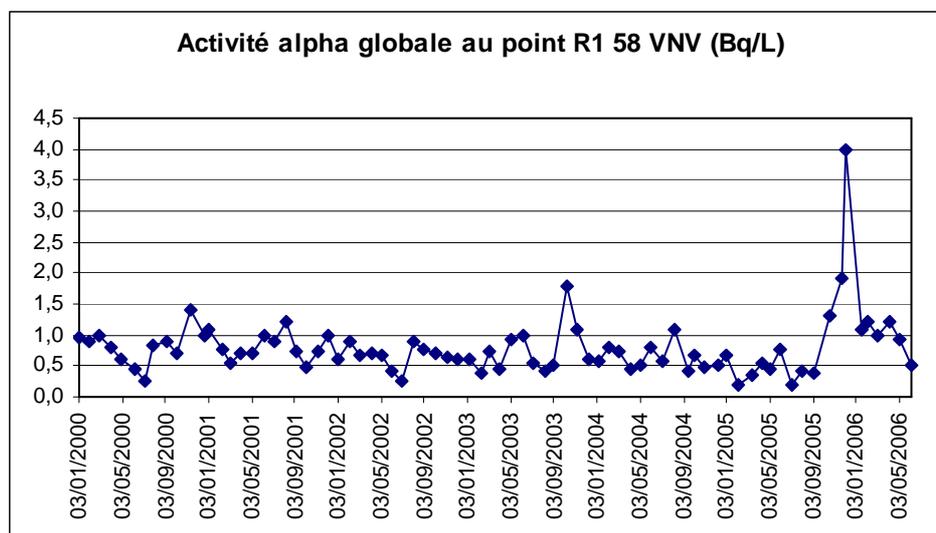


Figure 12 : Activité alpha globale dans les eaux prélevées dans le ruisseau des Sagnes entre janvier 2000 et juillet 2006

Trois ruisseaux alimentent l'étang de Gouillet, qui lui-même alimente le Ritord, une rivière qui collecte les rejets de plusieurs sites miniers avant de rejoindre le lac de Saint-Pardoux. Un premier prélèvement est réalisé à l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU). Un second prélèvement est réalisé dans le Ritord à Razes (point R7 58 RIT), en aval de l'étang de Gouillet.

La comparaison des activités alpha globales moyennes dans les eaux de l'étang de Gouillet et dans celles du Ritord à Razes met en évidence un marquage des eaux de surface (augmentation d'un facteur 4 à 5 entre l'amont et l'aval des sites miniers). Néanmoins, l'activité alpha globale dans le Ritord à Razes s'explique par la présence d'isotopes naturels de l'uranium et du radium, et le niveau d'activité alpha globale moyenne (0,27 Bq/l), bien que supérieur aux recommandations de l'OMS pour les eaux de boisson (0,1 Bq/l), reste dans la gamme des niveaux habituellement observés en secteur sous influence minière.

Tableau 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min	Max	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	0,05 ± 0,01	-	1/11
U pondéral (µg/l)	0,3 ± 0,1	9,7 ± 1,9	1,7	9/11
α global	< 0,02	0,21 ± 0,02	0,05	8/11
β global	< 0,10	0,41 ± 0,05	-	2/11
K (mg/l)	< 0,1	1,0 ± 0,1	-	2/11

Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau Le Ritord (point R7 58 RIT) à Razes, en aval de l'étang de Gouillet

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	0,094 ± 0,013	0,067	11/12
²³⁸ U	< 0,019	0,120 ± 0,022	0,069	11/12
²³⁴ U	0,022 ± 0,007	0,110 ± 0,020	0,062	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	< 1,6	9,2 ± 1,7	5,2	11/12
α global	0,12 ± 0,02	0,44 ± 0,04	0,27	12/12
β global	0,21 ± 0,05	0,62 ± 0,07	0,41	12/12
K (mg/l)	1,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1	2,7	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

La Gartempe est une rivière qui longe la zone minière de Bessines. Un prélèvement est réalisé à Châteauponsac, à 5 km en aval de la zone minière de la Gartempe (point R4 58 GTP). Les activités alpha globales et bêta globales sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS pour les eaux de boisson (respectivement 0,1 et 1 Bq/l).

Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra (Bq/l)	< 0,03	< 0,04	-	0/12
U pondéral (µg/l)	0,48 ± 0,10	2,2 ± 0,4	1,2	10/12
α global	< 0,019	0,064 ± 0,014	0,033	8/12
β global	< 0,11	0,19 ± 0,04	0,15	7/12
K (mg/l)	2,3 ± 0,1	3,9 ± 0,2	3,0	12/12

V.5.2.2 RESSOURCES EN EAU POTABLE

L'alimentation en eau potable de la ville de Limoges repose pour partie sur la réserve de la retenue du Mazeaud (commune de Saint-Léger-la-Montagne), ainsi que sur des réserves situées dans les monts d'Ambazac au nord-est de Limoges. Toutes ces réserves sont proches des anciens sites miniers de la Cruzille.

A la sortie de l'usine de traitement des eaux de Limoges, les résultats des mesures d'activités alpha et bêta globales sont inférieurs aux valeurs guides de l'OMS pour les eaux de boisson (respectivement de 0,1 et 1 Bq/l).

Tableau 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 à la sortie de l'usine des eaux à Limoges (point R3 58 USL)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	< 0,034	-	1/12
²³⁸ U	0,012 ± 0,003	0,035 ± 0,005	0,018	12/12
²³⁴ U	0,013 ± 0,004	0,035 ± 0,006	0,019	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	1,0 ± 0,3	2,8 ± 0,4	1,5	11/12
α global	0,036 ± 0,009	0,067 ± 0,012	0,052	12/12
β global	0,11 ± 0,03	0,16 ± 0,04	-	5/12
K (mg/l)	1,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,3	9/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.5.3 SITE DU FOREZ (42)

Le site du Forez, situé sur la commune de Saint-Priest-la-Prugne, comprenait une mine d'uranium à la fois souterraine et à ciel ouvert, ainsi qu'une usine de traitement du minerai. L'exploitation du site a débuté en 1955 et s'est achevée en 1980. Une partie des résidus de traitement a été utilisée comme matériau de remblais des travaux souterrains, et une autre partie a été stockée dans un bassin de décantation, implanté dans la vallée de la Besbre, derrière une digue réalisée avec des stériles.

Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité de ce site, des prélèvements d'eau de rivière sont réalisés mensuellement dans la Besbre en aval de la digue du bassin de décantation, ainsi que dans l'évacuateur de crue du site.

Tableau 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la Besbre (point R2 89 BE)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	0,036 ± 0,007	0,096 ± 0,015	0,061	3/3
²³⁸ U	0,024 ± 0,004	0,056 ± 0,011	0,042	3/3
²³⁴ U	0,023 ± 0,004	0,051 ± 0,010	0,039	3/3
Equivalent U pondéral (µg/l)	1,9 ± 0,3	4,3 ± 0,8	3,2	3/3
α global	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,16	3/3
β global	0,20 ± 0,04	0,22 ± 0,04	0,21	3/3
K (mg/l)	< 1,0	1,0 ± 0,1	-	1/3

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	0,170 ± 0,043	-	5/12
²³⁸ U	0,016 ± 0,004	0,100 ± 0,011	0,044	12/12
²³⁴ U	0,015 ± 0,004	0,110 ± 0,012	0,045	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	1,2 ± 0,3	8,4 ± 0,9	3,6	12/12
α global	< 0,018	0,25 ± 0,02	0,14	11/12
β global	< 0,14	0,39 ± 0,05	0,21	10/12
K (mg/l)	1,6 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,0	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités alpha globales mesurées dans la Besbre et dans l'évacuateur de crue du site du Forez présentent un niveau supérieur à la valeur guide de 0,1 Bq/l recommandée par l'OMS pour les eaux de boisson. Elles restent cependant dans la gamme des niveaux habituellement observés en secteur sous influence minière, où l'activité alpha globale moyenne dans les eaux, d'environ 0,1 Bq/l, est due à une teneur moyenne en uranium d'environ 5 µg/l.

Les résultats des mesures bêta globales sont inférieurs à la valeur guide de l'OMS de 1 Bq/l.

V.5.4 SITE DU BAUZOT (71)

Le site du Bauzot, situé sur la commune d'Issy-l'Évêque (Saône-et-Loire), comprenait une mine souterraine d'uranium, une mine à ciel ouvert et un dépôt de déchets (résidus de traitement) de faible activité. La période d'exploitation de ce site s'étend de 1950 à 1985. La fosse de la mine à ciel ouvert a été remblayée, le stockage a été recouvert d'une couche de matériau imperméable et d'une couche de terre végétale. Le site a été réaménagé et clôturé. Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité de ce site, des prélèvements d'eau souterraine sont réalisés semestriellement dans 3 puits de propriétés privées situées sur la commune d'Issy-l'Évêque.

Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 aux points P10 89 (puits Guiboux), P11 89 (puits Bernigaud) et P16 89 (puits Gonin)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)		
	Puits Guiboux	Puits Bernigaud	Puits Gonin
²²⁶ Ra	< 0,030	0,071 ± 0,011	0,071 ± 0,011
²³⁸ U	< 0,008	0,40 ± 0,06	0,056 ± 0,008
²³⁴ U	< 0,007	0,34 ± 0,05	0,055 ± 0,008
Equivalent U pondéral (µg/l)	< 0,6	29,6 ± 4,4	4,4 ± 0,6
α global	0,024 ± 0,007	0,62 ± 0,04	0,16 ± 0,02
β global	0,57 ± 0,06	0,92 ± 0,07	1,40 ± 0,08
K (mg/l)	17 ± 1	18 ± 1	40 ± 2

Deux des trois points de surveillance présentent des activités alpha globales et bêta globales supérieures aux valeurs guides précitées recommandées par l’OMS. Dans l’eau des puits Gonin et Bernigaud, l’activité alpha globale est due à la présence d’uranium. L’activité bêta globale du puits Bernigaud est due à la teneur en potassium. Les activités mesurées en ces 3 points sont stables voire en diminution au cours des 5 dernières années.

V.5.5 SITE DE LODEVE (34)

Le site de Lodève, situé au Bosc (Hérault), comprenait des mines d’uranium souterraine et à ciel ouvert, ainsi qu’une usine de traitement du minerai. L’exploitation du site a débuté en 1975 et s’est achevée en 1997.

Dans le cadre du suivi de l’évolution de la radioactivité du site minier de Lodève, sont réalisés : des prélèvements quotidiens d’aérosols atmosphériques. Les autres prélèvements réalisés auparavant ont été abandonnés suite au désengagement de la DDASS.

Aucune activité anormale n’a été décelée sur les filtres aérosols prélevés dans l’environnement du site (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

V.5.6 SITE DE VENDEE (44)

Le site de Vendée, situés sur la commune de Gétigné (Loire-Atlantique), comprenait une mine d’uranium souterraine et trois mines à ciel ouvert, ainsi qu’une usine de traitement du minerai. L’exploitation du site a débuté en 1954 et s’est achevée en 1991. Dans le cadre du suivi de l’évolution de la radioactivité des sites miniers de Vendée, des prélèvements d’eau de surface sont réalisés mensuellement.

La Moine est une rivière qui coule dans une vallée dans laquelle est situé le site minier de l’Ecarpière. En aval du site, elle se jette dans la Sèvre Nantaise au niveau de Clisson. Un premier prélèvement d’eau est réalisé dans la Moine à Gétigné (point R2 44 MOI) en aval immédiat du site de l’Ecarpière. Le second prélèvement est effectué dans la Sèvre Nantaise à Gorges (point R1 44 SVN), en aval de la confluence avec la Moine.

Tableau 12 : Résultats d’analyse des eaux prélevées en 2005 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné

	Résultats dans l’eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	< 0,030	-	0/12
²³⁸ U	0,022 ± 0,004	0,190 ± 0,023	0,077	12/12
²³⁴ U	0,025 ± 0,005	0,210 ± 0,021	0,086	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	1,9 ± 0,4	15,8 ± 1,7	6,4	
α global	0,03 ± 0,01	0,26 ± 0,03	0,13	12/12
β global	0,35 ± 0,04	0,79 ± 0,05	0,50	12/12
K (mg/l)	8,9 ± 0,4	23,0 ± 1,2	15,6	12/12

Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	< 0,030	-	0/12
U (µg/l)	< 0,7	4,1 ± 0,8	1,9	9/12
α global	< 0,02	0,15 ± 0,02	0,07	10/12
β global	0,22 ± 0,04	0,59 ± 0,06	0,35	12/12
K (mg/l)	6,5 ± 0,3	20,0 ± 1,0	11,1	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités mesurées dans les prélèvements réalisés en ces deux points sont du même ordre de grandeur ou inférieures aux valeurs guides fixées par l'OMS pour la potabilité des eaux. On note cependant une activité alpha globale et une teneur en uranium 2 à 3 fois supérieures dans l'eau de la Moine par rapport à l'eau de la Sèvre Nantaise. Cela s'explique par la proximité immédiate de la Moine par rapport à l'ancienne mine.

V.6. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES DE L'AMONT DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

Les usines de traitement et concentration près des mines délivrent essentiellement des uranates (contenant environ 70% d'uranium) et parfois des oxydes (pouvant contenir jusqu'à 80% d'uranium). Aujourd'hui c'est l'UO₂ faiblement enrichi à 3-5% en uranium 235 qui constitue la matière finale du combustible des réacteurs à eau sous pression (REP). Dans les usines actuelles d'enrichissement, l'opération se fait sur un composé chimique ultra pur, l'hexafluorure d'uranium (UF₆) obtenu par conversion des concentrés miniers.

La France dispose de deux usines de la COMURHEX (groupe AREVA) travaillant en série pour produire l'UF₄ et l'UF₆. A Malvési près de Narbonne, les concentrés sont transformés en UF₄. A Pierrelatte, dans la vallée du Rhône, une seconde usine assure la conversion de l'UF₄ en UF₆.

L'uranium arrive à l'usine d'enrichissement EURODIF (Pierrelatte) sous forme d'UF₆ solide. Les trois isotopes de l'uranium (de masse 234, 235 et 238) sont séparés sélectivement lors du passage de l'UF₆ gazeux au travers d'une paroi poreuse (barrière de diffusion gazeuse). Les isotopes les plus légers traversant plus facilement ces barrières que les plus lourds, on effectue ainsi un enrichissement sélectif et progressif tout au long du procédé.

Un contrôle continu de l'environnement terrestre et aquatique de ces sites est effectué par l'IRSN. La stratégie de surveillance est ciblée sur le contrôle des voies de transfert de l'uranium et de ses descendants par diffusion dans le domaine atmosphérique (aérosols, eaux de pluie), terrestre (eaux de surface, eaux souterraines, végétaux) et aquatique (sédiments).

Suite à l'arrêt des prélèvements effectués par la DDASS, le site FBFC de Romans-sur-Isère (fabrication des assemblages combustible pour les centrales nucléaires dites "à eau légère") ne fait plus l'objet d'une surveillance de l'environnement de la part de l'IRSN.

V.6.1 SITE DE MALVESI (11)

Dans le cadre de la surveillance de l'environnement autour du site de Malvési de la société COMURHEX, des prélèvements d'eau de surface sont réalisés mensuellement. Ils sont complétés par des prélèvements mensuels de végétaux terrestres.

V.6.1.1 EAUX DE SURFACE

V.6.1.1.1. Prélèvements réalisés sur le site de la Société COMURHEX

Les mesures réalisées mensuellement dans les eaux du lac artificiel mettent en évidence des activités significatives en isotopes 238 et 234 de l'uranium, et proches de la limite de détection pour le radium 226.

La présence de ces radionucléides et de leurs descendants explique les niveaux d'activités alpha globales et bêta globales (hors potassium 40) mesurées dans le lac.

Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le lac artificiel de Malvési (point W2 65 LCA)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	0,033 ± 0,007	-	1/12
²³⁸ U	0,36 ± 0,07	1,90 ± 0,23	1,06	12/12
²³⁴ U	0,36 ± 0,07	1,70 ± 0,20	1,04	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	29 ± 6	144 ± 17	84	12/12
α global	0,73 ± 0,09	2,50 ± 0,18	1,70	12/12
β global	0,58 ± 0,15	2,90 ± 0,26	1,60	12/12
K (mg/l)	4,8 ± 0,2	5,9 ± 0,3	5,5	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.6.1.1.2. Prélèvements réalisés dans l'environnement placé sous l'influence de l'usine.

Les résultats des analyses mensuelles des eaux de surface prélevées dans l'environnement sous influence des rejets liquides de l'usine Comurhex montrent un léger marquage en uranium. Ce marquage en isotopes de l'uranium et ses descendants explique l'activité alpha globale mesurée.

Dans l'eau prélevée dans le canal du Tauran, la moyenne annuelle est supérieure à la valeur guide recommandée par l'OMS de 0,1 Bq/l pour les eaux de boisson. Aux autres points de prélèvement, les activités alpha globales sont inférieures à cette valeur guide.

En ce qui concerne l'activité bêta globale, elle est inférieure à la valeur de 1 Bq/l recommandée par l'OMS, en tous lieux de prélèvement autour du site.

Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le canal de Tauran (point R4 65 TAV)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,030	< 0,036	-	0/12
²³⁸ U	< 0,023	0,28 ± 0,04	0,175	7/12
²³⁴ U	< 0,029	0,29 ± 0,04	0,183	7/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	< 2	23 ± 3	14	7/12
α global	0,029 ± 0,007	0,370 ± 0,041	0,169	12/12
β global	< 0,10	0,62 ± 0,12	0,35	8/12
K (mg/l)	2,2 ± 0,1	39,0 ± 2,0	6,2	12/12

Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le canal de Cadariège (point R8 65 CDG)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,025	< 0,036	-	1/12
²³⁸ U	0,014 ± 0,003	0,039 ± 0,006	0,023	12/12
²³⁴ U	0,024 ± 0,006	0,048 ± 0,007	0,033	12/12
Equivalent U pondéral (µg/l)	1,5 ± 0,4	3,5 ± 0,5	2,2	12/12
α global	< 0,054	0,110 ± 0,012	0,091	10/12
β global	0,15 ± 0,04	0,25 ± 0,05	0,19	12/12
K (mg/l)	3,8 ± 0,2	4,9 ± 0,3	4,4	12/12

Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la résurgence de l'Oeillat (point R7 65 RES)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²²⁶ Ra	< 0,03	< 0,043	0,034	7/12
²³⁸ U	0,009 ± 0,003	0,087 ± 0,010	0,019	12/12
²³⁴ U	0,015 ± 0,004	0,091 ± 0,011	0,028	12/12
Equivalent U pondéral	1,0 ± 0,3	7,1 ± 0,9	1,9	12/12
α global	0,064 ± 0,018	0,150 ± 0,021	0,098	12/12
β global	0,21 ± 0,05	0,32 ± 0,05	0,25	9/12
K (mg/l)	4,1 ± 0,2	5,7 ± 0,3	5,0	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.6.1.2 VEGETAUX TERRESTRES

Des prélèvements de végétaux terrestres (feuilles de conifères) sont réalisés en cinq points du site de Malvési.

La présence d'uranium 234 et d'uranium 238, isotopes radioactifs de l'uranium naturel, a été décelée pour tous les prélèvements mensuels effectués aux points ci-après (Tableau 18).

Tableau 18 : Résultats d'analyse de végétaux (conifères) prélevés en 2005 dans l'environnement du site de Malvési

Lieu de prélèvement	Résultats (Bq/kg sec)					
	²³⁴ U			²³⁸ U		
	Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne
au niveau de la source l'Oeuillat	2,1 ± 0,4	23 ± 3	6,2	1,9 ± 0,4	23 ± 3	6,3
lieu-dit Livière Basse (vent de nord-ouest)	1,0 ± 0,2	13 ± 2	3,0	1,1 ± 0,2	13 ± 2	3,0
voisinage des Amérats Hauts (vent de nord-est)	0,63 ± 0,13	23 ± 3	9,7	0,58 ± 0,11	24 ± 3	10

La présence d'uranium 234 et d'uranium 238 a également été relevée pour 9 des prélèvements mensuels effectués sur deux autres points de contrôle du site (Tableau 19).

Tableau 19 : Résultats d'analyse de végétaux (herbe et tamaris) prélevés en 2005 dans l'environnement du site de Malvési

Lieu de prélèvement	Résultats (Bq/kg sec)					
	²³⁴ U			²³⁸ U		
	Min.	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne
lieu-dit Tauran (vent de nord-ouest)	1,3 ± 0,5	3,3 ± 1,0	2,3	1,1 ± 0,4	2,9 ± 0,7	2,2
voisinage de l'Echine d'Ane (vent de sud-est)	1,4 ± 0,4	17 ± 2	4,5	1,1 ± 0,4	18 ± 2	4,2

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

Les résultats des mesures réalisées sur la flore terrestre ne montrent aucun marquage anormal consécutif aux rejets de l'usine COMURHEX.

V.6.2 SITE DE PIERRELATTE (26)

L'environnement proche des sites du Tricastin et de Pierrelatte fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Télecay, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, sédiments en aval, eaux souterraines).

V.6.2.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télecay implantée sous les vents dominants des installations (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants de Pierrelatte (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Deux collecteurs d'eau de pluie sont présents sur le site de Pierrelatte. Ces eaux sont collectées hebdomadairement et font l'objet de mesures sur les mélanges mensuels.

Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2005 à la station Nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA)

	Résultats dans l'eau brute (Bq/l)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
³ H	< 9,7	21,0 ± 3,4	-	2/8
²³⁸ Pu	-	< 0,0034	-	0/8
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	< 0,0024	-	0/8
²⁴¹ Am	-	< 0,0019	-	0/8
α global	< 0,017	< 0,022	-	1/8
β global	< 0,10	0,37 ± 0,05	-	1/8

Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2005 à la station des Genêts du site de Pierrelatte (PH 62 PRL)

	Résultats dans l'eau brute (Bq/l)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
³ H	< 10	23,0 ± 3,7	-	2/8
²³⁸ Pu	-	< 0,0017	-	0/8
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	< 0,0017	-	0/8
²⁴¹ Am	-	< 0,0051	-	0/8
α global	< 0,017	0,030 ± 0,008	-	1/8
β global	< 0,10	0,62 ± 0,06	0,27	4/8

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

En dehors du tritium parfois présent en faible quantité (activité maximale proche des limites de détection), aucune activité n'a été décelée au-dessus des limites de détection dans les eaux de pluies recueillies sur les sites du Tricastin et de Pierrelatte.

V.6.2.2 EAUX DE SURFACE

Le plan de surveillance des eaux de surface autour des installations nucléaires prévoit trois prélèvements ponctuels réalisés annuellement à proximité du site de Pierrelatte (un amont et deux aval) et un point de prélèvement continu par le biais d'un hydrocollecteur situé en aval du CNPE du Tricastin (voir paragraphe V.7.3.4).

Tableau 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte

		Résultats dans l'eau filtrée
α global	Bq/l	< 0,03
β global		< 0,10
K	mg/l	2,6 ± 0,1

Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte

		Résultats dans l'eau filtrée
α global	Bq/l	< 0,03
β global		< 0,14
K	mg/l	2,4 ± 0,1

Tableau 24 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R3 62 GAF dans la Gaffière en aval du CNPE du Tricastin

		Résultats dans l'eau filtrée
²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03
²³⁴ U		0,10 ± 0,02
²³⁸ U		0,09 ± 0,02
α global		0,15 ± 0,02
β global		0,34 ± 0,05
K	mg/l	3,8 ± 0,2

Dans l'eau prélevée en aval du site (la Gaffière), la présence des isotopes 234 et 238 de l'uranium et de leurs descendants émetteurs alpha explique l'activité alpha globale supérieure à la valeur guide recommandée par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (0,1 Bq/l). En ce qui concerne l'activité bêta globale, le niveau mesuré s'explique principalement par la présence de potassium 40.

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les autres eaux de surface collectées et aucune différence significative n'a été mise en évidence entre l'amont et l'aval du site.

V.6.2.3 SEDIMENTS

Des prélèvements mensuels de sédiments sont réalisés à Saint-Etienne-des-Sorts au confluent du Rhône et du canal de Donzère-Mondragon.

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour tous les prélèvements analysés (Figure 13).

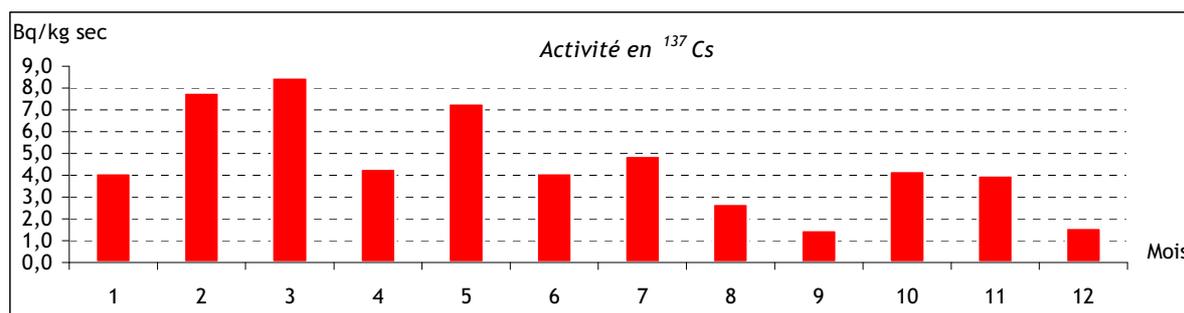


Figure 13: Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2005 dans les sédiments prélevés au confluent du Rhône et du canal de Donzère-Mondragon (SR 170 ROV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides des installations nucléaires situées sur le Rhône.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

V.6.2.4 EAUX SOUTERRAINES

Cinq prélèvements d'eaux souterraines sont réalisés dans l'environnement proche du site de Pierrelatte, à un rythme annuel.

Tableau 25 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 dans l'environnement du site de Pierrelatte

		Résultats dans l'eau filtrée				
		S8 62 PRL	S16 62	P 62EP	S24 62 PRL	P3 62 PRL
β global	Bq/l	< 0,12	< 0,16	< 0,13	0,86 ± 0,07	< 0,096
α global		-	-	-	0,56 ± 0,06	-
²³⁴ U		-	-	-	0,33 ± 0,06	-
²³⁸ U		-	-	-	0,28 ± 0,05	-
K	mg/l	2,3 ± 0,1	3,9 ± 0,2	2,2 ± 0,1	13,0 ± 0,7	1,9 ± 0,1

En ce qui concerne le point de prélèvement S24 sur le site de Pierrelatte, on note une activité alpha globale supérieure à la valeur guide recommandée par l'OMS pour l'eau destinée à la consommation (0,1 Bq/l). Cette activité s'explique par la présence des isotopes ²³⁸U et ²³⁴U de l'uranium, émetteurs alpha, dont la présence est imputable aux activités des installations nucléaires du site. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux collectées aux autres points de prélèvement.

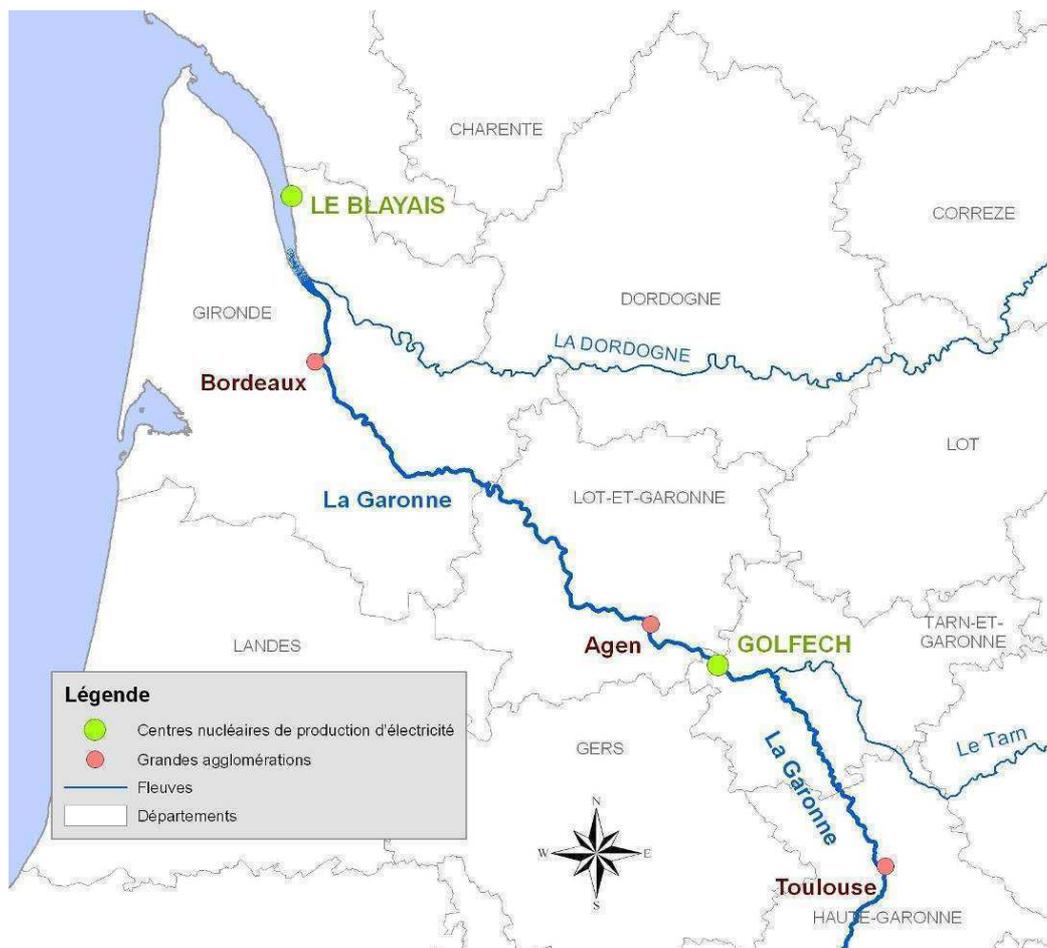
V.7. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRALES NUCLEAIRES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE

Le parc français des centrales nucléaires est constitué de 58 réacteurs à eau pressurisée (REP) répartis sur 19 centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) exploités par EDF. Ils sont tous situés à proximité de cours d'eau ou du littoral maritime, car l'eau constitue une source réfrigérante indispensable au bon fonctionnement des REP.

Les sites EDF sont soumis, au titre de la réglementation applicable aux INB et à leurs rejets, à des autorisations de rejets d'effluents. À ce titre, une surveillance réglementaire de l'environnement des 19 sites est imposée à EDF dès la mise en service de la première installation et pendant toute la durée de vie de la centrale selon un programme réglementé et contrôlé par l'Autorité de sûreté nucléaire.

L'IRSN, en parallèle du programme de surveillance imposé à l'exploitant, effectue des analyses sur les rejets liquides et gazeux d'une part, et des contrôles du milieu récepteur d'autre part (rayonnement gamma, activités des poussières atmosphériques, de l'eau de pluie, des eaux de surface et souterraines, des sols, des boues de décantation et sédiments, du lait, de la faune aquatique et de la flore terrestre et aquatique).

V.7.1 BASSIN VERSANT DE LA GARONNE (82, 33)



Carte 4 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne

V.7.1.1 GOLFECH (82)

Le CNPE de Golfech est situé dans le Tarn et Garonne, en aval du confluent du Tarn et de la Garonne, sur la rive droite de la Garonne, à la hauteur de la commune de Golfech, entre Agen (20 km) et Toulouse (80 km). Le CNPE comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1990 - 1991).

L'environnement proche du CNPE de Golfech fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval). A cela s'ajoutent des prélèvements de sédiments, ainsi que de végétaux terrestres et aquatiques.

V.7.1.1.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray, implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.1.1.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE.

Tableau 26 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RO 159 CAM sur la Garonne en amont du CNPE de Golfech

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,07	0,11 \pm 0,02	0,10	3/6
α global		< 0,012	< 0,029	-	0/6
^3H		< 7,6	< 8,0	-	0/6
K	mg/l	1,0 \pm 0,1	2,2 \pm 0,1	1,7	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 11 \pm 2 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 27 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 159 GAV - sur la Garonne en aval du CNPE de Golfech

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,07 \pm 0,03	0,11 \pm 0,03	0,10	5/6
α global		< 0,018	< 0,029	-	0/6
^3H		6,6 \pm 0,8	11,0 \pm 1,8	8,2	5/6
K	mg/l	1,1 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	1,8	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.1.1.3. Boues de décantation et sédiments

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Garonne prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Saint-Romain-le-Noble (Figure 14).

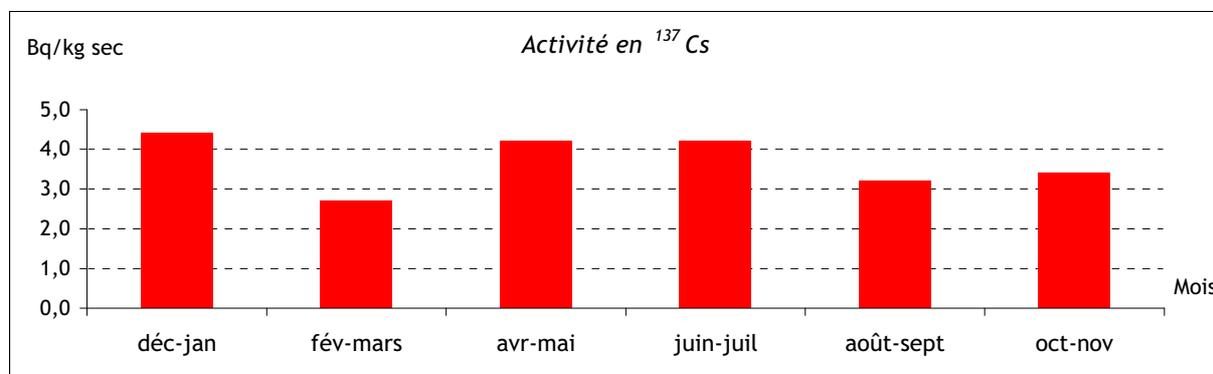


Figure 14 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech (SD 159 GAV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Une faible activité en cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE, a été relevée pour le mélange de février et mars ($2,0 \pm 0,8$ Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

Comme pour les boues de décantation et pour les mêmes raisons, des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans 5 des 12 prélèvements mensuels de sédiments de la Garonne à Lamagistère avec une valeur minimale de $0,75 \pm 0,40$ Bq/kg sec et une valeur maximale de $1,4 \pm 0,5$ Bq/kg sec.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

V.7.1.1.4. Végétaux terrestres et aquatiques

Des prélèvements mensuels de végétaux terrestres (feuilles et mousses) et de végétaux aquatiques (myriophylles de la Garonne) sont effectués à Lamagistère (aval du CNPE) et Saint-Nicolas-de-la-Grave (amont du CNPE).

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour un des prélèvements mensuels de feuilles effectués à Lamagistère ($0,38 \pm 0,22$ Bq/kg frais en décembre), ainsi que pour 7 des 9 prélèvements de mousses effectués à Saint-Nicolas-de-la-Grave (Tableau 28 : Résultats d'analyse des mousses prélevées en 2005 à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech).

Tableau 28 : Résultats d'analyse des mousses prélevées en 2005 à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech

	Résultats (Bq/kg frais)		
	Min.	Max.	Moy.
¹³⁷ Cs	1,8 ± 0,3	8,7 ± 0,7	3,6

Pour tous les prélèvements analysés en 2005 (feuilles et mousses), les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

Pour les prélèvements de myriophylles effectués à Lamagistère (aval du CNPE), on relève :

- des traces d'iode 131, radionucléide artificiel, dans 5 des 11 prélèvements analysés avec une valeur maximale de $1,8 \pm 0,4$ Bq/kg frais pour le prélèvement effectué en octobre ;
- des traces de césium 137, autre radionucléide artificiel, dans 4 de ces prélèvements avec une valeur maximale de $0,56 \pm 0,25$ Bq/kg frais pour le prélèvement effectué en janvier.

Pour les prélèvements de myriophylles effectués à Saint-Nicolas-de-la-Grave (amont du CNPE), on observe des traces d'iode 131, radionucléide artificiel, dans 7 des 12 prélèvements analysés (Tableau 29). Ces teneurs mesurées sont corrélées avec la proximité de centres hospitaliers utilisant couramment l'iode 131 pour des actes diagnostiques ou curatifs. Une éventuelle contribution des rejets du CNPE de Golfech n'est cependant pas à exclure, mais elle ne peut pas être mise en évidence compte tenu des apports exogènes situés en amont.

Tableau 29 : Résultats d'analyse des myriophylles prélevées en 2005 dans la Garonne à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech

	Résultats (Bq/kg frais)		
	Min.	Max.	Moy.
¹³¹ I	0,59 ± 0,21	4,0 ± 0,5	1,6

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

V.7.1.1.5. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Merles, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection. Une faible activité en strontium a été décelée pour 7 des 12 prélèvements analysés (Tableau 30).

Tableau 30 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Golfech

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
Sr (Sr+TR)	0,097 ± 0,027	0,17 ± 0,03	0,13

V.7.1.2 LE BLAYAIS (33)

Le CNPE du Blayais est situé sur la rive droite de l'estuaire de la Gironde, à mi-chemin entre Bordeaux et Royan, sur la commune de Braud-et-Saint-Louis. Il comporte 4 réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1981 - 1982 - 1983 - 1983).

L'environnement proche du CNPE du Blayais fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.1.2.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.1.2.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en aval du CNPE.

Tableau 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 138 sur la Gironde en aval du CNPE du Blayais

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 1,6	< 2,2	-	0/3
α global		< 0,38	< 0,46	-	0/3
^3H		5,8	< 7,8	-	1/3
K	mg/l	32 \pm 2	55 \pm 3	43	3/3

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.1.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour les 3 mélanges bimestriels de boues de décantation analysés en 2005 et prélevés dans la Gironde au niveau de l'hydrocollecteur situé à Braud-et-Saint-Louis (: Activité en ^{137}Cs mesurée entre janvier et juin 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Gironde en aval du CNPE du Blayais(Figure 15).

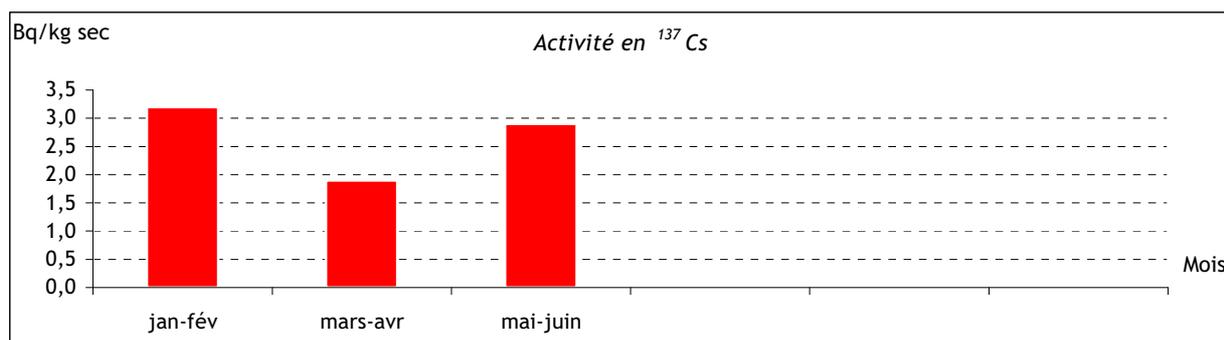


Figure 15 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée entre janvier et juin 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Gironde en aval du CNPE du Blayais

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 3 mélanges analysés en 2005.

V.7.1.2.4. Lait de vache

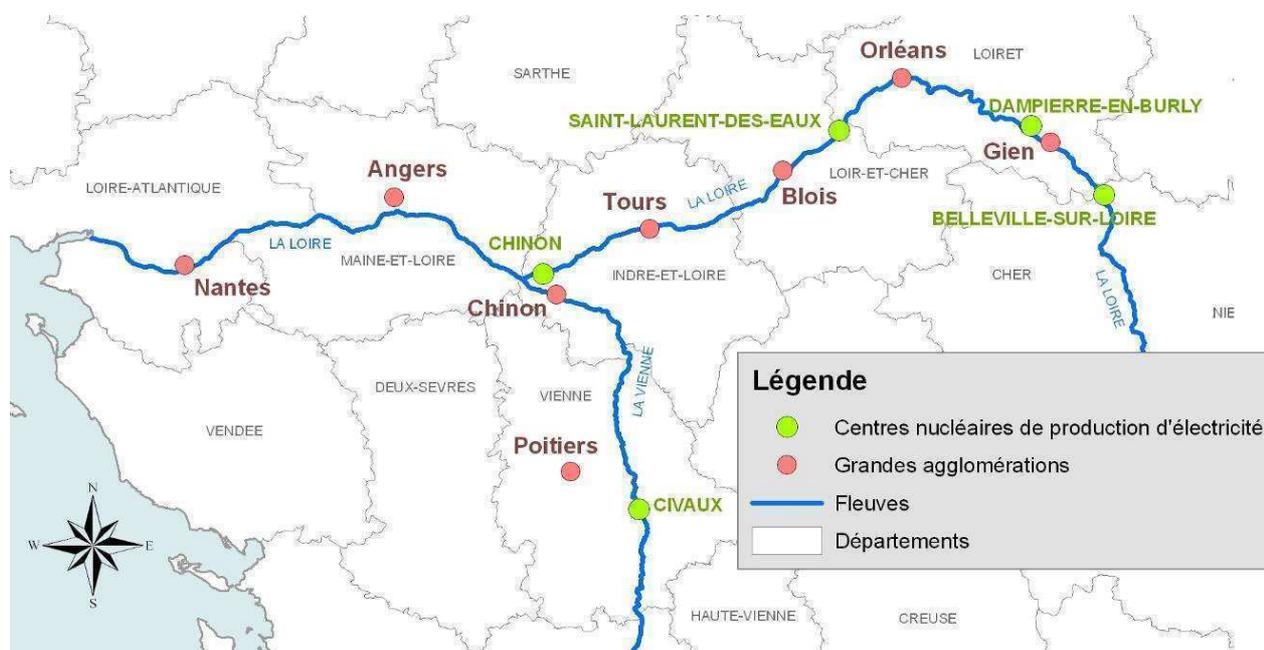
Trois prélèvements mensuels de lait sont effectués au niveau de deux fermes situées à Braud-et-Saint-Louis et d'une ferme située à Etauliers. Pour les 33 prélèvements analysés en 2005, une faible activité en césium 137 a été décelée dans 5 d'entre eux et en strontium dans 23 d'entre eux (voir Tableau 32).

Tableau 32 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE du Blayais

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
¹³⁷ Cs	0,079 ± 0,051	0,12 ± 0,05	-
Sr (Sr+TR)	0,094 ± 0,028	0,32 ± 0,04	0,15

Les activités en iode 131 et césium 134 sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés.

V.7.2 BASSIN VERSANT DE LA LOIRE (18, 45, 41, 37, 86)



Carte 5 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire

V.7.2.1 BELLEVILLE-SUR-LOIRE (18)

Le CNPE de Belleville est situé au nord-est du département du Cher, sur la rive gauche de la Loire, à la limite des départements du Loiret, de la Nièvre et de l'Yonne. Le site est implanté à 11 km en aval de Cosne-sur-Loire, 30 km en amont de Gien et 175 km environ au sud de Paris. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1987 - 1988).

L'environnement proche du CNPE de Belleville-sur-Loire fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.2.1.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.2.1.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont et en aval du CNPE, hormis la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 38 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 33 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 149 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Belleville

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,15	0,19 \pm 0,04	0,17	5/6
α global		< 0,022	< 0,034	-	1/6
^{226}Ra		-	< 0,03	-	1/1
^3H		< 9,3	< 13	-	0/6
K	mg/l	2,8 \pm 0,1	5,4 \pm 0,3	4,3	6/6

Tableau 34 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 par un hydrocollecteur au point R1 149 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Belleville

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,14 \pm 0,04	0,20 \pm 0,04	0,17	5/6
α global		< 0,02	< 0,04	-	1/6
^3H		< 9	38 \pm 4	23	4/6
K	mg/l	3,4 \pm 0,2	4,8 \pm 0,2	4,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.2.1.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Châtillon-sur-Loire (Figure 16).

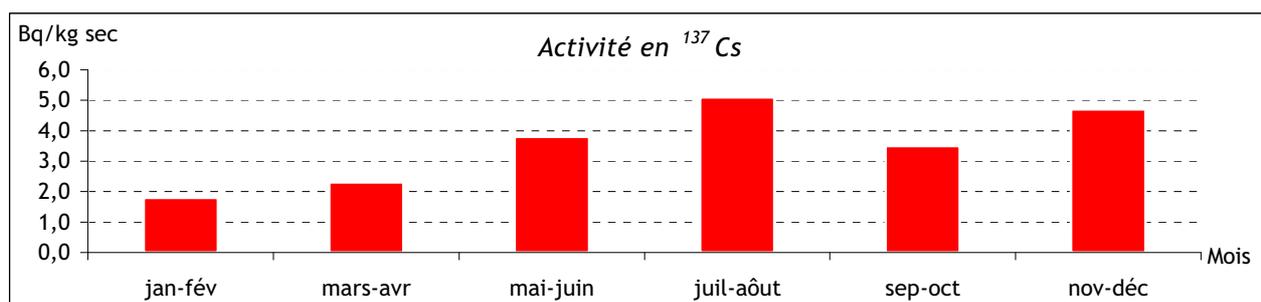


Figure 16 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation de la Loire en aval du CNPE de Belleville (SD 149 LOV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Une faible activité en cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE, a été relevée pour le mélange de septembre et octobre (1,3 \pm 0,7 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

V.7.2.1.4. Lait de vache

Pour les 10 prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Neuvy-sur-Loire, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection.

Une faible activité en strontium a été mesurée pour 2 de ces prélèvements avec une valeur maximale de $0,12 \pm 0,04$ Bq/l en juin 2005.

V.7.2.2 DAMPIERRE-EN-BURLY (45)

Le CNPE de Dampierre est situé dans la région Centre, à l'Est du département du Loiret, sur la commune de Dampierre-en-Burly. Il borde la rive droite de la Loire, à 10 km en aval de Gien, et à 45 km en amont d'Orléans. Ce CNPE comporte 4 réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1980 - 1980 - 1981 - 1981).

L'environnement proche du CNPE de Dampierre fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.2.2.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.2.2.2. Eaux de surface

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 44 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 85 sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,13	$0,20 \pm 0,04$	0,15	5/6
α global		< 0,02	< 0,03	0,026	0/6
^3H		< 9,4	44 ± 4	31	5/6
K	mg/l	$3,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,2$	4,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.2.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Ouzouer-sur-Loire (Figure 17).

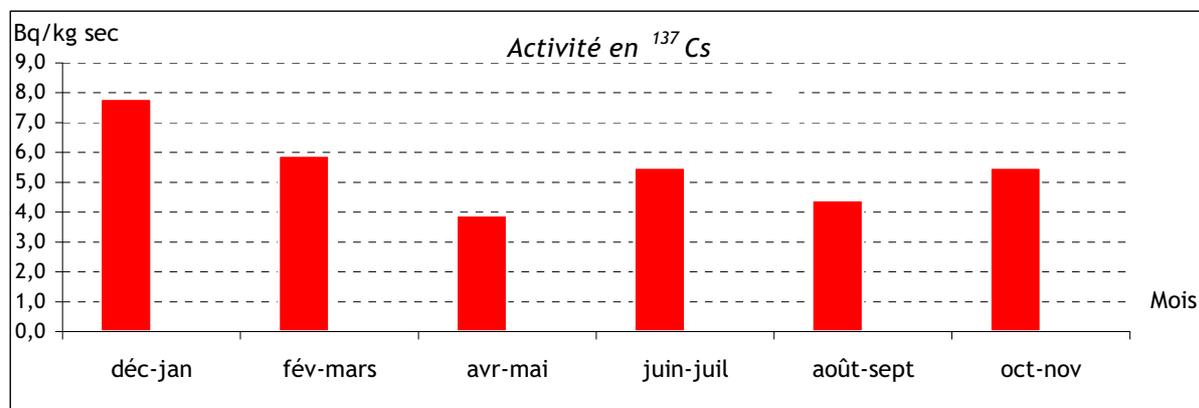


Figure 17 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre (SD 85 LOV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

La présence de cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE, a été relevée pour le mélange d'octobre et novembre (51 ± 5 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.2.3 SAINT-LAURENT-DES-EAUX (41)

Le CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux se situe sur le territoire de la commune de Saint-Laurent-Nouan, à l'est du département du Loir-et-Cher. Il est construit sur la rive gauche de la Loire, entre Blois (30 km) et Orléans (24 km), à 150 km de Paris. Le CNPE comporte deux réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1981 - 1981) et 2 anciennes tranches UNGG arrêtées.

L'environnement proche du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Télecay, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.2.3.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télecay implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.2.3.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE.

Tableau 36 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 98 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,12 ± 0,04	0,18 ± 0,04	0,15	5/6
α global		< 0,021	0,031 ± 0,009	-	2/6
K	mg/l	3,3 ± 0,2	4,8 ± 0,2	4,1	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 45 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 37 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R2 98 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,11	0,17 ± 0,04	0,16	5/6
α global		< 0,021	< 0,024	-	1/6
^3H		< 9,7	45 ± 5	30	4/6
K	mg/l	3,3 ± 0,1	4,9 ± 0,3	4,2	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.2.3.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Muides-sur-Loire (Figure 18).

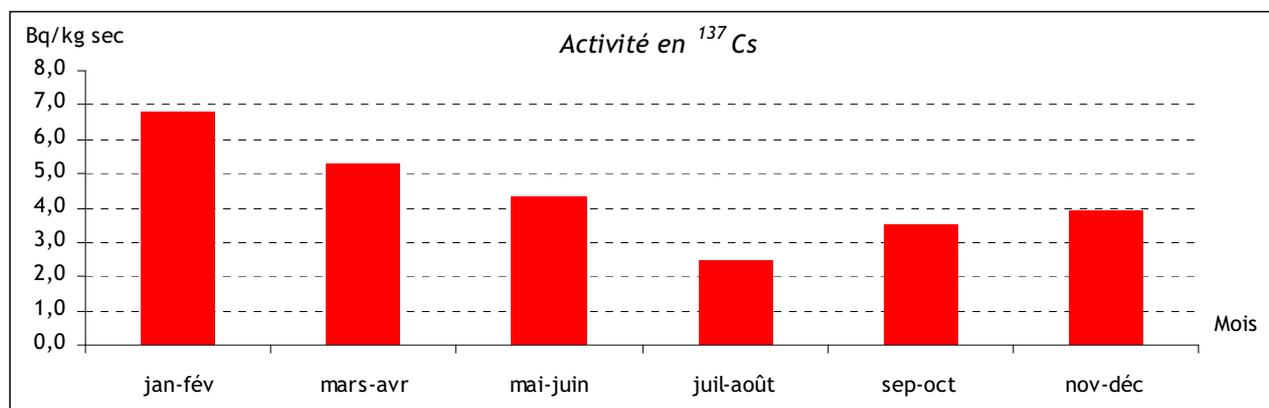


Figure 18 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantations prélevées dans la Loire, en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.2.4 CHINON (37)

Implanté au sein du Parc Naturel Régional Loire Anjou Touraine, le CNPE de Chinon est installé sur la rive gauche de la Loire, à proximité de la commune d'Avoine, à l'ouest du département d'Indre et Loire, à mi-chemin entre Tours et Angers. Le site comporte 4 tranches de 900 MWe (années de divergence : 1982 - 1983 - 1986 - 1987) et 3 anciennes tranches UNGG arrêtées, démantelées ou en cours de démantèlement.

L'environnement proche du CNPE de Chinon (A et B) fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.2.4.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.2.4.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE.

Tableau 38 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 52 sur la Loire en amont du CNPE de Chinon

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,13 ± 0,04	0,20 ± 0,04	0,16	5/6
α global		< 0,021	0,027 ± 0,008	-	2/6
K	mg/l	3,5 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,2	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 39 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 39 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R3 52 sur la Loire en aval du CNPE de Chinon

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,12 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,17	6/6
α global		< 0,023	0,032 ± 0,009	0,027	3/6
^3H		< 10	39 ± 4	21	5/6
K	mg/l	3,6 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.2.4.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Candès-Saint-Martin :

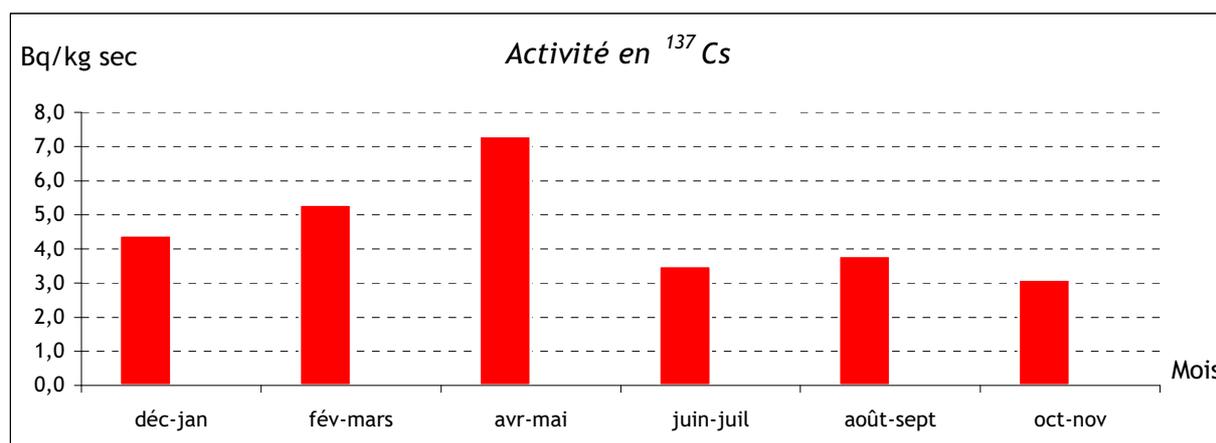


Figure 19 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Une faible activité en cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE, a été relevée pour le mélange d'octobre et novembre 2005 (2,9 + 1,0 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.2.4.4. Lait de vache

Pour tous les prélèvements analysés en 2005 provenant d'une ferme à Brehemont, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.2.5 CIVAUX (86)

Le CNPE de CIVAUX est situé à 60 km au sud de Poitiers en bordure de la Vienne. Il comporte 2 réacteurs de 1450 MWe (années de divergence : 1997-1999).

L'environnement proche du CNPE de CIVAUX fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, boues de décantation en aval). A cela s'ajoutent des analyses effectuées sur des prélèvements de sols, végétaux terrestres, végétaux aquatiques et poissons.

V.7.2.5.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.2.5.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE.

Tableau 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,09 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,12	5/6
α global		< 0,013	< 0,020	-	0/6
^3H		< 7,6	< 8,2	-	0/6
K	mg/l	2,1 ± 0,1	4,0 ± 0,2	2,9	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 34 ± 3 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 41 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 169 VIV dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,011 ± 0,003	0,13 ± 0,03	0,09	6/6
α global		< 0,011	< 0,021	-	0/6
^3H		6 ± 1	34 ± 3	20	5/6
K	mg/l	1,6 ± 0,1	4,0 ± 0,2	2,7	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.2.5.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Vienne prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé au lieu-dit Cave de Bréchonnière (Figure 20).

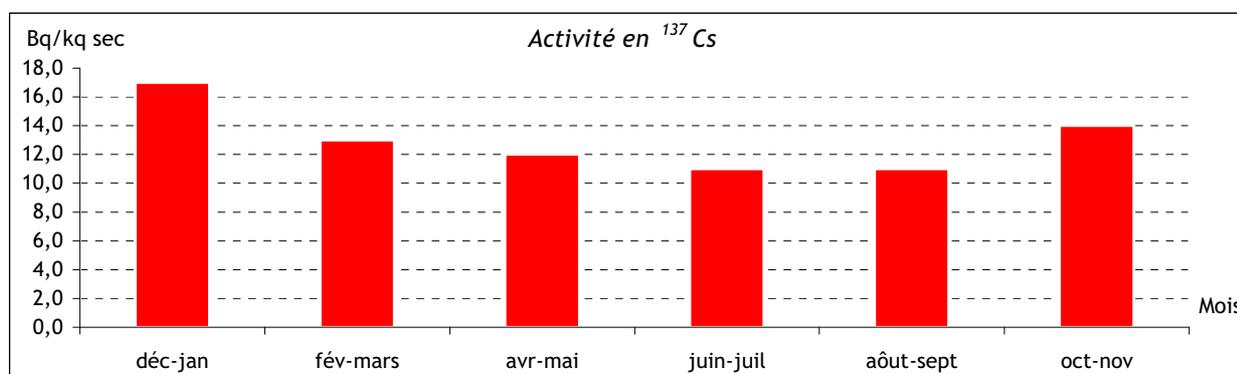


Figure 20 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

De faibles activités de cobalt 58 ($3,3 \pm 1,5$ Bq/kg sec) et de cobalt 60 (Tableau 42), produits d'activation présents dans les rejets liquides du CNPE, ont été relevées dans les boues de décantation prélevées dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux.

Tableau 42 : Activité en ⁶⁰Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
⁶⁰ Co	$1,8 \pm 0,6$	$6,1 \pm 1,5$	4,3	5/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.2.5.4. Végétaux terrestres et sol

Des prélèvements mensuels d'herbe et de feuilles d'arbre et des prélèvements annuels de mousses et de sol sont réalisés dans une ferme à la Chapelle Viviers.

Pour tous les prélèvements mensuels d'herbe, les activités des radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

Pour les feuilles d'arbre, la présence de carbone 14 a été relevée dans 4 des 12 prélèvements analysés avec une valeur maximale de $380 + 60$ Bq/kg de carbone élémentaire. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

Pour le prélèvement de mousses effectué en mars, des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été relevées ($5,8 \pm 1,6$ Bq/kg sec). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

Des traces de strontium 90 ($3,5 \pm 0,4$ Bq/kg sec) et de césium 137 ($7,1 \pm 1,0$ Bq/kg sec), radionucléides artificiels, ont été décelées dans le prélèvement annuel de sol effectué en mars. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection. 40 ans après la fin de la principale phase des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires, deux des produits de fission sont encore aujourd'hui présents dans les sols. Il est en revanche difficile de distinguer le ^{137}Cs dû aux essais de celui déposé en mai 1986 à la suite de l'accident de Tchernobyl.

V.7.2.5.5. Végétaux aquatiques et poissons

Deux prélèvements annuels de végétaux aquatiques (myriophylles et jussies) et deux prélèvements annuels de poissons sont réalisés dans la Vienne à proximité de Cubord.

La présence de carbone 14 a été décelée dans l'échantillon de myriophylles prélevé en août 2005 (200 ± 60 Bq/kg de carbone élémentaire). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 2 échantillons analysés.

Pour les prélèvements de barbeaux et chevesnes effectués en juin, on relève des traces de césium 137 ($0,26 \pm 0,11$ Bq/kg frais) ainsi que de carbone 14 (Tableau 43).

Tableau 43 : Activité en ^{14}C mesurée en 2005 dans les poissons prélevés dans l'environnement du CNPE de Civaux

	Espèces	Résultats (Bq/kg de C élémentaire)
^{14}C	Barbeaux, chevesnes	530 ± 110
	Gardons, perches japonaises	540 ± 110

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 2 prélèvements analysés.

V.7.2.5.6. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à La Chapelle Viviers, les activités relevées pour le tritium, l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection.

De faibles activités en strontium ont été décelées pour 10 des 12 prélèvements analysés (Tableau 44).

Tableau 44 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE de Civaux

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
Sr (Sr+TR)	$0,091 \pm 0,022$	$0,23 \pm 0,04$	0,15

V.7.3 BASSIN VERSANT DU RHONE (01, 38, 07, 26)



Carte 6 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône

V.7.3.1 LE BUGEY (01)

Le CNPE du Bugey est implanté sur la commune de Saint-Vulbas, sur la rive droite du Rhône. Il comporte quatre réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1978 - 1978 - 1979 - 1979) et une ancienne tranche UNGG 450 MWe arrêtée en 1994.

L'environnement proche du CNPE de Bugey fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval). A cela s'ajoute un prélèvement d'eaux souterraines.

V.7.3.1.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.3.1.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en aval du CNPE.

Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 47 sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,1	0,13 \pm 0,04	-	2/6
α global		0,024 \pm 0,007	0,034 \pm 0,009	0,028	6/6
^3H		< 11	18 \pm 5	14	3/6
K	mg/l	1,8 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,0	6/6

V.7.3.1.3. Eaux souterraines

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux souterraines prélevées semestriellement dans l'environnement du CNPE.

Tableau 46 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,12	-	0/2
^3H		< 9,9	< 11,0	-	0/2
K	mg/l	2,4 \pm 0,1	2,9 \pm 0,1	2,7	2/2

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.3.1.4. Boues de décantation

Des traces de césium 137 et de cobalt 60, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Loyettes (Figure 21).

La présence de césium 137, dont l'activité est du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique à la fois par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

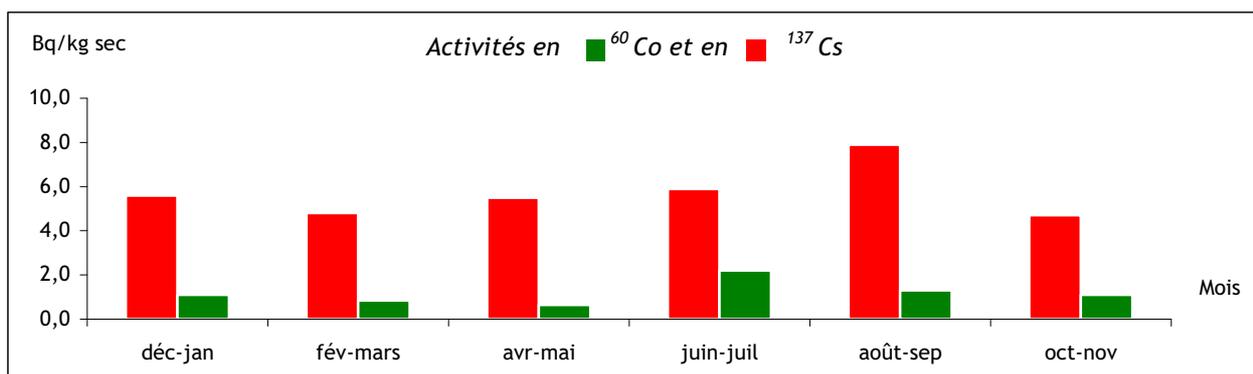


Figure 21 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)

Le cobalt 60 est un produit d'activation présent dans les rejets liquides chroniques du CNPE.

Deux autres produits d'activation ont également été détectés :

- le cobalt 58 pour 2 des 6 mélanges analysés avec une valeur maximale de $1,7 \pm 0,6$ Bq/kg sec dans le mélange de juin et juillet 2005 ;
- l'argent 110 métastable dans 4 des 6 mélanges analysés (Tableau 47).

Tableau 47 : Activité en ^{110m}Ag mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{110m} Ag	$1,5 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,7$	2,0	4/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.3.2 SAINT-ALBAN (38)

Le CNPE de St Alban est implanté sur la rive gauche du Rhône, dans le département de l'Isère (région Rhône-Alpes), sur les territoires des communes de Saint-Alban-du-Rhône et de Saint-Maurice-l'Exil, à 50 km au Sud de Lyon. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1985 - 1986).

L'environnement proche du CNPE de Saint-Alban fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.3.2.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.3.2.2. Eaux de surface

La surveillance des eaux de surface est assurée par des prélèvements d'eau du Rhône en amont (Tableau 48) et en aval (Tableau 49) du CNPE de Saint-Alban.

Tableau 48 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R0 155 ROM sur le Rhône en amont du CNPE de Saint-Alban

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	-	< 0,1	-	0/1
α global		-	< 0,024	-	0/1
³H		-	< 12	-	0/1
K	mg/l	-	2,3 ± 0,1	-	1/1

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont et aval du CNPE. Ces prélèvements ont cessé en février 2005 suite au désengagement de la DDASS en charge de la collecte des échantillons.

Tableau 49 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 155 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,15	-	0/6
α global		< 0,023	0,038 ± 0,011	-	1/6
³H		< 9,3	19,0 ± 3,6	-	2/6
K	mg/l	2,2 ± 0,1	3,1 ± 0,2	2,5	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.3.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 et de cobalt 60, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé en aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf (Figure 22).

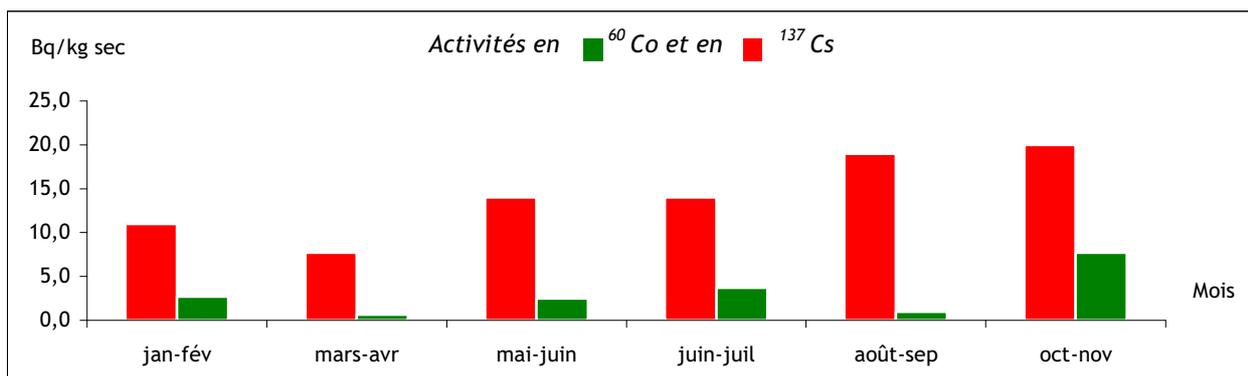


Figure 22 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône, en aval du CNPE de Saint-Alban (SD 155 ROV)

La présence de césium 137, dont l'activité est du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique à la fois par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Le cobalt 60 est un produit d'activation présent dans les rejets liquides chroniques du CNPE. Une activité en iode 131, autre radionucléide artificiel, a été relevée pour 2 des 6 mélanges analysés avec une valeur maximale de 250 ± 65 Bq/kg sec (mai - juin 2005).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.3.2.4. Lait de vache

Pour les 5 prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Saint-Pierre-de-Bœuf, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection. Une faible activité en strontium a été décelée (Tableau 50).

Tableau 50 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Saint Alban

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
Sr (Sr+TR)	0,16 ± 0,04	0,42 ± 0,05	0,26

V.7.3.3 CRUAS-MEYSSE (07)

Le CNPE de Cruas-Meysse se situe dans le département de l'Ardèche, sur la rive droite du Rhône, à proximité de Montélimar, Le Teil, Privas et Valence. Il comprend 4 réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1983 - 1984 - 1984 - 1984).

L'environnement proche du CNPE fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, boues de décantation en aval).

Actuellement, le point de prélèvement d'eau de surface en amont de ce site correspond au point aval du CNPE de Saint-Alban.

V.7.3.3.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.3.3.2. Eaux de surface

Les données relatives au point amont (point aval du CNPE de Saint-Alban) sont accessibles au paragraphe V.7.3.2.2.

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 15 ± 3 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 157 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Cruas.

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,086	$0,15 \pm 0,04$	-	2/6
α global		< 0,023	$0,033 \pm 0,009$	-	2/6
^3H		< 9,2	15 ± 3	13	3/6
K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,2$	2,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.3.3.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rochemaure (Figure 23).

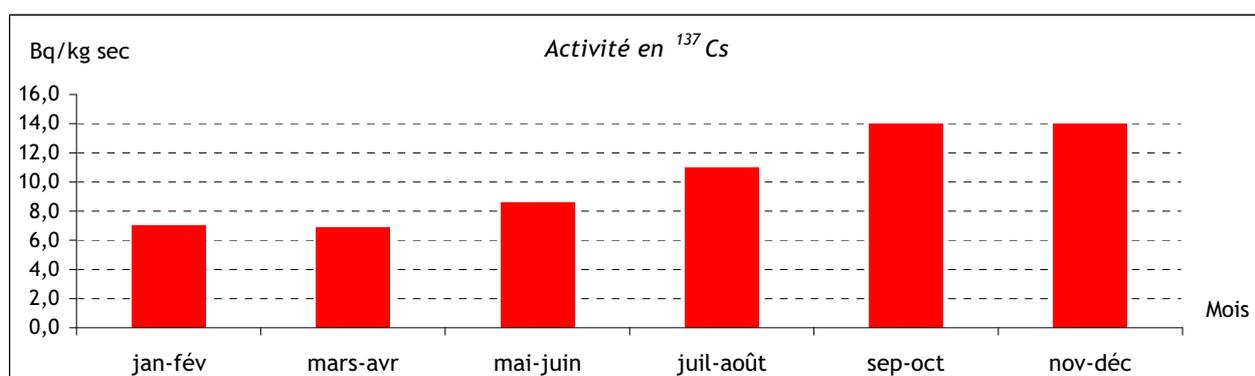


Figure 23 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas (SD 157 ROV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

De faibles activités ont été relevées pour deux produits d'activation présents dans les rejets liquides du CNPE de Cruas :

- le cobalt 60 (Tableau 52) ;
- l'argent 110 métastable, dans 2 des 6 mélanges analysés, avec une valeur maximale de $6,7 \pm 1,7$ Bq/kg sec pour le mélange de septembre et octobre 2005.

Tableau 52 : Activité en ^{60}Co mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{60}Co	$0,91 \pm 0,36$	$2,1 \pm 0,7$	1,6	3/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.3.4 TRICASTIN (26)

Le CNPE du Tricastin est implanté sur le territoire de la commune de Saint-Paul-Trois-Châteaux, au sud de la Drôme, sur la rive droite du canal de dérivation du Rhône. Il comporte 4 réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1980 - 1980 - 1980 - 1981).

L'environnement proche du CNPE du Tricastin fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface et boues de décantation en aval). A cela s'ajoute le prélèvement d'eaux souterraines.

Le point de prélèvement d'eau de surface en amont de ce site correspond au point aval du CNPE de Cruas.

V.7.3.4.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Un collecteur d'eau de pluie est présent sur le site du CNPE du Tricastin. Les eaux recueillies sont collectées hebdomadairement et font l'objet de mesures sur les mélanges bimestriels. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.3.4.2. Eaux de surface

Le point de prélèvement en amont est représenté par le point aval du CNPE de Cruas (voir données du paragraphe V.7.3.3.2).

En aval du site du Tricastin, aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface (Tableau 53).

Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 75 CAV (Canal de Donzère-Mondragon) en aval du CNPE du Tricastin

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	0,13 \pm 0,04	0,12	3/6
α global		< 0,024	0,038 \pm 0,010	-	1/6
^3H		11 \pm 3	14 \pm 3	12	3/6
K	mg/l	2,1 \pm 0,1	2,4 \pm 0,1	2,2	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.3.4.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du canal de Donzère-Mondragon prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bollène (Figure 24).

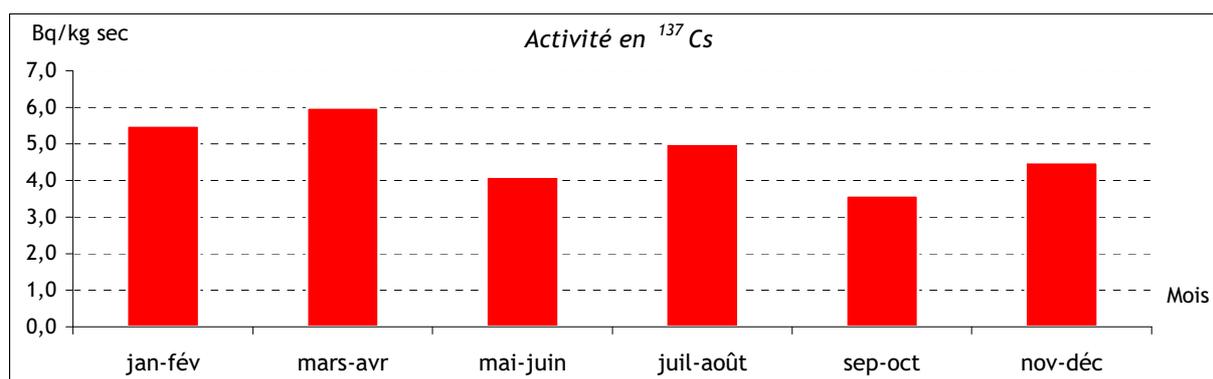


Figure 24 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.3.4.4. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2005.

Tableau 54 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P5 75, dans l'environnement du CNPE du Tricastin

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,14	0,17 \pm 0,04	0,15	1/2
^3H		12 \pm 3	21 \pm 3	17	2/2
K	mg/l	3,4 \pm 0,2	3,4 \pm 0,2	3,4	2/2

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.4 BASSIN VERSANT DE LA SEINE - NOGENT-SUR-SEINE (10)



Carte 7 : Implantation du CNPE de Nogent- sur- Seine

Le CNPE de Nogent-sur-Seine est implanté sur la rive droite de la Seine, à l'ouest du département de l'Aube (région Champagne-Ardenne), à la limite de l'Île-de-France. Il se situe à 60 km à l'ouest de Troyes et 120 km à l'est de Paris. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1987 - 1988).

L'environnement proche du CNPE de Nogent fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Télecay, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.4.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télecay implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.4.2 EAUX DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE (Tableau 55).

Tableau 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 151 SEM sur la Seine en amont du CNPE de Nogent-sur-Seine

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	0/6
α global		< 0,019	< 0,027	-	0/6
^{226}Ra		-	< 0,03	-	0/1
^3H		< 9	< 14	-	0/6
K	mg/l	2,1 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 45 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 56).

Tableau 56 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 151 SEV sur la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,085	0,14 ± 0,04		1/6
α global		< 0,023	< 0,027		0/6
^3H		19 ± 3	45 ± 5	37	6/6
K	mg/l	2,1 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.4.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Seine prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Nogent-sur-Seine (Figure 25).

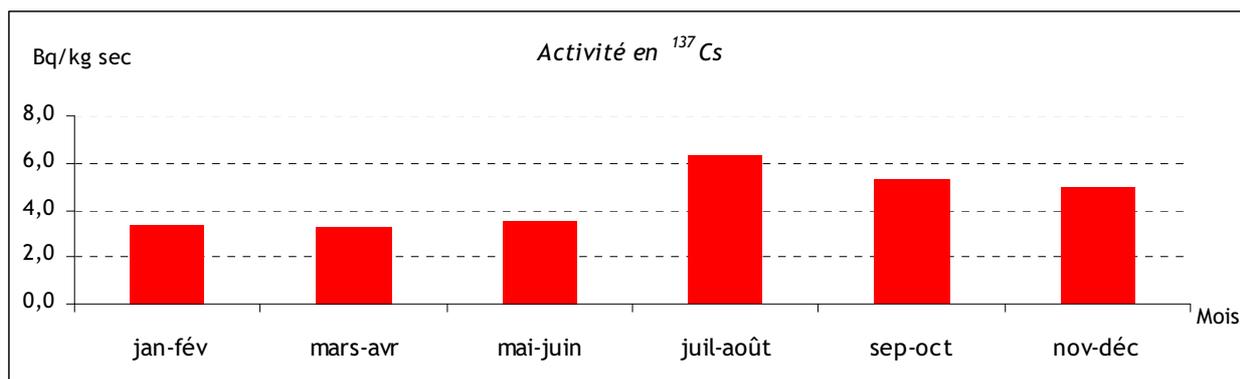


Figure 25 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

De faibles activités ont été relevées pour deux autres radionucléides artificiels présents dans les rejets liquides chroniques du CNPE :

- le cobalt 58, pour 2 des 6 mélanges analysés, avec une valeur maximale de 10 ± 3 Bq/kg sec ;
- le cobalt 60 pour 4 des 6 mélanges analysés (Tableau 57).

Tableau 57 : Activité en ⁶⁰Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
⁶⁰ Co	0,66 ± 0,31	24 ± 4	9,4	4/6

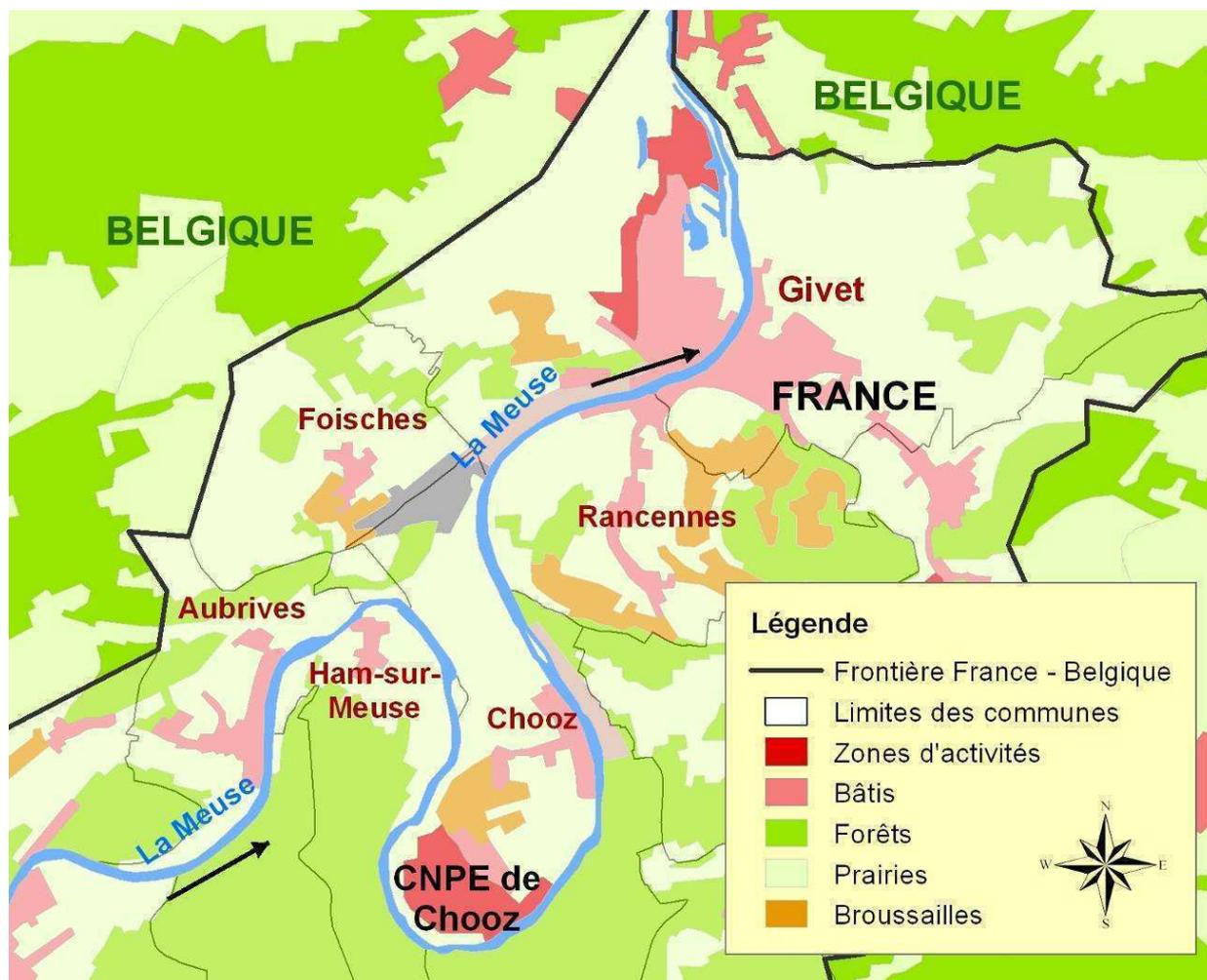
*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.4.4 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Marcilly-sur-Seine, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.5 BASSIN VERSANT DE LA MEUSE - CHOOZ (08)



Carte 8 : Implantation des CNPE de Chooz

Le CNPE de Chooz est implanté dans les Ardennes, en bordure de la Meuse, près de la frontière belge. Il comporte deux réacteurs de 1450 MWe (années de divergence : 1996 et 1997) et une ancienne tranche UNGG arrêtée.

L'environnement proche du CNPE de CHOOZ (A et B) fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.5.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.5.2 EAUX DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE de Chooz (Tableau 58).

Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 83 sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,11	< 0,15	0,13	3/6
α global		< 0,022	< 0,025	-	0/6
^3H		< 9,3	< 12,0	-	0/6
K	mg/l	2,6 \pm 0,1	4,3 \pm 0,2	3,4	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 33 \pm 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 59 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 83 sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz, à Rancennes

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,12	0,14 \pm 0,04	0,14	3/6
α global		< 0,023	< 0,025	-	0/6
^{226}Ra		-	< 0,03	-	0/1
^3H		< 10	33 \pm 4	26	3/6
K	mg/l	2,6 \pm 0,1	4,5 \pm 0,2	3,6	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.5.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Meuse prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rancennes (Figure 26).

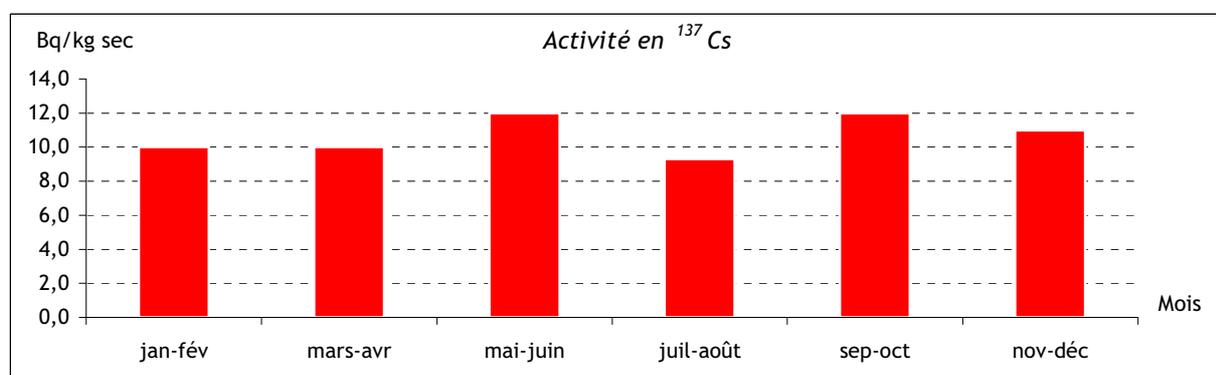


Figure 26 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Par ailleurs, de faibles activités ont été relevées pour trois autres radionucléides artificiels produits d'activation présents dans les rejets liquides chroniques du CNPE : le cobalt 58 ($3,6 \pm 1,4$ Bq/kg sec dans le mélange de mai et juin 2005), le cobalt 60 et l'argent 110 métastable (Tableau 60).

Tableau 60 : Activités en ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{60}Co	$1,3 \pm 0,5$	$2,5 \pm 1,1$	1,7	4/6
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$1,9 \pm 0,9$	$4,8 \pm 1,5$	3,5	5/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.5.4 LAIT DE VACHE

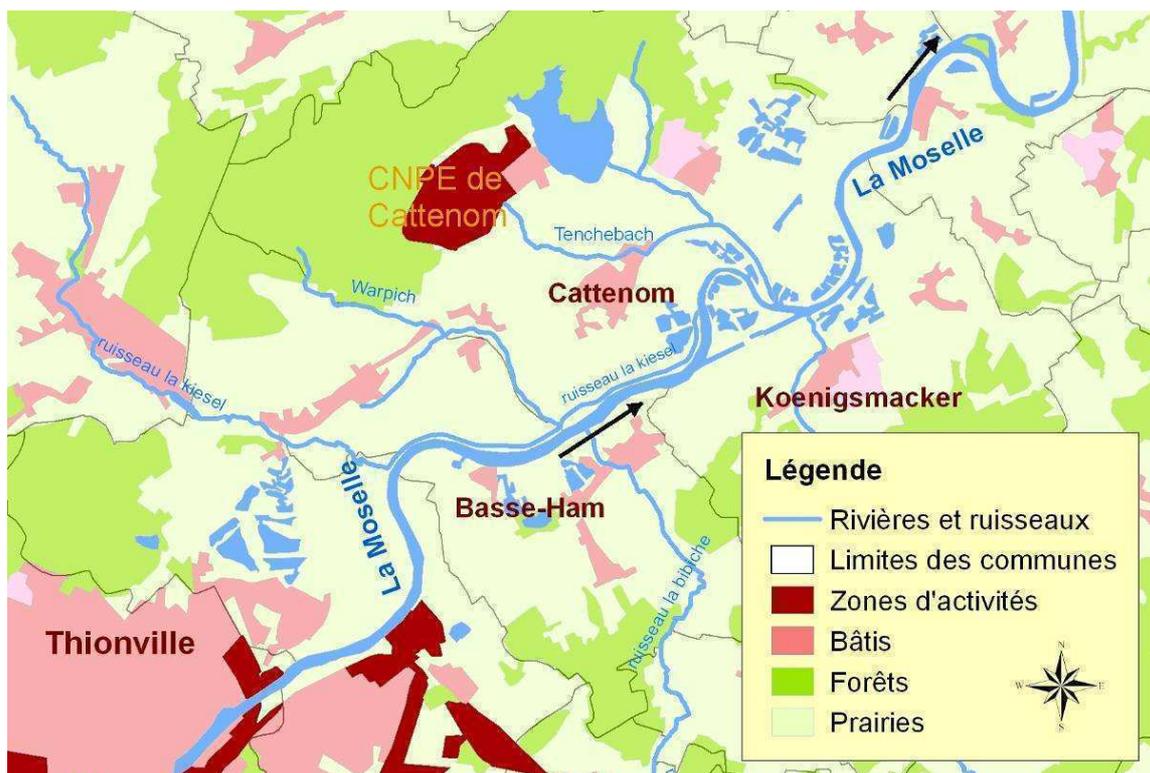
Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Foisches, les activités relevées pour l'iode 131 et le césium 134 sont restées inférieures aux limites de détection.

Des traces de césium 137 ont été décelées en septembre ($0,14 \pm 0,08$ Bq/l), ainsi qu'une faible activité en strontium en octobre ($0,12 \pm 0,03$ Bq/l).

V.7.6 BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE - CATTENOM (57)

Le CNPE de Cattenom est situé en Lorraine, en bordure de la Moselle, à une quinzaine de kilomètres de Thionville, à l'orée de la forêt domaniale de Garche, non loin des frontières allemande et luxembourgeoise. Le CNPE comporte 4 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1986 - 1987 - 1990 - 1991).

L'environnement proche du CNPE de Cattenom fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).



Carte 9 : Implantation des CNPE de Cattenom

V.7.6.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.6.2 EAUX DE SURFACE

Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 144 sur la Moselle en amont du CNPE de Cattenom (Haute-Ham)

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,21 ± 0,04	0,31 ± 0,05	0,24	6/6
α global		< 0,030	< 0,073	-	0/6
^{234}U		-	0,010 ± 0,003	-	1/1
^{238}U		-	< 0,008	-	0/1
^{226}Ra		-	< 0,03	-	0/1
^3H		< 8,9	< 14	-	0/6
K	mg/l	5,9 ± 0,3	8,8 ± 0,4	7,6	6/6

Tableau 62 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 144 en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,22 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,26	4/6
α global		0,023 ± 0,005	< 0,073	-	1/6
^{234}U		-	0,013 ± 0,003	-	1/1
^{238}U		-	< 0 010	-	0/1
^{226}Ra		-	< 0,03	-	0/1
^3H		20 ± 5	57 ± 5	32	6/6
K	mg/l	5,2 ± 0,3	9,5 ± 0,5	7,3	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE (Tableau 61).

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 57 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 62).

V.7.6.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Moselle prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Berg-sur-Moselle (Figure 27).

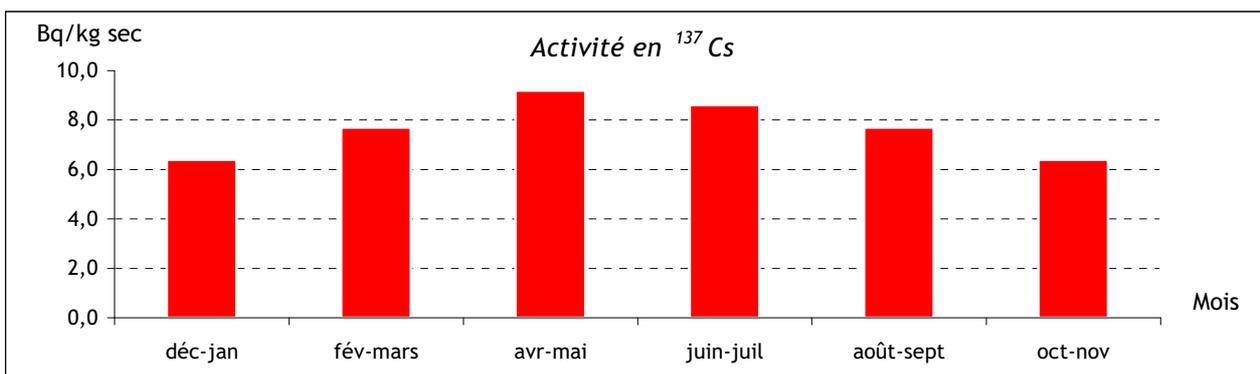


Figure 27 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

De faibles activités ont été relevées pour deux autres radionucléides artificiels produits d'activation présents dans les rejets liquides chroniques du CNPE, le cobalt 58 pour 3 des mélanges analysés et le cobalt 60 pour 4 d'entre eux (Tableau 63).

Tableau 63 : Activités en ^{58}Co et ^{60}Co mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{58}Co	$2,6 \pm 1,2$	$7,3 \pm 1,5$	4,7	3/6
^{60}Co	$1,1 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,7$	2,1	4/6

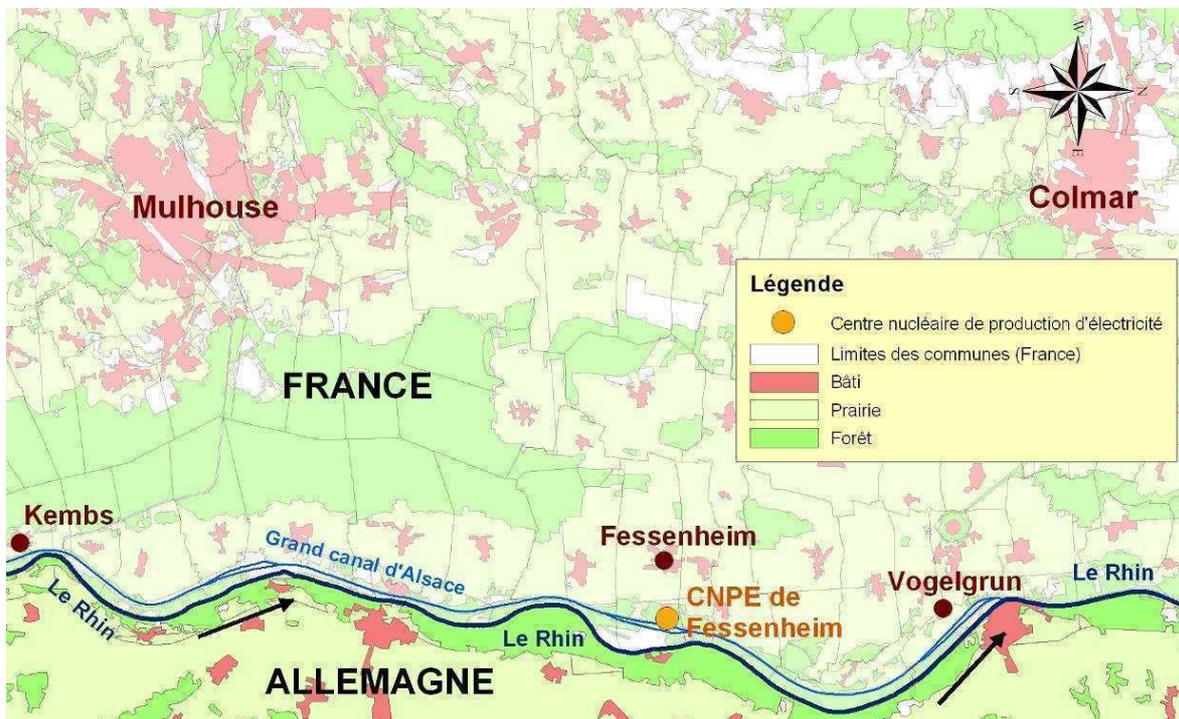
*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.6.4 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Fixem, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.7 BASSIN VERSANT DU RHIN - FESSENHEIM (68)



Carte 10 : Implantation des CNPE de Fessenheim

Le CNPE de Fessenheim est situé en Alsace, dans le département du Haut-Rhin, à une trentaine de kilomètres au nord-est de Mulhouse et autant au sud-est de Colmar, sur la rive gauche du Grand Canal d'Alsace. Il comporte 2 réacteurs de 900 MWe (année de divergence : 1977).

L'environnement proche du CNPE de Fessenheim fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en amont et en aval). A cela s'ajoute un prélèvement d'eaux souterraines.

V.7.7.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.7.2 EAUX SOUTERRAINES

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2005 (Tableau 64).

Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P4 48 du CNPE de Fessenheim

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,12	< 0,13	-	0/2
α global		< 0,026	< 0,026	-	0/2
^3H		< 9	< 9	-	0/2
K	mg/l	2,6 \pm 0,1	2,9 \pm 0,1	2,8	2/2

V.7.7.3 EAUX DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont et en aval du CNPE (Tableau 65, Tableau 66).

Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux prélevées à Kembs dans le Grand Canal d'Alsace au point RO 70 CAM en amont du CNPE de Fessenheim

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,095	< 0,14	-	0/6
α global		< 0,022	< 0,028	-	0/6
^{226}Ra		-	< 0,030	-	0/1
^3H		< 9	< 12	-	0/6
K	mg/l	1,8 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	2,2	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 66 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 à Vogelgrün dans le Grand Canal d'Alsace au point R1 73 CAV en aval du CNPE de Fessenheim

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	0,13 ± 0,03	0,11	3/6
α global		< 0,025	0,034 ± 0,010	-	2/6
^3H		< 9	< 12	-	0/6
K	mg/l	2,1 ± 0,1	3,5 ± 0,2	2,7	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.7.4 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Grand Canal d'Alsace prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Kembs et de celui situé à Vogelgrün (Figure 28, Figure 29).

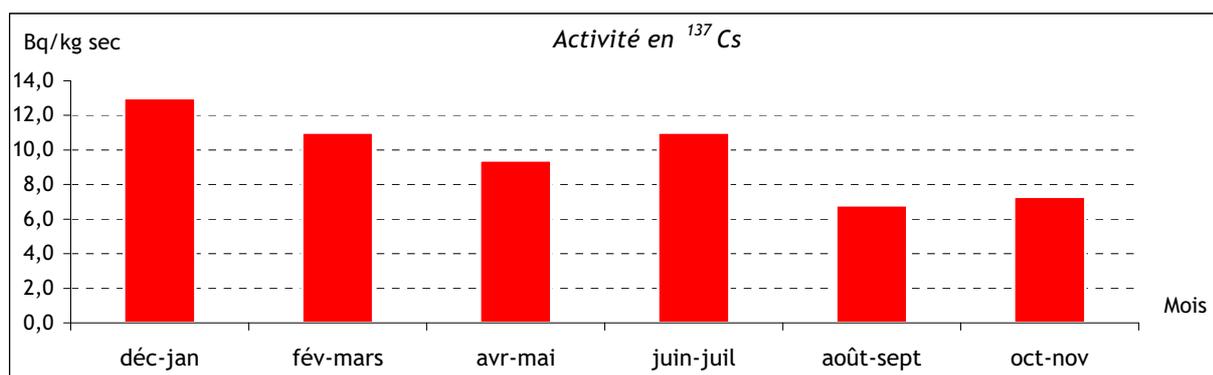


Figure 28 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM)

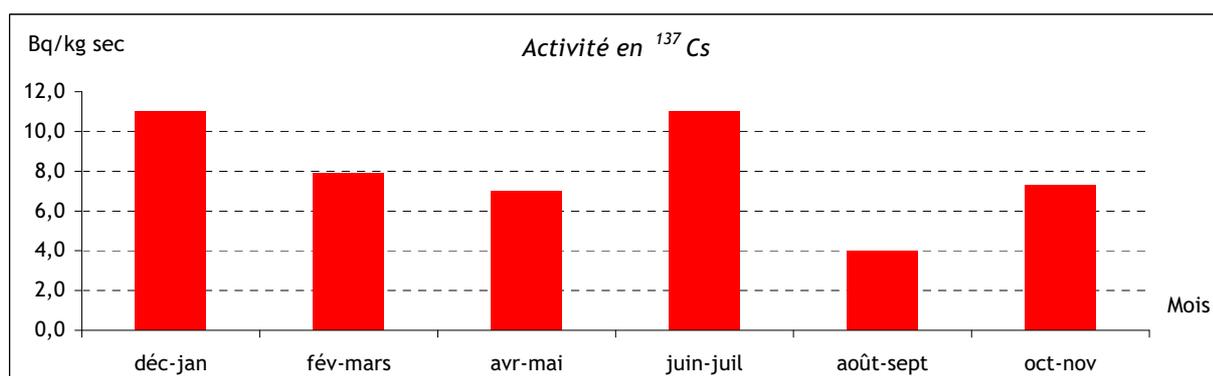


Figure 29 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün (SD 73 CAV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

De faibles activités de cobalt 58 et de cobalt 60, deux radionucléides artificiels, ont été relevées dans les rejets liquides du CNPE (Tableau 67, Tableau 68).

Tableau 67 : Activité en ^{58}Co mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM) et à Vogelgrün (SD 73 CAV)

Résultats (Bq/kg sec)				
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{58}Co	Grand Canal d'Alsace à Kembs			
	1,3 ± 0,6	5,6 ± 1,8	2,6	6/6
	Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün			
	1,5 ± 0,7	6,9 ± 1,4	3,4	4/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 68 : Activité en ^{60}Co mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM)

Résultats (Bq/kg sec)				
	Min.	Max.	Moyenne	*
^{60}Co	0,86 ± 0,40	1,4 ± 0,4	1,1	4/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.7.5 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Geiswasser, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium (méthode Sr + TR) sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.8 LE LITTORAL DE LA MANCHE (50, 76, 59)

V.7.8.1 FLAMANVILLE (50)

Le CNPE de Flamanville est implanté en Normandie, au bord de la Manche. Il est situé sur la commune de Flamanville, sur la côte Ouest du Cotentin, à 30 km de Cherbourg et à 35 km de Valognes. Le CNPE comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1985 - 1986).

L'environnement proche du CNPE de Flamanville fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de la conduite sous-marine, sédiments marins).



Carte 11 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche

V.7.8.1.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.8.1.2. Eaux de la conduite sous-marine

Les analyses réalisées sur les eaux de la conduite sous-marine ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 71 ± 6 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 69).

Tableau 69 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 145 - conduite sous-marine du CNPE de Flamanville

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	8,2 ± 0,8	11,0 ± 1,1	10,4	6/6
²³⁴ U		-	0,043 ± 0,006	-	1/1
²³⁸ U		-	0,038 ± 0,006	-	1/1
²²⁶ Ra		-	< 0,03	-	0/1
³ H		12 ± 2	71 ± 6	42	6/6
K	mg/l	370 ± 19	440 ± 22	408	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.8.1.3. Sédiments marins

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans 6 des 12 prélèvements mensuels de sédiments marins effectués au niveau de la plage du Platé à Diélette.

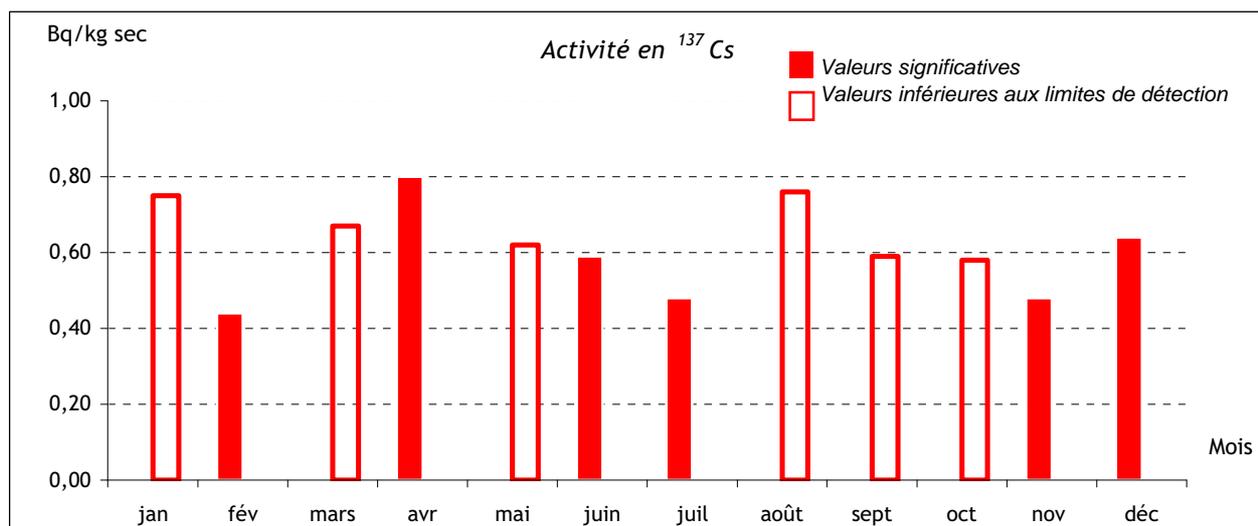


Figure 30 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2005 au voisinage du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA)

La présence de césium 137, dont l'activité est du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique à la fois par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

V.7.8.1.4. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Héauville, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.8.2 PALUEL (76)

Le CNPE de Paluel se situe en Seine-Maritime, entre Dieppe et Fécamp, sur la côte normande, à quelques encablures de Saint-Valéry-en-Caux. Il comporte 4 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1984 - 1984 - 1985 - 1986).

L'environnement proche du CNPE de Paluel fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux et boues de décantation au niveau de la conduite sous-marine).

V.7.8.2.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.8.2.2. Eaux de la conduite sous-marine

Les analyses réalisées sur les eaux de la conduite sous-marine ont mis en évidence la présence de tritium (activité maximale de 120 ± 8 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 70 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 146 (eaux sous-marines du CNPE de Paluel)

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	$10,0 \pm 1,0$	$13,0 \pm 1,3$	11	6/6
^{234}U		-	$0,041 \pm 0,006$	-	1/1
^{238}U		-	$0,033 \pm 0,006$	-	1/1
^{226}Ra		-	$< 0,03$	-	0/1
^3H		64 ± 5	120 ± 8	81	6/6
K	mg/l	340 ± 17	390 ± 20	375	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.8.2.3. Boues de décantation

Des traces de cobalt 60 et césium 137, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation prélevées au niveau de la conduite sous marine du CNPE (Figure 31).

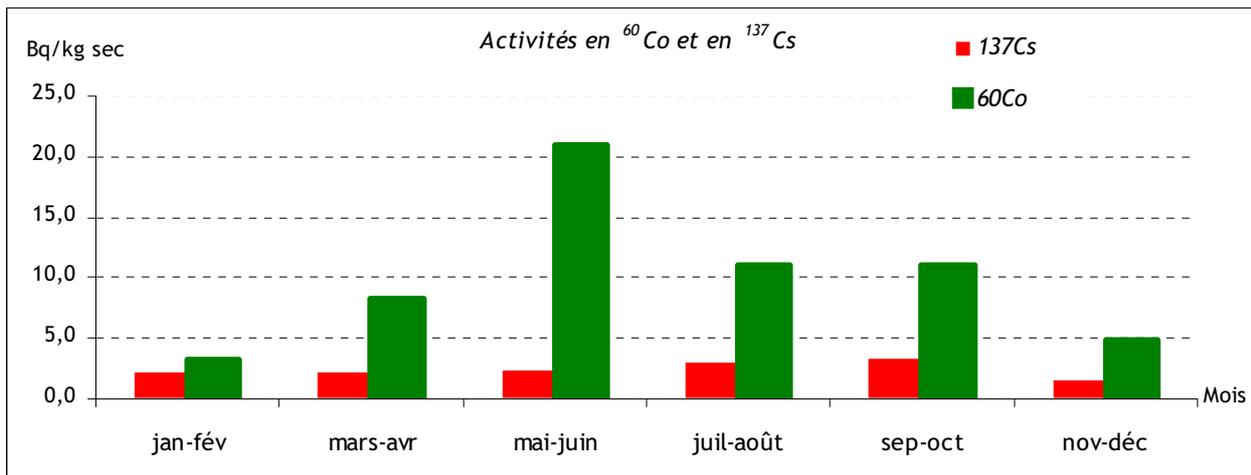


Figure 31 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides du CNPE et de l'installation de retraitement du combustible usé de la Hague.

La présence de cobalt 60 s'explique principalement par les rejets liquides des installations nucléaires du littoral de la Manche (usine Areva de la Hague et CNPE).

De faibles activités ont été relevées pour trois autres radionucléides artificiels également présents dans ces rejets liquides : le manganèse 54, le cobalt 58 et l'argent 110 métastable (Tableau 71).

Tableau 71 : Activités en ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co et ^{110m}Ag mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
⁵⁴ Mn	0,89 ± 0,49	1,8 ± 0,6	1,3	3/6
⁵⁸ Co	1,0 ± 0,4	7,4 ± 1,1	3,8	4/6
^{110m} Ag	0,72 ± 0,37	2,5 ± 0,5	1,6	3/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.8.3 PENLY (76)

Le CNPE de Penly est situé en Seine-Maritime, au bord de la Manche, à 15 km de Dieppe, 20 km du Tréport et 70 km de Rouen. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1990 - 1992).

L'environnement proche du CNPE de Penly fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux et boues de décantation au niveau de la conduite sous-marine).

V.7.8.3.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.8.3.2. Eaux de la conduite sous-marine

Les analyses réalisées sur les eaux de la conduite sous-marine ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 61 ± 6 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 72 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 153 - conduite sous-marine du CNPE de Penly

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	$7,4 \pm 0,8$	$12,0 \pm 1,2$	10,2	6/6
^{234}U		-	$0,038 \pm 0,006$	-	1/1
^{238}U		-	$0,034 \pm 0,005$	-	1/1
^{226}Ra		-	$< 0,03$	-	0/1
^3H	mg/l	13 ± 2	61 ± 6	44	6/6
K		350 ± 18	420 ± 21	390	6/6

V.7.8.3.3. Boues de décantation

Des traces de cobalt 60 et césium 137, radionucléides artificiels, ont été décelées dans pratiquement tous les mélanges bimestriels de boues de décantation prélevées au niveau de la conduite sous-marine du CNPE (Figure 32).

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années passées, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides du CNPE et de l'installation Areva de la Hague.

La présence de cobalt 60 s'explique principalement par les rejets liquides des installations nucléaires du littoral de la Manche (usine Areva de la Hague et CNPE).

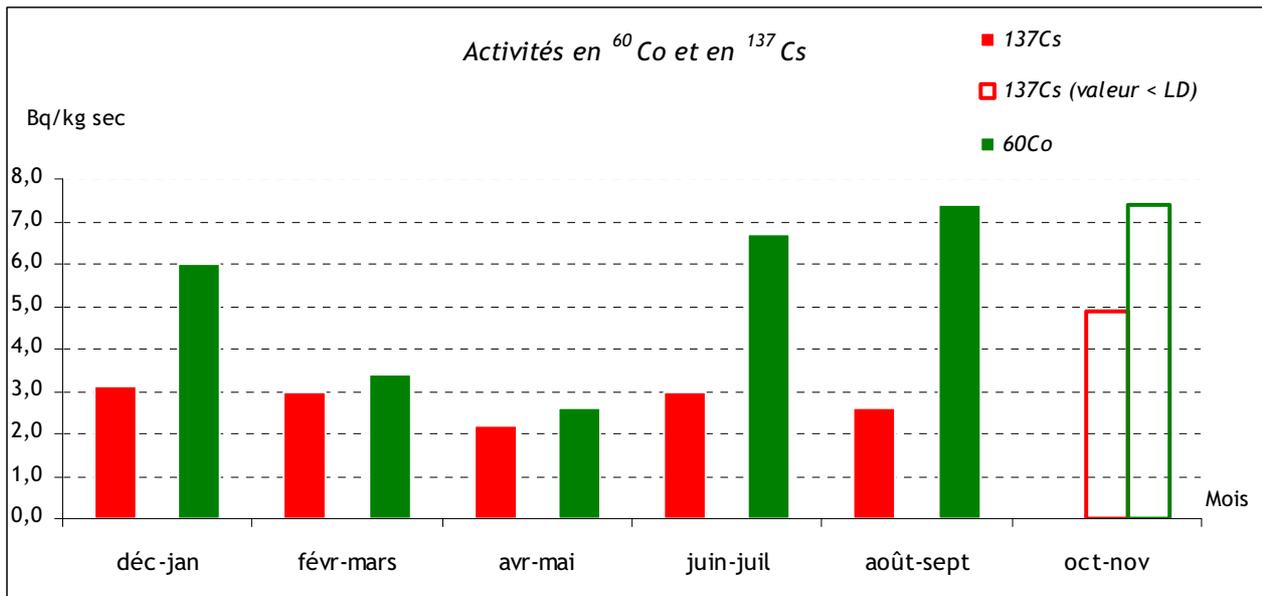


Figure 32 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM)

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.7.8.4 GRAVELINES (59)

Le CNPE de Gravelines, dans le Nord, est situé en bordure de mer, à égale distance de Dunkerque et de Calais (20 km). Il comporte 6 réacteurs de 900 MWe (années de divergence : 1980 - 1980 - 1980 - 1981 - 1984 - 1985).

L'environnement proche du CNPE de Gravelines fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eau et boues de décantation dans le canal marin). A cela s'ajoute un prélèvement d'eaux souterraines.

V.7.8.4.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du CNPE.

V.7.8.4.2. Eau du canal marin

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées dans le canal marin ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium due aux rejets liquides (Tableau 73).

Tableau 73 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point M1 84 (canal marin) du CNPE de Gravelines

		Résultats				
		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	²³⁸ Pu	Bq/l	< 0,0011	< 0,0014	-	0/6
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		< 0,0006	< 0,0010	-	0/6
	²⁴¹ Am		< 0,0012	< 0,0053	-	0/6
	⁹⁰ Sr		< 0,004	< 0,009	-	0/6
Eau filtrée	β global	Bq/l	9,8 ± 1,0	12,0 ± 1,2	11,3	6/6
	²³⁴ U		-	0,043 ± 0,006	-	1/1
	²³⁸ U		-	0,036 ± 0,006	-	1/1
	²²⁶ Ra		-	< 0,03	-	0/1
	³ H		12 ± 2	20 ± 3	15	6/6
	K		mg/l	350 ± 18	400 ± 20	385

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.8.4.3. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale sur les eaux souterraines n'a été décelée en 2005.

Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P1 84 dans l'environnement du CNPE de Gravelines

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,72 ± 0,09	0,87 ± 0,10	0,80	2/2
³ H		17 ± 3	22 ± 3	20	2/2
K	mg/l	25,0 ± 1,3	34,0 ± 1,7	29,5	2/2

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.8.4.4. Boues de décantation

Des traces de cobalt 60 et césium 137, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation prélevées au niveau du canal marin du CNPE de Gravelines (Figure 33).

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides du CNPE et de l'installation Areva la Hague.

Des traces de cobalt 58, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 2 des 6 mélanges bimestriels analysés avec une valeur maximale de 4,2 ± 1,6 Bq/kg sec pour celui d'avril et mai.

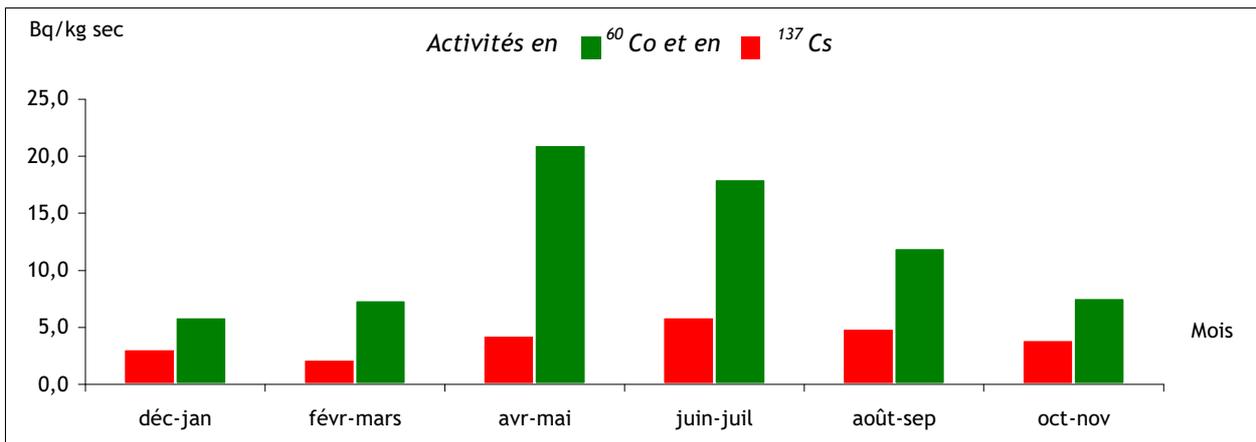


Figure 33 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

La présence de cobalt 60 et de cobalt 58 s'explique principalement par les rejets liquides des installations nucléaires du littoral de la Manche (usine Areva de la Hague et CNPE).

Des traces de plutonium 238, plutonium 239+240, plutonium 241 et d'américium 241, autres radionucléides artificiels caractéristiques des rejets du centre de retraitement AREVA de la Hague, ont également été décelées (Figure 34, Figure 35).

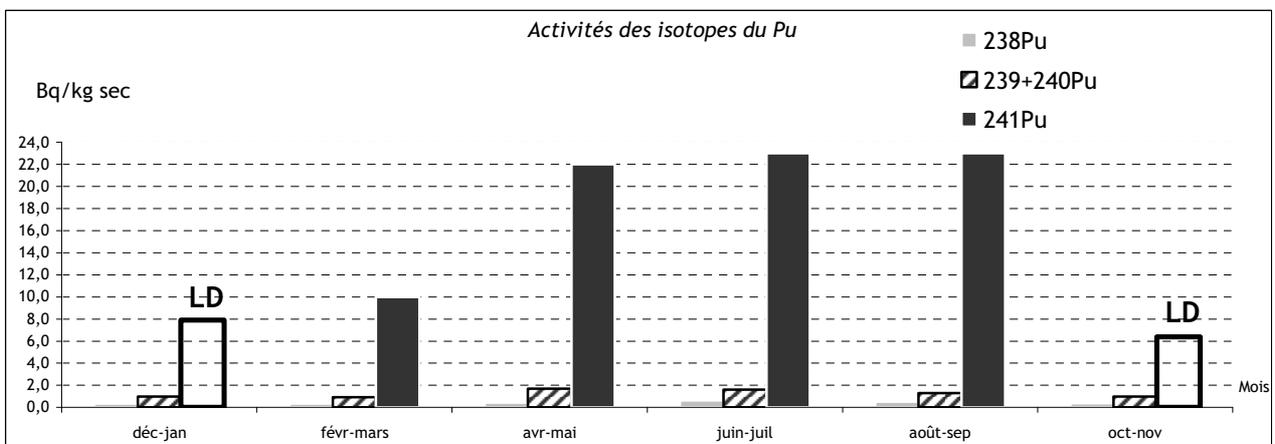


Figure 34 : Activités des isotopes du plutonium mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

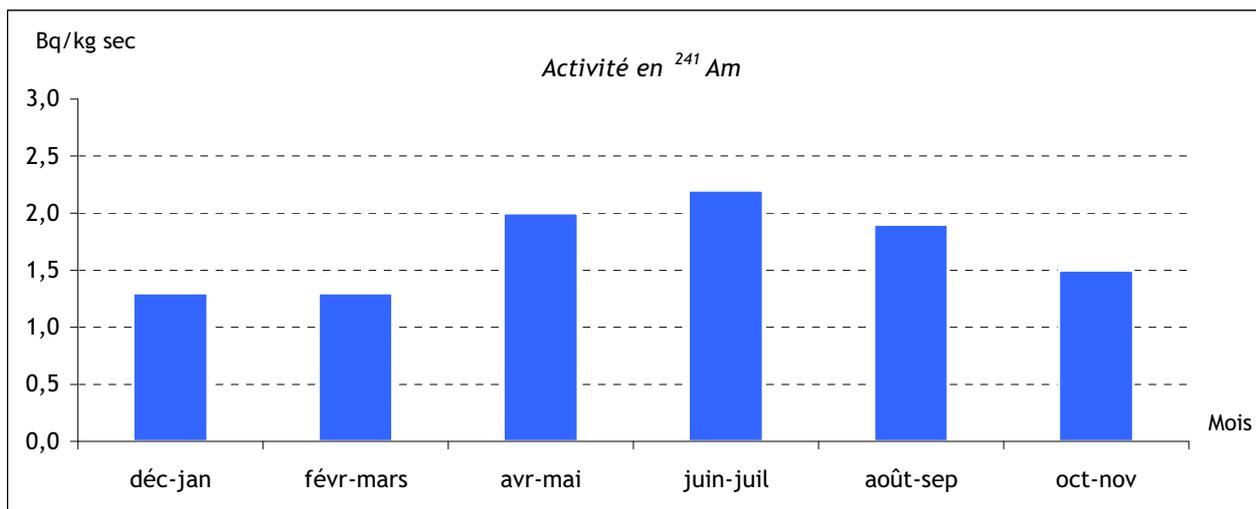


Figure 35 : Activité en ²⁴¹Am mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

V.7.8.4.5. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Saint-Folquin, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium (méthode Sr + TR) sont restées inférieures aux limites de détection.

V.7.9 INSTALLATIONS A L'ARRET (29, 38)

V.7.9.1 BRENNILIS (29)

L'environnement proche de l'ancienne Centrale de Brennilis (en cours de démantèlement) fait l'objet d'une surveillance basée sur les prélèvements d'aérosols, d'eau de rivière, d'eau de pluies et de lait de vache.

V.7.9.1.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement de l'ancien CNPE (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Les mesures sont réalisées sur les mélanges mensuels. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement de l'ancien CNPE.

V.7.9.1.2. Eaux de surface

Aucune activité n'a été mesurée au-dessus des limites de détection sur les prélèvements ponctuels réalisés mensuellement dans l'Ellez.

V.7.9.1.3. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Kerelcun, les activités relevées pour le tritium, l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection.

Une faible activité en strontium a été décelée dans tous les prélèvements à l'exception de celui du mois de mars (Tableau 75).

Tableau 75 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE du Brennilis

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
Sr (Sr+TR)	0,11 ± 0,03	0,27 ± 0,05	0,16

V.7.9.2 CREYS-MALVILLE (38)

Le site de Creys-Malville est implanté sur la commune de Creys-Mépieu, dans le département de l'Isère, sur la rive gauche du Rhône, à 50 km à l'est de Lyon. Le site abrite un réacteur à neutrons rapides de 1200 MWe, arrêté en 1998.

L'environnement proche du site de Creys-Malville fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

V.7.9.2.1. Compartiment atmosphérique

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du site (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du site.

V.7.9.2.2. Eaux de surface

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en aval du site.

Tableau 76 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 60 sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,09	< 0,17	-	2/6
α global		< 0,023	0,039 ± 0,009	0,030	4/6
^3H		< 9,2	< 13,0	-	0/6
K	mg/l	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,0	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.7.9.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bouvesse-Quirieu (Figure 36).

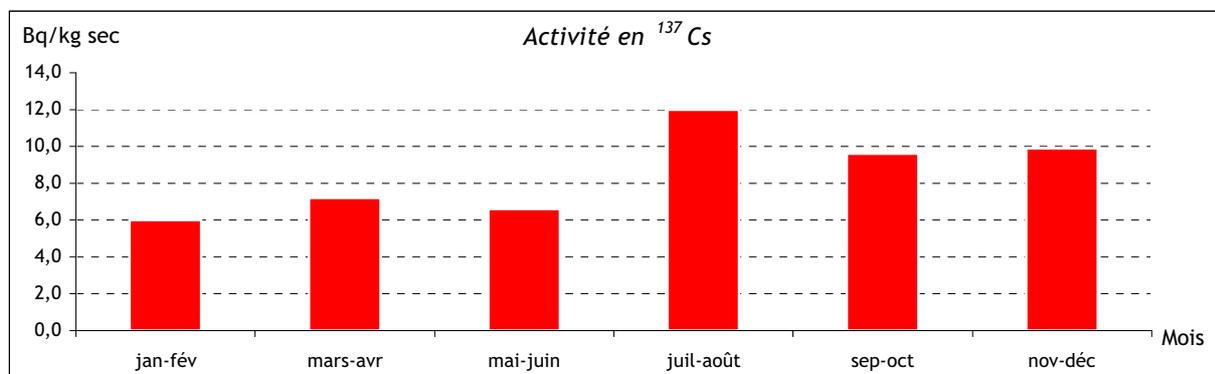


Figure 36 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV)

Ces activités, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par les rejets liquides chroniques du site.

Une faible activité en plutonium 239+240, autre radionucléide artificiel, a été décelée pour le mélange de novembre et décembre 2005 (0,25 + 0,09 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

V.8. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AVAL DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE

L'industrie de l'aval du cycle reçoit le combustible déchargé des réacteurs. La matière nucléaire est devenue des millions de fois plus radioactive que l'uranium naturel, même après un certain temps de refroidissement dans les piscines. L'objectif de l'industrie de l'aval est le traitement du combustible usé. En France, on réalise dans d'imposantes installations d'une part la séparation et la purification de l'uranium et du plutonium, et d'autre part le conditionnement final des déchets ultimes, sous forme vitrifiée pour les produits de fission et dans des conteneurs de déchets compactés ou immobilisés dans du ciment pour les éléments de structures des assemblages combustibles.

Ce cycle a été plus récemment complété par l'industrialisation du recyclage du plutonium, grâce à la mise en service d'ateliers de fabrication de combustible mixte (plutonium-uranium), dit MOX (mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium).

V.8.1 SITE DE LA HAGUE (50)

Sur le site de la Hague, AREVA assure les opérations de traitement des combustibles usés.

L'environnement proche du site fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Télecay, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de mer et sédiments marins). A cela s'ajoutent les prélèvements d'eau pluviale, d'eau souterraine, d'eau et de sédiment de rivière, de sol, de végétaux terrestres, de faune et flore marines.

V.8.1.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télecay implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre AREVA (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Les eaux de pluie sont prélevées à une fréquence hebdomadaire. Les mesures sont faites sur les eaux brutes collectées mensuellement.

Aucune activité en radionucléides artificiels n'a été mesurée au-dessus des limites de détection.

Seuls les résultats d'analyses des radionucléides régulièrement détectés dans les cartouches à la cheminée de l'installation AREVA, et susceptibles d'être mesurés dans les eaux de pluie, sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux de pluie recueillies en 2005 dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

Activité (Bq/l) Période	⁵⁸ Co	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	¹²⁹ I	¹³¹ I	¹³⁴ Cs ¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am	³ H	⁷ Be	α globale	β globale
	Janvier	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 2,0	< 0,3	< 0,001	< 9,4	1,8 ± 0,9	< 0,02
Février	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 2,1	< 0,3	< 0,001	< 9,0	2,3 ± 0,9	< 0,02	< 0,15
Mars	< 0,3	< 0,2	< 1,2	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 1,4	< 0,3	< 0,001	< 12,0	< 1,9	< 0,02	< 0,12
Avril	< 0,3	< 0,3	< 1,5	< 0,4	< 0,4	< 0,2	< 3,1	< 0,3	< 0,001	< 9,5	1,5 ± 0,8	< 0,02	< 0,10
Mai	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 1,3	< 0,3	< 0,002	< 11,0	< 1,8	< 0,02	< 0,10
Juin	< 0,3	< 0,3	< 1,4	< 0,5	< 0,4	< 0,2	< 11,0	< 0,3	< 0,003	< 10,0	< 2,5	< 0,02	< 0,10
Juillet	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,5	< 0,4	< 0,3	< 3,1	< 0,3	< 0,002	< 9,7	< 2,1	< 0,02	< 0,14
Août	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,2	< 1,8	< 0,3	< 0,002	< 11,0	< 1,6	< 0,02	< 0,10
Septembre	< 0,4	< 0,4	< 1,3	< 0,6	< 0,4	< 0,3	< 49,0	< 0,3	< 0,001	< 12,0	< 2,9	< 0,02	< 0,10
Octobre	< 0,4	< 0,3	< 1,3	< 0,5	< 0,4	< 0,3	< 11,0	< 0,3	< 0,001	< 11,0	1,7 ± 1,0	< 0,02	< 0,12
Novembre	< 0,3	< 0,2	< 1,2	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 1,9	< 0,3	< 0,001	< 11,0	< 1,9	< 0,02	< 0,10
Décembre	< 0,3	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,2	< 1,8	< 0,3	< 0,002	< 11,0	< 1,7	< 0,02	< 0,12

V.8.1.2 EAU DU RESEAU D'EAU PLUVIALE

Le réseau de collecte des eaux pluviales du site AREVA (commun avec celui de l'ANDRA) fait l'objet de prélèvements ponctuels réalisés mensuellement.

Des activités significatives en tritium ont été mesurées sur chacun des points de prélèvements avec un maximum enregistré au sud de l'installation (point W1 87). On note également la présence de césium 137, mesuré aux deux points sud (W1 et W3 87) du réseau, ainsi que de strontium 90 au point W1 87. La présence de ces radionucléides est due aux rejets des installations de l'établissement AREVA.

Tableau 78 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

			Résultats			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,32 ± 0,05	1,50 ± 0,09	0,59	24/24
	α global		< 0,019	< 0,026	-	0/24
	^3H		< 12	140 ± 10	51	21/24
	K	mg/l	2,0 ± 0,1	5,9 ± 0,3	3,1	24/24
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	< 0,10	0,32 ± 0,07	0,19	23/24
	^{90}Sr		0,09 ± 0,01	0,56 ± 0,06	0,17	24/24

Tableau 79 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W2 87 (ouest) dans l'environnement du site de la Hague

			Résultats dans l'eau filtrée			
			Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l		< 0,11	0,24 ± 0,03	0,15	21/24
α global			< 0,019	< 0,023	-	0/24
^3H			< 10	31 ± 4	18	22/24
K	mg/l		1,9 ± 0,10	3,2 ± 0,16	2,6	24/24

Tableau 80 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

			Résultats			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,36 ± 0,06	0,66 ± 0,08	0,54	24/24
	α global		< 0,026	< 0,076	-	0/24
	^3H		26 ± 3	120 ± 8	55	24/24
	K	mg/l	6,7 ± 0,3	21,0 ± 1,1	13,4	24/24
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	0,007 ± 0,004	0,016 ± 0,006	0,011	18/24

Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées au point RO 87 (Nord Est, limnigraphe) sur le site de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	0,16 \pm 0,04	-	10/24
α global		< 0,019	< 0,024	-	0/24
^3H		73 \pm 6	130 \pm 16	94	24/24
K	mg/l	2,1 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	2,6	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.3 EAUX DE SURFACE

Des prélèvements trimestriels d'eau sont réalisés dans les ruisseaux de la Sainte-Hélène, des Landes et des Moulinets.

Des activités en tritium ont été mesurées dans l'eau de tous les ruisseaux situés dans l'environnement immédiat du site avec des maxima enregistrés dans le ruisseau de la Sainte-Hélène à Diguleville. Dans le ruisseau des Landes, des activités en strontium 90 ont été enregistrées dans tous les prélèvements de l'année.

Tableau 82 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Diguleville dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,16	-	1/12
α global		< 0,019	< 0,025	-	0/12
^{226}Ra		< 0,030	< 0,030	-	0/12
^3H	mg/l	65 \pm 5	200 \pm 14	118	12/12
K		2,0 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	2,7	12/12

Tableau 83 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source RecBoc) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,12	0,38 \pm 0,05	0,24	22/24
α global		< 0,020	< 0,023	-	0/24
^3H		17 \pm 3	59 \pm 5	28	24/24
K	mg/l	2,0 \pm 0,1	3,4 \pm 0,2	3,0	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 84 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,13 ± 0,04	1,40 ± 0,08	0,28	24/24
α global		< 0,019	0,048 ± 0,015	-	4/24
³H		13 ± 3	45 ± 5	21	24/24
K	mg/l	2,1 ± 0,1	3,3 ± 0,2	3,0	24/24

Tableau 85 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

			Résultats dans l'eau filtrée			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,50 ± 0,09	3,00 ± 0,18	1,78	4/4
	α global		< 0,015	0,053 ± 0,005	-	1/4
	³H		< 10	13 ± 3	12	3/4
	K	mg/l	3,0 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,0	4/4
Eau brute	⁹⁰Sr	Bq/l	1,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.4 SEDIMENTS DE RIVIERES

Des prélèvements de sédiments sont également réalisés dans les ruisseaux de la Sainte-Hélène, des Landes et des Moulinets.

L'analyse des sédiments de ces ruisseaux a révélé la présence de radionucléides artificiels (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am), due essentiellement aux rejets liquides passés et présents des installations du site AREVA.

Les moyennes annuelles des résultats significatifs sont représentées sur les graphiques ci-après (Figure 37, Figure 38).

On notera que pour la plupart des radionucléides recherchés, les sédiments du ruisseau de la Sainte-Hélène semblent être les moins marqués, ceux du ruisseau des Landes étant les plus marqués.

En ce qui concerne le césium 137, on note que le ruisseau des Moulinets présente l'activité la plus importante.

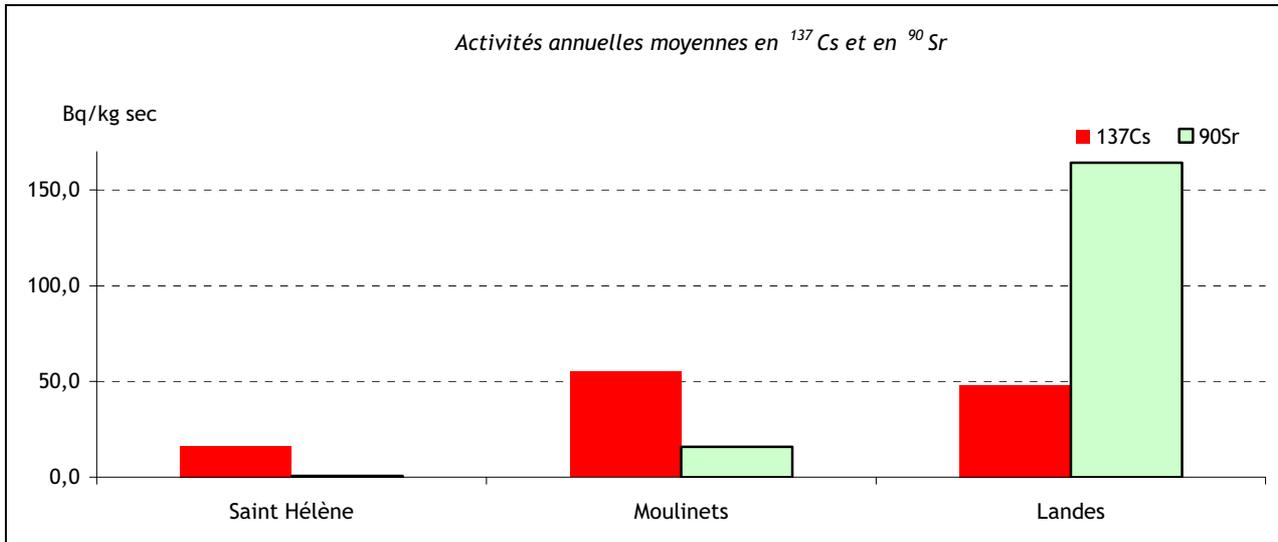


Figure 37 : Activités en ¹³⁷Cs et en ⁹⁰Sr mesurées dans les sédiments de rivières prélevés en 2005 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague

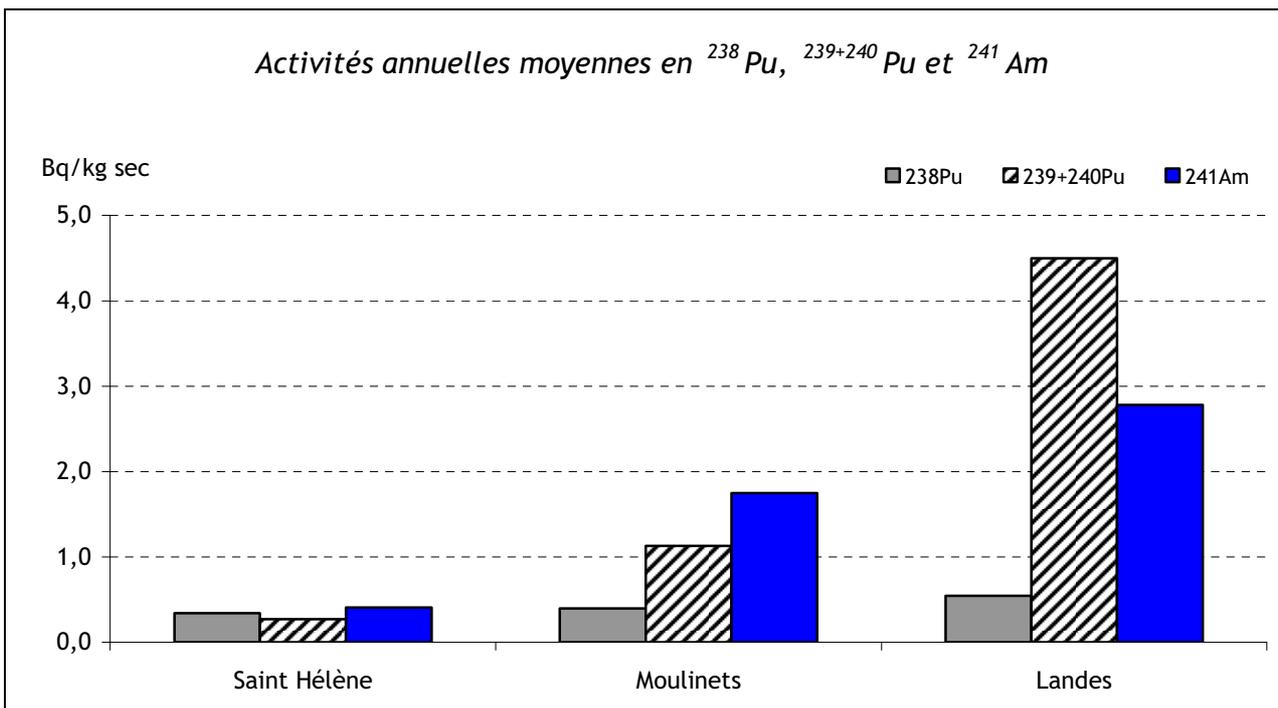


Figure 38 : Activités en ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et en ²⁴¹Am mesurées dans les sédiments de rivières prélevés en 2005 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague

V.8.1.5 EAUX SOUTERRAINES

Cinq piézomètres du site d'AREVA font l'objet d'une surveillance par l'IRSN. Les eaux de chacun de ces piézomètres présentent une activité significative en tritium. Les activités les plus élevées ont été enregistrées aux points 358 et 702 (entre 3200 et 5500 Bq/l). Au point 106, des activités significatives ont été enregistrées en césium 137 et strontium 90. La présence de ces radionucléides explique l'activité bêta globale élevée.

Tableau 86 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P1 87 (piézomètre 106) du site AREVA de la Hague

			Résultats			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	6,0 \pm 0,3	7,6 \pm 0,4	6,5	4/4
	α global		0,024 \pm 0,004	< 0,039	0,025	2/4
	^3H		11 \pm 3	16 \pm 3	13	4/4
	K	mg/l	2,6 \pm 0,13	7,0 \pm 0,4	4,7	4/4
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	0,18 \pm 0,06	2,40 \pm 0,31	0,89	4/4
	^{90}Sr		2,7 \pm 0,2	3,8 \pm 0,3	3,1	4/4

Tableau 87 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P2 87 (piézomètre 222) du site AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,12	< 0,15	-	0/4
α global		< 0,021	< 0,021	-	0/4
^3H		11 \pm 3	13 \pm 3	12	3/4
K	mg/l	2,7 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	3,0	4/4

Tableau 88 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P3 87 (piézomètre 326) du site AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/2
α global		< 0,019	< 0,021	-	0/2
^3H		650 \pm 52	720 \pm 58	685	2/2
K	mg/l	1,8 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,1	2/2

Tableau 89 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P4 87 (piézomètre 358) du site AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,15 \pm 0,04	0,30 \pm 0,05	0,25	4/4
α global		0,16 \pm 0,02	0,20 \pm 0,03	0,18	4/4
^3H		3200 \pm 224	4900 \pm 294	4350	4/4
K	mg/l	1,6 \pm 0,1	2,9 \pm 0,2	2,4	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 90 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P5 87 (piézomètre 702) du site AREVA de la Hague

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,12	< 0,15	-	0/2
α global		< 0,020	< 0,020	-	0/2
^3H		4800 \pm 384	5500 \pm 440	5150	2/2
K	mg/l	2,5 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,6	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.6 SOLS

Un prélèvement de sol à deux profondeurs est réalisé annuellement à Herqueville (Tableau 91 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2005 (Tableau 91)).

Tableau 91 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2005

Profondeur (cm)	Résultats (Bq/kg sec sauf précision)					
	^{137}Cs	^{14}C (Bq/kg C_{el})	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am	^{90}Sr
0-5	9,4 \pm 1,2	2300 \pm 598	< 0,12	0,4 \pm 0,1	<0,4	2,5 \pm 0,4
5-10	11,0 \pm 1,3	5000 \pm 1400	< 0,13	0,3 \pm 0,1	< 0,4	1,9 \pm 0,3

L'activité la plus importante dans le sol prélevé à Herqueville au point A12 a été mesurée pour le ^{137}Cs . On relève également des activités significatives en ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am .

Les activités mesurées dans les prélèvements de sol sont représentatives des retombées atmosphériques passées (accident de la centrale de Tchernobyl, retombées des essais nucléaires atmosphériques), et des rejets gazeux de l'installation.

V.8.1.7 VEGETAUX TERRESTRES

Des prélèvements de végétaux terrestres (herbe) sont réalisés dans la direction des vents dominants, à Herqueville et Beaumont à un rythme mensuel ou trimestriel.

Les résultats de ^{90}Sr et de ^{14}C sont présentés dans les figures ci-après (Figure 39, Figure 40, Figure 41).

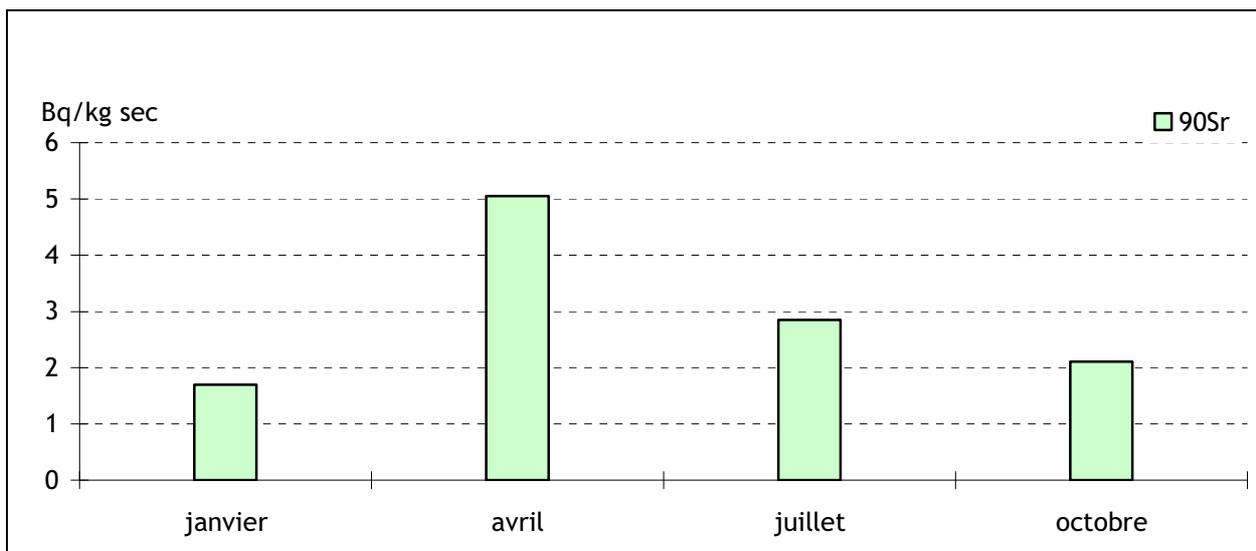


Figure 39 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Beaumont

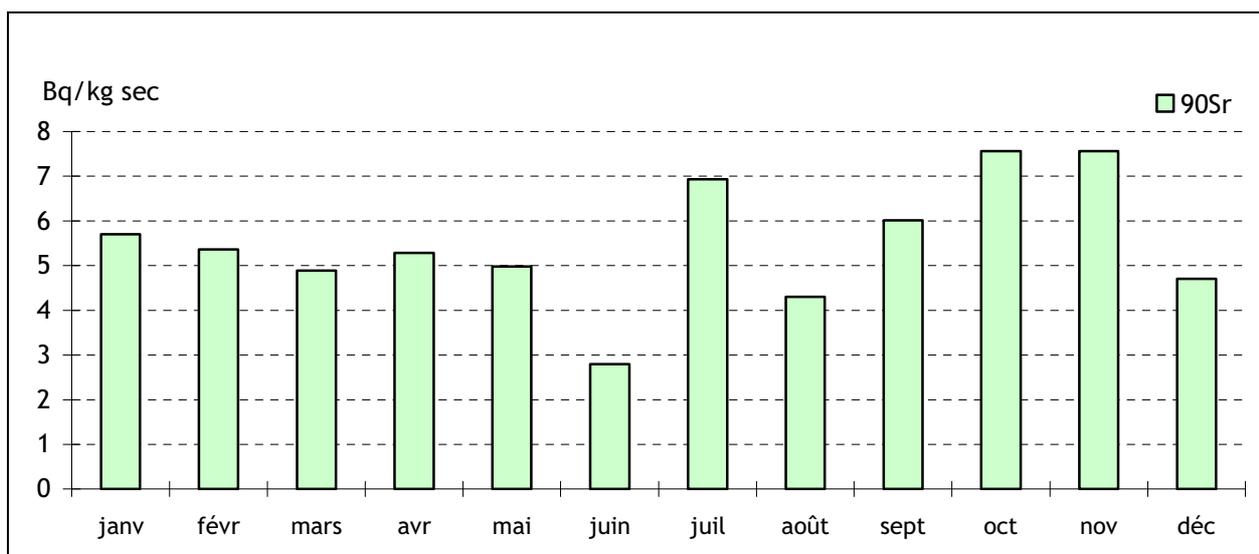


Figure 40 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Herqueville (point A12)

On note une activité significative en ^{90}Sr , comprise entre 1 et 8 Bq/kg sec, sur l'ensemble de l'année. Des activités du même ordre de grandeur sont également mesurées dans les végétaux prélevés aux stations de suivi continental terrestre (voir paragraphe VIII.2.2.1).

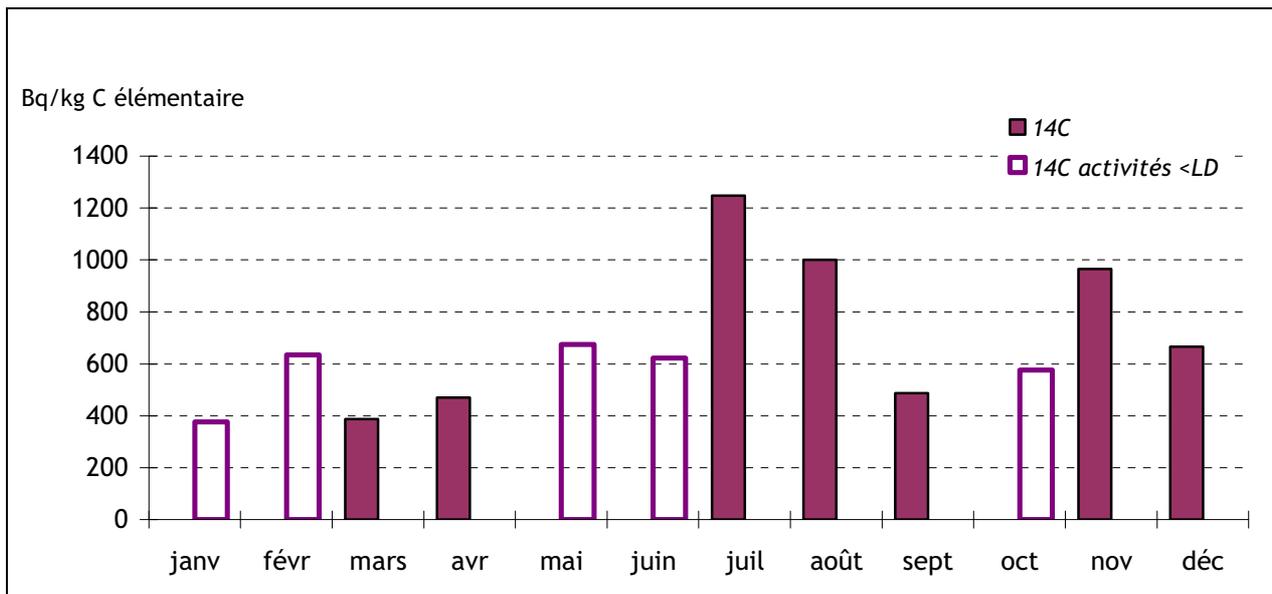


Figure 41 : Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Herqueville (point A12)

A Herqueville, on note une augmentation de l'activité en ^{14}C pendant la période estivale. Cette augmentation n'est pas explicable par les variations naturelles de ^{14}C dans l'atmosphère (de l'ordre de 5 Bq/kg de carbone élémentaire). Cette variation est vraisemblablement due à une augmentation de rejets de radionucléides pendant cette période de l'année.

A la station de Beaumont, une seule activité significative a été mesurée au-dessus des limites de détection.

V.8.1.8 LAIT DE VACHE

Pour les 50 prélèvements analysés en 2005 provenant d'une coopérative située à Sottevast et 3 fermes situées à Digulleville, Beaumont-Hague et Omonville-la-Rogue, les activités relevées pour le tritium, l'iode 129, l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection.

Une faible activité en strontium a été décelée pour 33 prélèvements. La valeur minimale est de $0,12 \pm 0,03$ Bq/l, la valeur maximale de $0,32 \pm 0,05$ Bq/l et la valeur moyenne de 0,15 Bq/l.

V.8.1.9 EAU DE MER

Des prélèvements sont réalisés en 10 points le long du littoral de la Basse-Normandie. Il s'agit de Granville, Barneville-Carteret, Sciotot, Anse des Moulins, baie d'Ecalgrain, Pointe de Jardeheu, Querqueville, Cherbourg (voir paragraphe VI.2.2.1), Anse du Brick et Barfleur. Sauf indication particulière mentionnée ci-après, les prélèvements sont réalisés trimestriellement.

Les analyses mettent en évidence un léger marquage en tritium pour les eaux prélevées à proximité du point de rejet des effluents liquides du site de la Hague. Il se traduit par une activité faible (maximum : 19 ± 3 Bq/l) mais très souvent significative pour l'ensemble des échantillons prélevés dans l'anse des Moulinets et dans la Baie d'Ecalgrain.

Pour les autres points de prélèvements, l'activité mesurée en tritium est souvent inférieure aux limites de détection, et proche de ces limites lorsqu'elle est significative.

Aucune autre activité anormale n'a été mise en évidence pour l'ensemble des prélèvements analysés.

Tableau 92 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la baie d'Ecalgrain (M 111 JBG)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,063	-	0/40
	^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$	-	< 0,0079	-	0/20
	^3H	< 9,0	19 ± 3	13	8/10
	β global	$10,0 \pm 1,0$	$11,0 \pm 1,1$	10,8	10/10
	K (mg/l)	360 ± 18	430 ± 22	394	10/10

Tableau 93 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans l'anse des Moulinets (M 110 MLN)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,061	-	0/16
	^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$	-	< 0,0013	-	0/8
	^3H	< 11,0	14 ± 3	12	3/4
	β global	$6,0 \pm 0,6$	$11,0 \pm 1,1$	9,8	4/4
	K (mg/l)	230 ± 12	400 ± 20	353	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.10 SEDIMENTS MARINS

10 stations de prélèvements sont disposées le long du littoral de la Basse-Normandie, il s'agit de Granville, Barneville-Carteret, Sciotot, Siouville, Anse des Moulinets, baie d'Ecalgrain, Querqueville, Cherbourg (voir le chapitre « Les bases navales nucléaires »), Anse de Brick et Barfleur. Sauf indication contraire, les prélèvements de sédiments sont réalisés trimestriellement sur les plages.

L'analyse de ces sédiments marins révèle la présence de radionucléides artificiels (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am), due essentiellement aux rejets liquides passés et présents des installations du site AREVA.

V.8.1.10.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

En ce qui concerne les isotopes du plutonium, on observe une activité maximale dans l'anse des Moulinets, zone la plus soumise à l'influence du canal de rejet des effluents liquides de l'usine AREVA. On constate une diminution progressive de l'activité à mesure que l'on s'éloigne du terme source. On constate, en outre, une bonne adéquation des résultats de mesure de ces deux groupes d'isotopes avec un rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ constant, de l'ordre de 0,5, qui est caractéristique des rejets de l'usine de retraitement de la Hague.

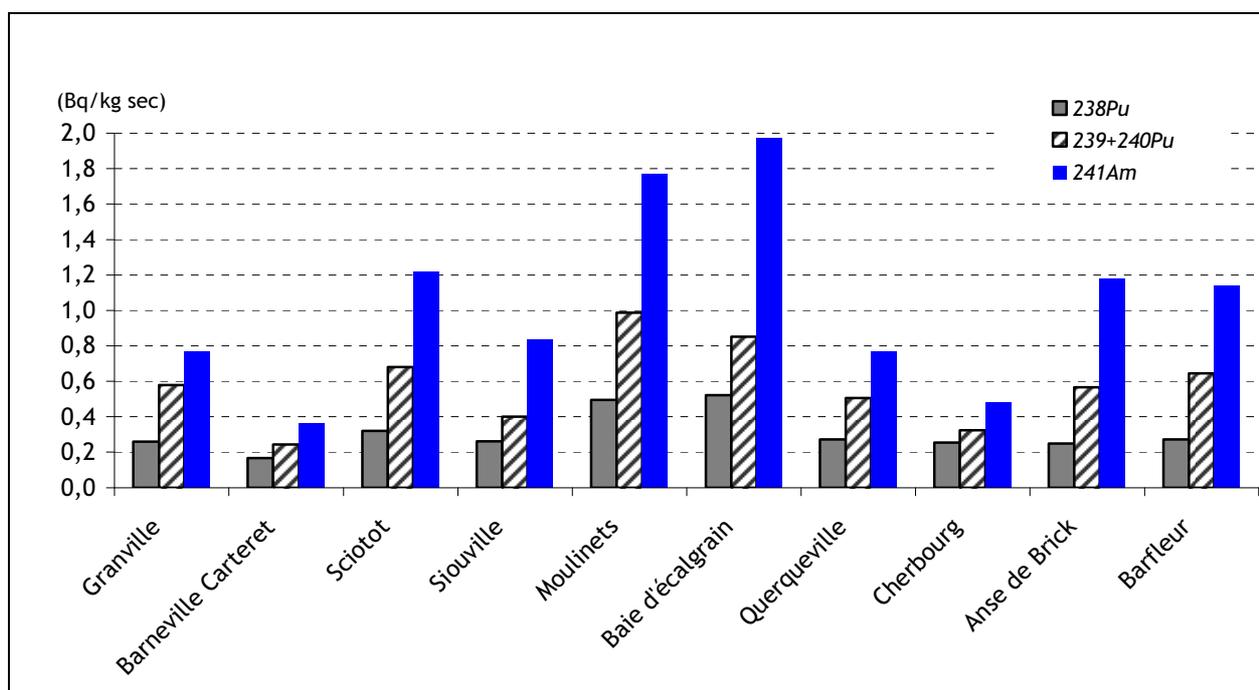


Figure 42 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 sur le long du littoral du Cotentin

V.8.1.10.2. Cobalt 60, Césium 137

Ces deux radionucléides sont présents dans les effluents liquides rejetés par les installations de retraitement AREVA de la Hague et dans une moindre mesure par le CNPE de Flamanville. Quelques valeurs significatives ont été mesurées en ^{137}Cs et ^{60}Co sur les stations les plus soumises à l'influence des rejets de ces deux installations.

Tableau 94 : Activités en ^{60}Co et ^{137}Cs mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 sur le long du littoral du Cotentin

Lieux de prélèvement	Résultats (Bq/kg sec)			
	^{137}Cs	*	^{60}Co	*
Granville	0,74	1/4	-	
Barneville-Carteret	-		-	
Sciotot	-		0,63	3/4
Siouville	0,53	1/4	-	
Moulinets	5,66	4/4	0,36	1/4
Baie d'Ecalgrain	0,54	1/4	0,71	4/4
Querqueville	0,87	4/4	-	
Cherbourg	0,53	2/3	-	
Anse de Brick	0,60	1/4	-	
Barfleur	0,37	1/4	-	

V.8.1.10.3. Données complémentaires

Dans le cadre de la surveillance du démantèlement du tuyau de rejet, mis en place en 1999, un prélèvement trimestriel de sédiment est réalisé au large de l'anse des Moulinets. Les activités des radionucléides mesurés dans ces prélèvements, habituellement du même ordre de grandeur que celles mesurées dans des prélèvements réalisés sur la plage des Moulinets.

Tableau 95 : Activités moyennes annuelles mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 au large de l'anse des Moulinets

Lieu de prélèvement	Résultats (Bq/kg sec)									
	^{238}Pu	*	$^{239+240}\text{Pu}$	*	^{241}Am	*	^{60}Co	*	^{137}Cs	*
Moulinets (au large)	0,73	3/3	1,33	3/3	3,22	3/3	2,62	3/3	-	0/3

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.11 FLORE MARINE

7 stations de prélèvements sont disposées le long du littoral bas normand, il s'agit de Granville, Barneville-Carteret, Siouville, Anse des Moulinets, Querqueville, Anse de Brick et Barfleur. Seules les algues d'espèces « *Fucus serratus* » sont prélevées à un rythme trimestriel.

V.8.1.11.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

Les observations faites pour les algues confirment celles des résultats des sédiments marins en matière de distribution géographique des activités. On constate une diminution progressive de l'activité à mesure que l'on s'éloigne du terme source, au large de la plage des Moulinets.

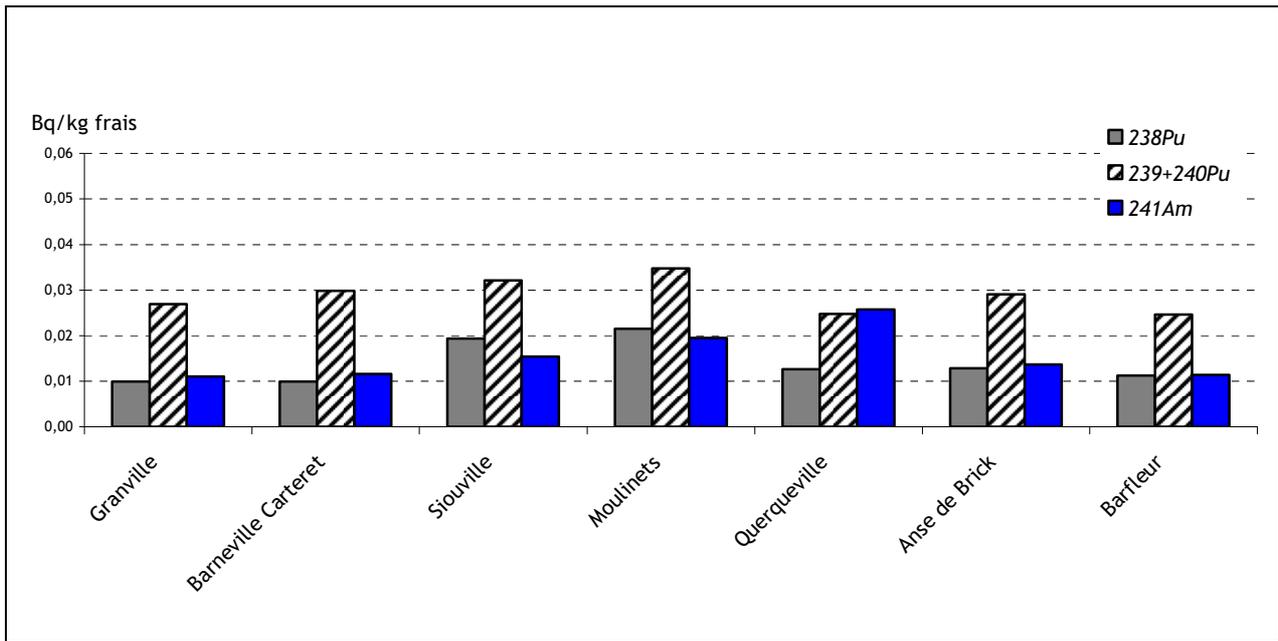


Figure 43 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

Le rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ constant, de l'ordre de 0,5, est caractéristique des rejets de l'établissement de la Hague. L'interprétation de la distribution géographique des activités mesurées est moins évidente pour l'américium 241. L'incertitude liée à la mesure (de l'ordre de 30%), et un nombre plus important de valeurs inférieures à la limite de détection conduisent aux différences constatées.

V.8.1.11.2. Cobalt 60, Iode 129

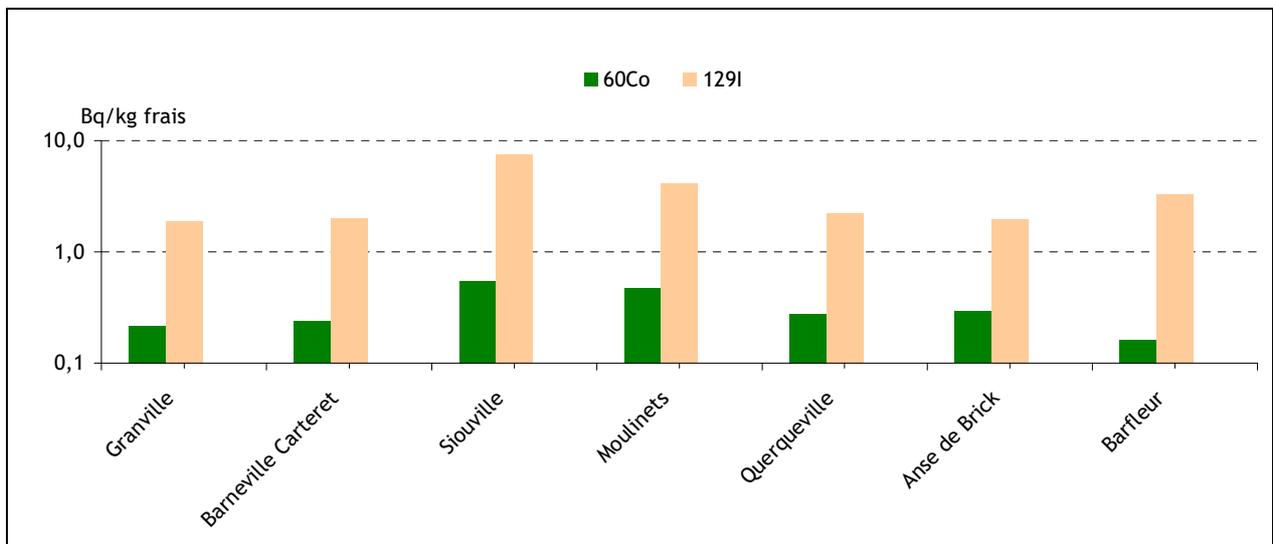


Figure 44 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

La différence d'activité constatée entre le ^{60}Co et le ^{129}I (d'un facteur 10 environ) s'explique par les caractéristiques physico-chimiques de ces deux radionucléides. L'iode 129, caractéristique des rejets de l'installation d'Areva, est fortement soluble. Il est donc plus facilement assimilé par l'algue que le ^{60}Co , présent majoritairement sous forme particulaire.

Les résultats confirment les observations faites à partir des activités des transuraniens (Am et Pu), c'est-à-dire la diminution des activités à mesure que l'on s'éloigne du terme source. On note néanmoins une anomalie pour l'iode 129, dont l'activité mesurée à Siouville est supérieure à celle mesurée dans l'anse des Moulinets. Cette différence s'explique par une activité élevée en ^{129}I (de l'ordre de 10 Bq/kg frais), au mois de février à Siouville, conjuguée à une valeur inférieure à la limite de détection (< 5 Bq/kg frais) en septembre non prise en compte dans la moyenne.

V.8.1.11.3. Carbone 14

Ce radionucléide est rejeté essentiellement par l'installation d'Areva et dans une moindre mesure par le CNPE de Flamanville.

Le profil d'évolution géographique de l'activité en carbone 14, est comparable à celui observé pour le cobalt 60.

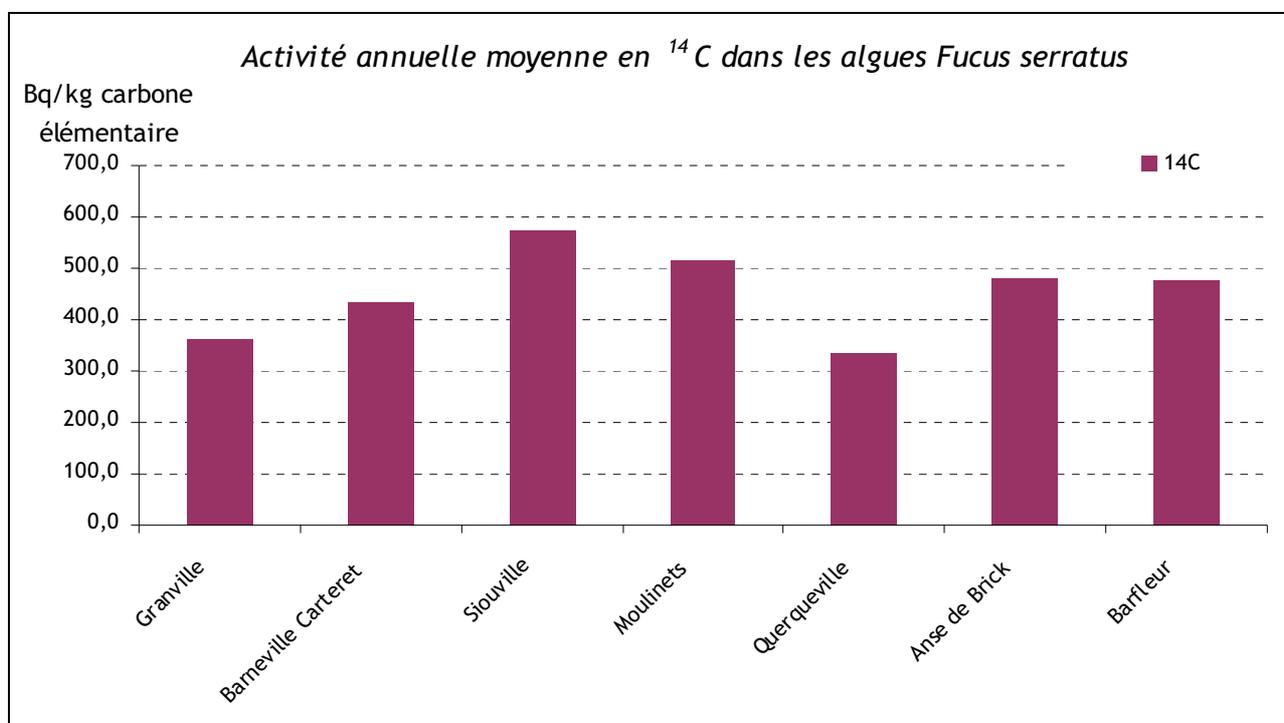


Figure 45 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

V.8.1.11.4. Autres radionucléides : Ruthénium 106, Strontium 90, Iode 131

Seules les activités supérieures aux limites de détection sont reportées dans le tableau présenté ci-après.

Quelques activités significatives ont été mesurées en ^{106}Ru et ^{90}Sr parmi les stations les plus proches de l'émissaire, à Siouville et à l'Anse des Moulinets. La présence de ces radionucléides, caractéristiques des rejets de l'installation AREVA, ne peut être due aux rejets du CNPE de Flamanville.

Tableau 96 : Activités en ^{90}Sr , ^{131}I et ^{106}Ru mesurées dans les algues marines prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

Lieux de prélèvement	Résultats (Bq/kg frais)					
	^{106}Ru	*	^{90}Sr	*	^{131}I	*
Granville	-		-		-	
Barneville-Carteret	-		-		-	
Siouville	1,7	1/4	-		-	
Moulinets	1,9	2/4	0,33	1/4	-	
Querqueville	-		-		-	
Anse de Brick	-	-	-		-	
Barfleur	-		-		-	

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.1.12 FAUNE MARINE

7 stations de prélèvements sont disposées le long du littoral de la Basse-Normandie, il s'agit de Granville, Barneville-Carteret, Siouville, Anse des Moulinets, Querqueville, Anse de Brick et Barfleur. Les mollusques d'espèces « *Patella vulgaris* » sont prélevés à un rythme trimestriel.

V.8.1.12.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

Contrairement à ce qui avait été constaté pour les algues et les sédiments, on constate une activité à Granville équivalente à celle mesurée aux Moulinets.

Mise à part cette anomalie, explicable par les incertitudes de mesure, on retrouve le même profil de distribution spatiale que celui constaté pour les algues et les sédiments.

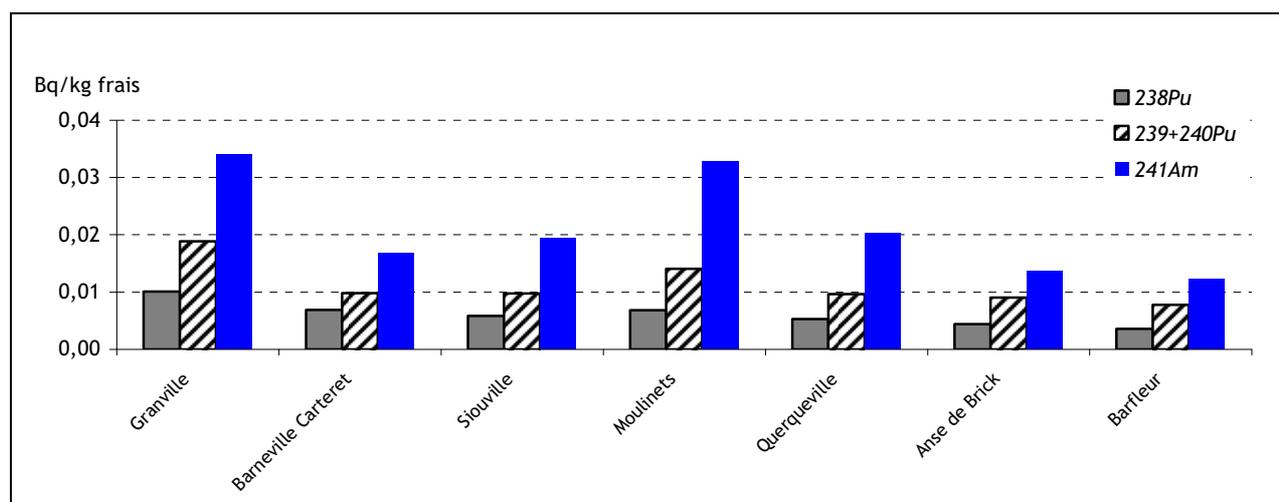


Figure 46 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

V.8.1.12.2. Carbone 14

Le marquage des mollusques en ^{14}C est nettement mis en évidence dans la zone d'influence proche du tuyau de rejet. Aux incertitudes de mesures près, les activités mesurées sont similaires pour l'ensemble des stations surveillées.

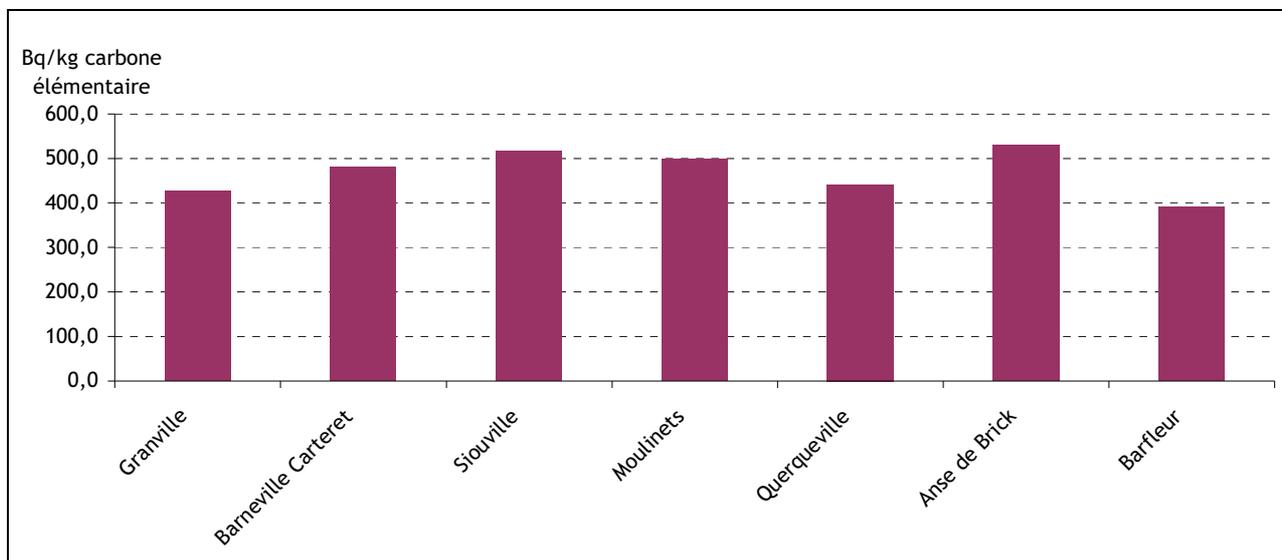


Figure 47 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin

V.8.1.12.3. Cobalt 60

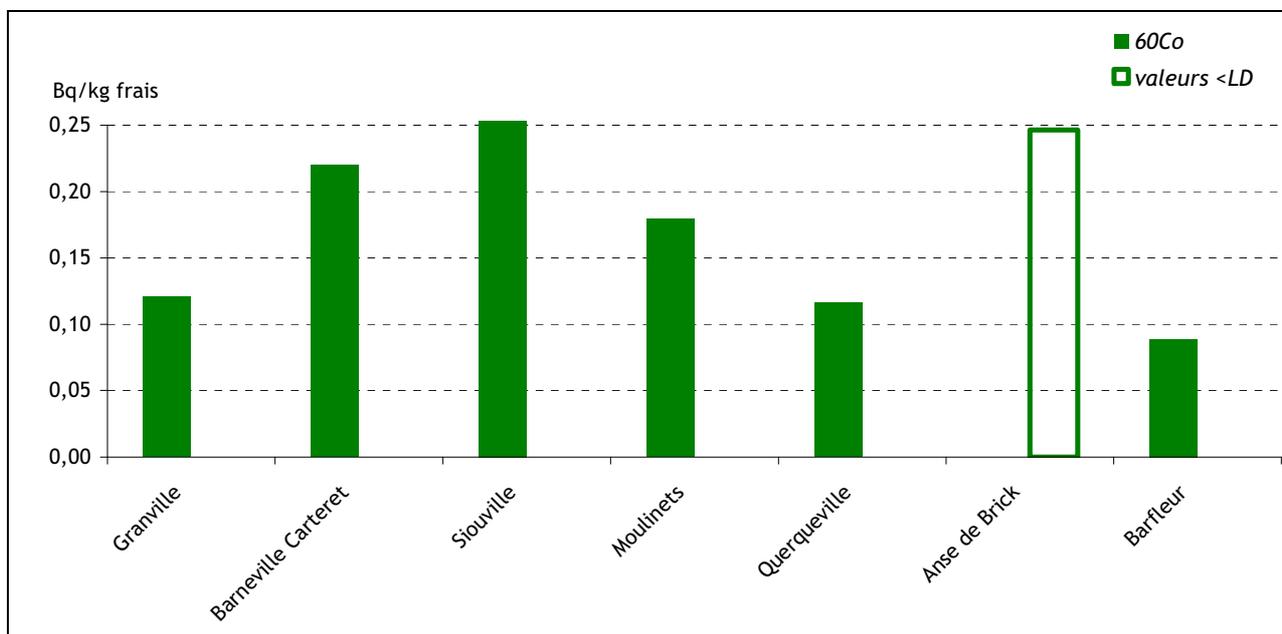


Figure 48 : Activité annuelle moyenne en ^{60}Co mesurée dans les patelles prélevées en 2005 sur le littoral du Cotentin

Le profil de distribution est le même que pour les autres radionucléides. Aucune activité significative n'a été mesurée à l'anse de Brick.

V.8.1.12.4. Autres radionucléides : Ruthénium 106, Argent 110m et Césium 137

Une activité significative en argent 110 métastable, caractéristique des rejets liquides du CNPE de Flamanville, a été mesurée à Siouville. Des activités significatives en ruthénium 106 ont également été mesurées à cette station ainsi qu'aux Moulinets. Du césium 137 a été mesuré de façon significative à Granville dans un échantillon de patelles.

Tableau 97 : Activités en ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et ^{137}Cs mesurées dans les patelles prélevées sur le littoral du Cotentin

Lieux de prélèvement	Résultats (Bq/kg sec)					
	^{137}Cs	*	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	*	^{106}Ru	*
Granville	0,12 ± 0,06	1/4	-		-	
Barneville-Carteret	-		-		-	
Siouville	-		0,103 ± 0,042	1/4	1,51 ± 0,34	1/4
Moulinets	-		-		0,99 ± 0,50	1/4
Querqueville	-		-		-	
Anse de Brick	-		-		-	
Barfleur	-		-		-	

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

L'ensemble des résultats de mesure des échantillons marins montre que l'activité maximale est enregistrée à l'émissaire. Ils indiquent également une dilution des rejets liquides en fonction de l'éloignement des points de prélèvements par rapport au terme source. On note, pour l'ensemble des radionucléides une diminution de l'activité à Querqueville. Ce résultat peut s'expliquer par la configuration géographique du lieu de prélèvement, situé sur une bande littorale légèrement enclavée, et donc moins soumis à l'influence directe des courants, vecteur de la contamination.

V.8.2 SITE DE MARCOULE (30)

Sur le site de Marcoule, AREVA assure l'assainissement, le démantèlement, la reprise et le conditionnement des déchets des installations de l'ancienne usine de traitement. Sur ce même site, MELOX assure la production de combustible MOX. Le CEA y est aussi implanté (voir chapitre VI.1.4).

L'environnement proche du site de Marcoule fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface et boues de décantation en aval). A cela s'ajoute le prélèvement d'eau souterraine (eau de puits).

V.8.2.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre AREVA (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

V.8.2.2 EAU DE PLUIE

Les résultats d'analyses des eaux de pluie collectées à proximité du site de Marcoule ont révélé la présence récurrente de tritium, due essentiellement aux rejets gazeux des réacteurs Célestin I et II et de l'Atelier Tritium du site de Marcoule, qui sont des installations destinées à produire du tritium. Une activité maximale de 2000 ± 160 Bq/l en tritium a été détectée à Phénix dans l'eau de pluie collectée au cours de la semaine du 8 au 14 avril 2005.

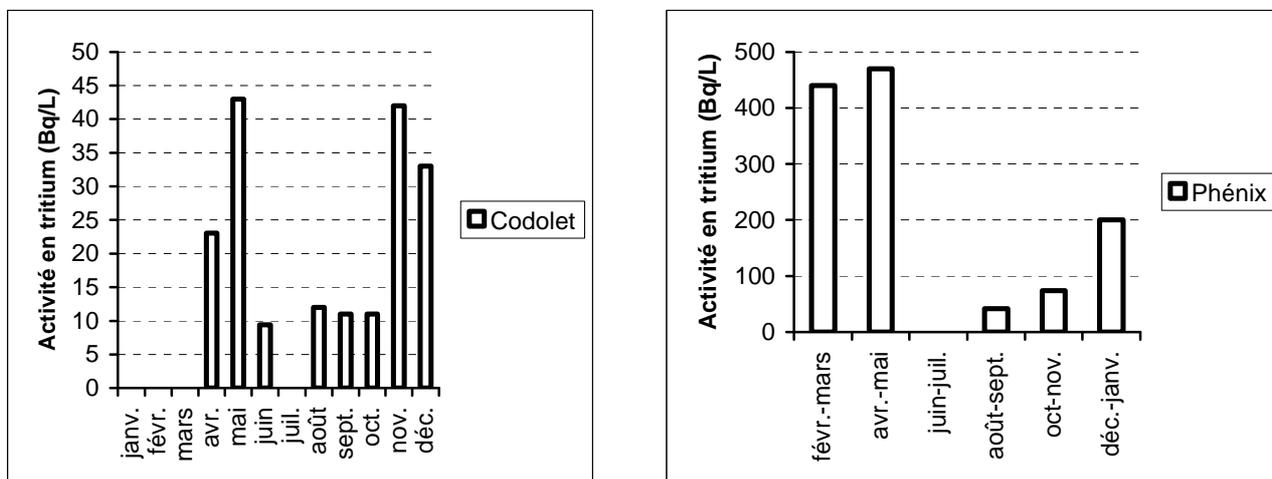


Figure 49 : Activité en ^3H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2005 sur le site de Marcoule (Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet)

Aucun autre radionucléide artificiel n'a été détecté de manière significative.

V.8.2.3 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en amont du centre AREVA ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 17 ± 3 Bq/l) due vraisemblablement aux rejets liquides des installations nucléaires situées en amont sur le Rhône.

Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans le Rhône en amont du centre AREVA de Marcoule (R1 50 ROM)

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,093	< 0,140	-	3/12
α global		< 0,023	< 0,032	-	1/12
^3H		< 1,4	17 ± 3	13	6/12
K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	2,2	12/12

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en aval du centre.

Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée dans le Rhône en aval du centre AREVA de Marcoule (R3 50 ROV)

		Résultats dans l'eau filtrée				
		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	$0,16 \pm 0,04$	-	1/12
	α global		< 0,021	$0,034 \pm 0,010$	-	3/12
	^3H	< 9,2	18 ± 3	-	4/12	
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	2,2	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.8.2.4 SEDIMENTS DE RIVIERE

Des sédiments sont prélevés dans le Rhône en 6 points autour du site AREVA de Marcoule, semestriellement (Codolet, Caderousse Roquemaure, l'Écluse d'Avignon et Port-Louis) ou mensuellement.

La présence de plusieurs radionucléides artificiels est régulièrement mise en évidence en ces différents points. Par ordre d'occurrence décroissante, elle concerne le ^{137}Cs , le ^{60}Co , l' ^{241}Am , le ^{238}Pu et le $^{239+240}\text{Pu}$. Leur présence s'explique par les rejets liquides passés et présents des installations du site de Marcoule. Leurs activités sont du même ordre de grandeur que celles des années passées. Aucun autre radionucléide artificiel n'a pu être mis en évidence, à des niveaux supérieurs aux limites de détection.

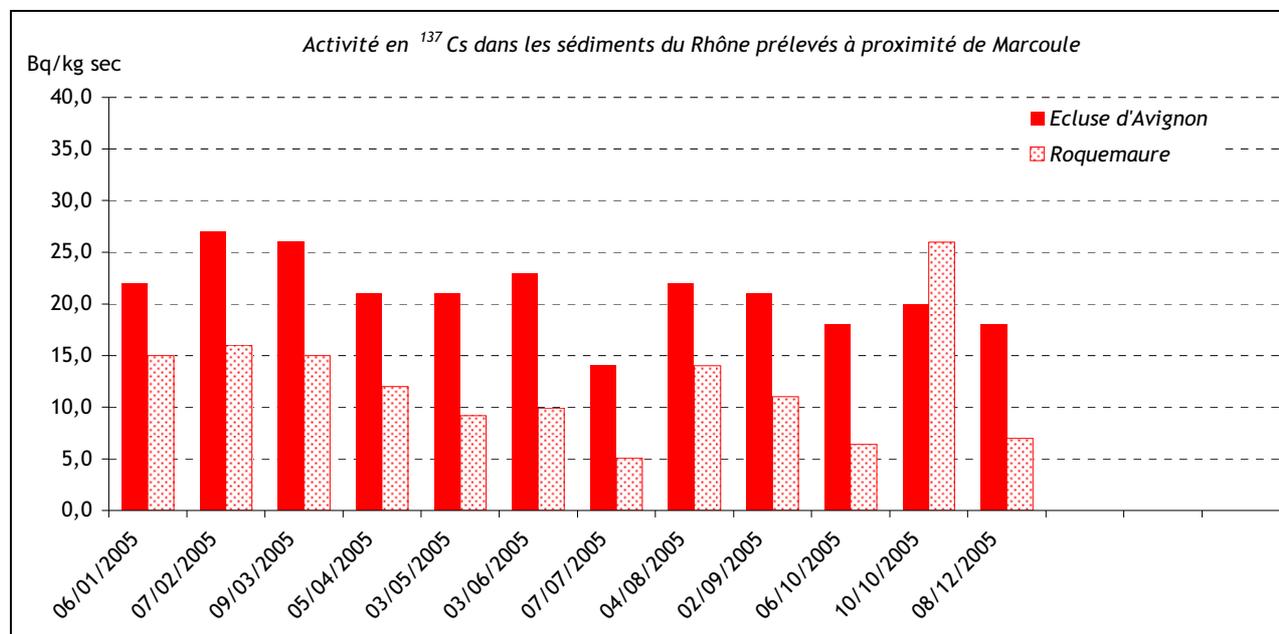


Figure 50 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments du Rhône, à l'Écluse d'Avignon (point SR 50 RO7) et à Roquemaure (point SR 50 RO6)

Tableau 100 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le contre canal du Rhône, à Codolet

		Résultats (Bq/kg sec)				
Lieux de prélèvement	Date	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs
Contre canal	01/02/2005	0,39 ± 0,10	2,10 ± 0,29	2,40 ± 0,34	< 1,70	550,0 ± 49,5
Contre canal	02/09/2005	0,57 ± 0,14	2,20 ± 0,35	2,10 ± 0,36	1,4 ± 0,6	82,0 ± 7,4

Tableau 101 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le Rhône à Caderousse

		Résultats (Bq/kg sec)				
Lieux de prélèvement	Date	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs
Caderousse	03/01/2005	< 0,25	0,39 ± 0,1	0,37 ± 0,1	1,5 ± 0,3	12,0 ± 1,3
Caderousse	08/08/2005	< 0,18	0,24 ± 0,1	< 0,34	1,2 ± 0,1	8,6 ± 0,1

Tableau 102 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Roquemaure

		Résultats (Bq/kg sec)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
¹³⁷ Cs		5,1 ± 0,7	26 ± 3	12,2	12/12
⁶⁰ Co		0,62 ± 0,3	19,0 ± 2,0	3,0	12/12
²⁴¹ Am		< 0,14	0,9 ± 0,2	-	1/12
²³⁸ Pu		< 0,08	< 0,38	-	0/12
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		< 0,15	0,77 ± 0,19	0,33	8/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 103 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon

		Résultats (Bq/kg sec)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
¹³⁷ Cs		14 ± 1	27 ± 3	21	12/12
⁶⁰ Co		1,8 ± 0,4	3,5 ± 0,5	2,6	12/12
²⁴¹ Am		< 0,13	0,37 ± 0,12	0,32	8/12
²³⁸ Pu		< 0,11	0,18 ± 0,78	-	1/12
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		0,23 ± 0,08	0,51 ± 0,12	0,37	12/12

Tableau 104 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le Rhône à Port Saint Louis

		Résultats (Bq/kg sec)				
Lieux de prélèvement	Date	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs
Port Saint Louis	03/05/2005	< 0,14	0,28 ± 0,1	< 0,41	1,7 ± 0,3	12,0 ± 1,2
Port Saint Louis	17/11/2005	< 0,13	0,27 ± 0,1	< 0,33	1,1 ± 0,3	8,7 ± 0,1

V.8.2.5 EAUX DE PUIITS

La surveillance des eaux souterraines est basée sur l'analyse de prélèvements trimestriels d'eau dans 8 piézomètres. Les analyses réalisées sur ces eaux ont mis en évidence la présence de tritium en faible quantité (activité maximale de 51 ± 5 Bq/l). Celle-ci est due vraisemblablement aux rejets gazeux et liquides présents ou passés. La présence d'aucun autre radionucléide artificiel n'a pu être mise en évidence à des niveaux supérieurs aux limites de détection.

Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P1 59 SES - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,13	0,21 ± 0,04	0,18	2/4
³ H		< 9	< 10	-	1/4
K	mg/l	2,8 ± 0,1	5,9 ± 0,3	4,1	4/4

Tableau 106 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P2 59 COD - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,11	0,23 ± 0,05	0,20	3/4
³ H		15 ± 3	33 ± 4	26	4/4
K	mg/l	3,2 ± 0,2	6,6 ± 0,3	4,2	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 107 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P9 59 CAD - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	0,65 ± 0,06	0,99 ± 0,05	0,80	3/3
³ H		< 9,0	< 9,1	-	0/3
K	mg/l	29 ± 1	32 ± 2	30	3/3

Tableau 108 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P10 59 MON - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,11	0,14 ± 0,04	0,13	2/4
³ H		< 9,0	< 9,8	-	0/4
K	mg/l	2,1 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,4	4/4

Tableau 109 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P11 59 ORA - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	0/4
³ H		< 9,0	< 9,8	-	0/4
K	mg/l	2,0 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,1	4/4

Tableau 110 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P13 59 MRC - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,15	0,29 ± 0,04	0,24	3/4
³ H		29 ± 4	51 ± 5	43	4/4
K	mg/l	2,1 ± 0,1	6,7 ± 0,7	3,5	4/4

Tableau 111 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P14 59 MRC - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,10	< 0,15	-	1/4
³ H		12 ± 4	21 ± 6	16	4/4
K	mg/l	1,8 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 112 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P15 59 MRC - site AREVA de Marcoule

		Résultats dans l'eau filtrée			
		Min.	Max.	Moyenne	*
β global	Bq/l	< 0,11	0,22 ± 0,04	0,17	2/4
³ H		25 ± 4	49 ± 4	38	4/4
K	mg/l	1,1 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,4	4/4

V.8.2.6 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Montfavet, les activités relevées pour le tritium, l'iode 131, le césium 134, le césium 137 et les activités en strontium sont restées inférieures aux limites de détection.

V.8.2.7 VEGETAUX

Des prélèvements d'herbe sont réalisés trimestriellement en 2 points, au sud du site, sous l'influence des vents dominants. Au point 1 (sud du site de Marcoule), dans l'herbe prélevée contre les grilles du centre, aucun radionucléide émetteur gamma artificiel n'a été détecté au-dessus des limites de détection à l'exception du césium 137 ($2,7 \pm 0,7$ Bq/kg sec). Des activités significatives ont été mesurées en carbone 14 d'un niveau 2 à 3 fois supérieur aux valeurs habituellement mesurées dans l'environnement (250 Bq/kg de carbone élémentaire). Par ailleurs, on relève au mois de mars une activité élevée en tritium (1807 Bq/kg frais), à corrélérer avec l'élévation des niveaux de tritium mesurés dans les eaux de pluies à cette période (février-mars).

Tableau 113 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2005 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du centre de Marcoule

		Résultats (Bq/kg sec sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Herbe	Emetteurs gamma artificiels (^{137}Cs)		$2,7 \pm 0,7$	-	1/4
	^{90}Sr	-	-	-	
	^3H (Bq/kg frais)	< 341	1807 ± 164		1/4
	^{14}C (Bq/kg de carbone élémentaire)	< 417	667 ± 167	615	2/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Au point 2 au sud de Marcoule, dans l'herbe prélevée au milieu des vignes des activités significatives de strontium 90 ont été mesurées ; une activité significative a également été mesurée en césium 137, proche des limites de détection ($1,1 \pm 0,5$ Bq/kg sec). On note également un marquage de l'environnement par du carbone 14, supérieur d'un facteur 2 à 3 aux valeurs habituellement mesurées dans l'environnement. En ce qui concerne le tritium, on relève, à la même date que pour le point 1, une valeur significative (757 Bq/kg frais).

Tableau 114 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2005 au sud du site de Marcoule, dans les vignes

		Résultats (Bq/kg sec sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Herbe	Emetteurs gamma artificiels (^{137}Cs)		$1,1 \pm 0,5$	-	1/4
	^{90}Sr	$1,7 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	1,9	3/4
	^3H (Bq/kg frais)	< 182	757 ± 161		1/4
	^{14}C (Bq/kg de C élémentaire)	< 351	671 ± 188	530	2/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.9. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRES DE STOCKAGE

Pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte, l'ANDRA assure la surveillance du Centre de stockage de la Manche, actuellement fermé, et exploite le Centre de stockage de l'Aube qui accueille les colis de déchets pour conditionnement et stockage. Pour les déchets de très faible activité, l'ANDRA exploite le centre de stockage TFA de l'Aube (ICPE). Les colis sont stockés de manière définitive dans ces centres dits de stockage de surface.

Les sites de l'ANDRA sont soumis soit à la réglementation applicable aux INB, soit à celle relative aux ICPE. Une surveillance réglementaire de l'environnement des sites est donc imposée à l'ANDRA. Pendant toute la durée d'exploitation des centres, l'ANDRA assure une surveillance des sites et de leur environnement, en particulier par des mesures radiologiques et chimiques sur des eaux pluviales, de surface (ruisseaux) et souterraines, et de l'air ambiant. Après la phase d'exploitation, l'ANDRA maintient une surveillance du site et de l'environnement pendant plusieurs dizaines d'années pour s'assurer de l'innocuité du stockage sur l'homme et son environnement. En parallèle, une surveillance de l'environnement est régulièrement pratiquée par l'IRSN dans tout le milieu environnant de ces sites de stockage.

L'environnement proche du centre de stockage fait l'objet d'une surveillance comparant des mesures DTL et Télecay et des prélèvements d'aérosols, d'eau de pluie, d'eaux usées, d'eau de surface, de sédiments, de végétaux aquatiques et de lait de ferme.

V.9.1 CENTRE DE STOCKAGE DE SOULAINES (10)

V.9.1.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télecay implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre de stockage (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Un prélèvement d'eau de pluie est réalisé mensuellement. Aucune activité en radionucléide artificiel n'a pu être mise en évidence au-dessus des limites de détection.

V.9.1.2 EAUX USEES ET EAUX DES RESEAUX D'EAU PLUVIALE

Un prélèvement d'eau est réalisé mensuellement dans le bassin collecteur avant rejet. Ce bassin recueille les eaux pluviales et les eaux usées du site.

Aucune activité en radionucléide artificiel n'a pu être mise en évidence au-dessus des limites de détection.

V.9.1.3 EAU DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées à proximité du centre de stockage.

Tableau 115 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans les Noues d'Amance, à proximité du centre ANDRA (R1 96 NDA)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs...)	< 0,07	< 0,14	-	0/36
Eau filtrée	³ H	< 9	< 13	-	0/12
	β global	< 0,11	0,25 ± 0,05	0,20	11/12
	α global	< 0,023	< 0,030	-	0/12
	K (mg/l)	3,4 ± 0,2	8,0 ± 0,4	5,6	12/12

Tableau 116 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Voire, à proximité du centre ANDRA (R2 96 VOI)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	³ H	< 9	< 11	-	0/4
	β global	< 0,11	< 0,13	-	0/4
	K (mg/l)	2,5 ± 0,1	3,6 ± 0,2	3,0	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

V.9.1.4 SEDIMENTS ET VEGETAUX AQUATIQUES

Des prélèvements trimestriels de sédiments sont effectués dans la Voire à Chalette-sur-Voire, et dans les Noues-d'Amance à La-Ville-aux-Bois. Un prélèvement annuel de végétaux aquatiques est également réalisé dans la Voire à Chalette-sur-Voire.

V.9.1.4.1. Sédiments

Pour les prélèvements trimestriels de sédiments de la Voire à Chalette-sur-Voire, de faibles activités en césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour tous les prélèvements analysés (Figure 51).

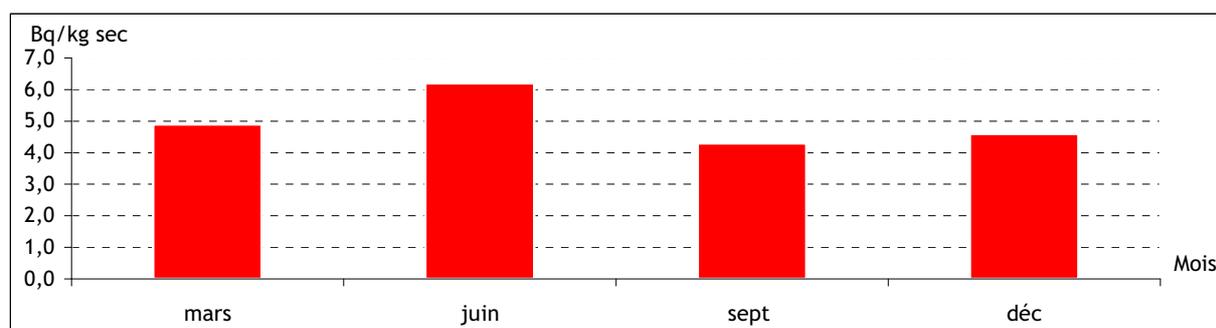


Figure 51: Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments de la Voire à Chalette-sur-Voire - Centre ANDRA de Soulaines (SR 96 VOI)

La présence de ce radionucléide s'explique par les retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

Pour les prélèvements trimestriels de sédiments des Noues-d'Amance à La-Ville-aux-Bois, les activités des radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

V.9.1.4.2. Végétaux aquatiques

Des traces d'uranium 234 et d'uranium 238, isotopes radioactifs de l'uranium naturel, ont été décelées dans le prélèvement effectué en juin (Tableau 117).

Tableau 117 : Résultats d'analyse des végétaux aquatiques prélevés dans l'environnement du centre ANDRA de Soulaines

	Résultats (Bq/kg frais)	
	²³⁴ U	²³⁸ U
La Voire à Chalette-sur-Voire	0,24 ± 0,02	0,19 ± 0,02

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

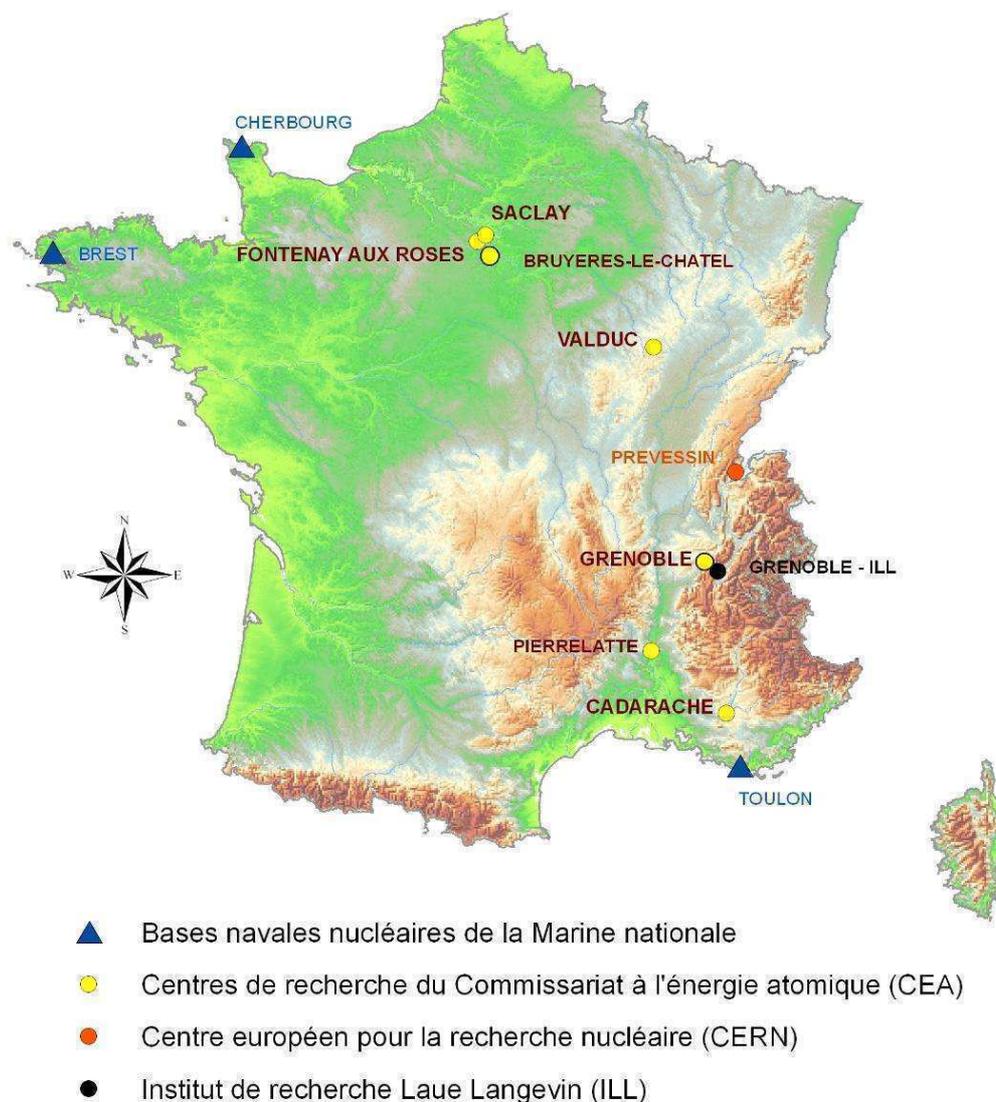
V.9.1.5 LAIT DE VACHE

Pour le prélèvement annuel effectué en juin 2005 dans une ferme de La-Ville-aux-Bois, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection. Des traces de strontium 90 ont été relevées (0,055 ± 0,009 Bq/l).

V.9.2 CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE (50)

Voir les résultats de la surveillance de l'usine Areva de retraitement du combustible de la Hague au paragraphe V.8.1.

VI. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES SITES DE RECHERCHES ET D'ETUDES NUCLEAIRES, ET DES BASES NAVALES NUCLEAIRES



Carte 12 : Implantation des sites de recherche et d'étude, et des bases navales nucléaires

VI.1. LES CENTRES DE RECHERCHE

VI.1.1 CEA - CENTRE DE CADARACHE (13)

Créé en octobre 1959, le centre de Cadarache est implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance, à une quarantaine de kilomètres au nord d'Aix-en-Provence. Les activités de ce centre sont réparties autour de plusieurs plateformes de recherche et de développement technologiques essentiellement pour l'énergie nucléaire (fission et fusion) mais aussi pour les nouvelles technologies pour l'énergie (la biomasse, l'hydrogène) et les études sur les effets des rayonnements sur les plantes (écophysiologie végétale et microbiologie).

VI.1.1.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluie recueillies à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude.

VI.1.1.2 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en amont et en aval du centre de Cadarache n'ont mis en évidence aucune activité anormale (Tableau 118, Tableau 119).

Tableau 118 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM)

Résultats (prélèvements d'avril et mai 2005)			
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10
	α global		< 0,025
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1

Tableau 119 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV)

Résultats (prélèvements d'avril et mai 2005)			
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,13
	α global		< 0,026
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1
Eau brute	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	Bq/l	< 0,11
	^{238}Pu		< 0,0015
	$^{239+240}\text{Pu}$		< 0,0012
	^{90}Sr		< 0,025

VI.1.1.3 SEDIMENTS

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans les 3 prélèvements de sédiments effectués en 2005 dans la Durance à Saint-Paul-Lez-Durance (Figure 52).

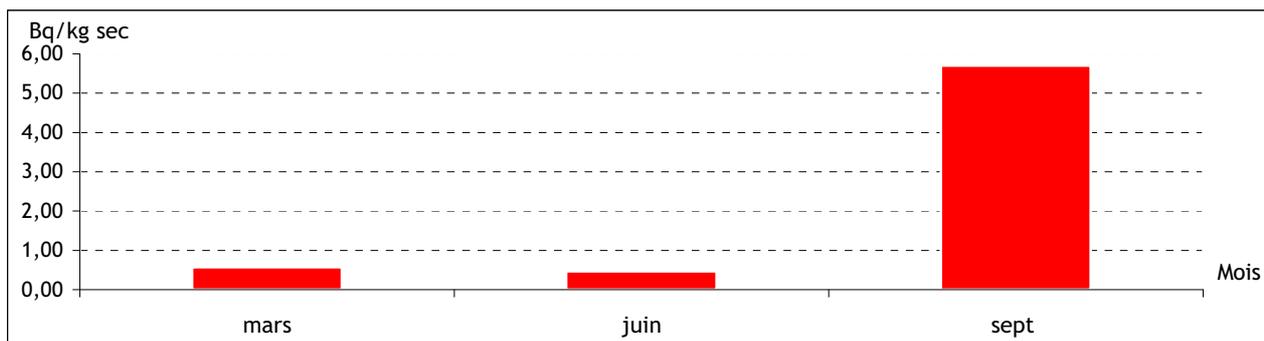


Figure 52 : Activité en ^{137}Cs en 2005 mesurée dans les sédiments de la Durance - CEN de Cadarache (SR 63 DUV)

La présence de ce radionucléide, dont l'activité est voisine de celles des années précédentes, s'explique par les retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl et les rejets chroniques du Centre.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 3 prélèvements analysés.

VI.1.1.4 LAIT DE CHEVRE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Rians, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium (méthode Sr + TR) sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.1.2 CEA - CENTRE DE FONTENAY-AUX-ROSES (92)

Le CEA s'est établi au fort de Châtillon, qui fait partie des anciennes fortifications de Paris, en 1946, quelques mois après sa création. Pendant près de dix ans, Fontenay était au cœur des activités de recherche et de développement nucléaire en France, avec entre autres la première pile atomique française, Zoé, une usine pilote de retraitement, un atelier de concentration d'uranium, et des laboratoires d'analyses et de production de radionucléides.

Après s'être orienté vers la chimie du plutonium et des transuraniens, l'irradiation et l'examen de combustibles, la radio métallurgie et la fusion contrôlée, le CEA a stoppé en 1995 toute activité de recherche nucléaire à Fontenay. Ce centre est aujourd'hui tourné vers des recherches ciblées sur des thématiques à forts enjeux socio-économiques et de santé publique : radiobiologie et toxicologie, neuro-virologie et maladie à prions, robotique et réalité virtuelle.

La surveillance de ce centre d'étude porte sur les aérosols, les eaux de pluies, les eaux usées et la dosimétrie environnementale (DTL et Téléray).

VI.1.2.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluie recueillies à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude.

VI.1.3 CEA - CENTRE DE GRENOBLE (38)

Le CEA y a réduit ses activités nucléaires. Ce site est désormais consacré au développement des micro et nanotechnologies. Installé au cœur d'un environnement scientifique, industriel et universitaire très riche, ses activités sont centrées sur les nouvelles technologies de l'énergie et les biotechnologies (piles à combustibles, nanoélectronique, matériaux et biopuces).

La surveillance du centre porte sur les aérosols, la dosimétrie environnementale, les eaux de pluies, les eaux de surface, les sédiments et les eaux souterraines.

VI.1.3.1 AEROSOLS ATMOSPHERIQUES

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude.

VI.1.3.2 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées dans les eaux de surface prélevées dans le Drac et dans l'Isère en amont et en aval du centre de Grenoble n'ont mis en évidence aucune activité anormale.

Tableau 120 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEN de Grenoble

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	< 0,10	< 0,15	-	0/12
	α global	< 0,025	< 0,030	-	0/4
	K (mg/l)	< 1,0	1,9 \pm 0,1	1,2	10/12

Tableau 121 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEN de Grenoble

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	< 0,10	0,12 \pm 0,03	-	1/12
	α global	< 0,028	0,048 \pm 0,012	0,042	2/4
	K (mg/l)	< 1,0	1,9 \pm 0,1	1,2	10/12

Tableau 122 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEN de Grenoble

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	< 0,10	< 0,12	-	0/12
	K (mg/l)	< 1,0	1,1 \pm 0,1	-	4/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.1.3.3 SEDIMENTS

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les prélèvements trimestriels de sédiments de l'Isère au niveau du barrage de Saint-Egrève (Figure 53).

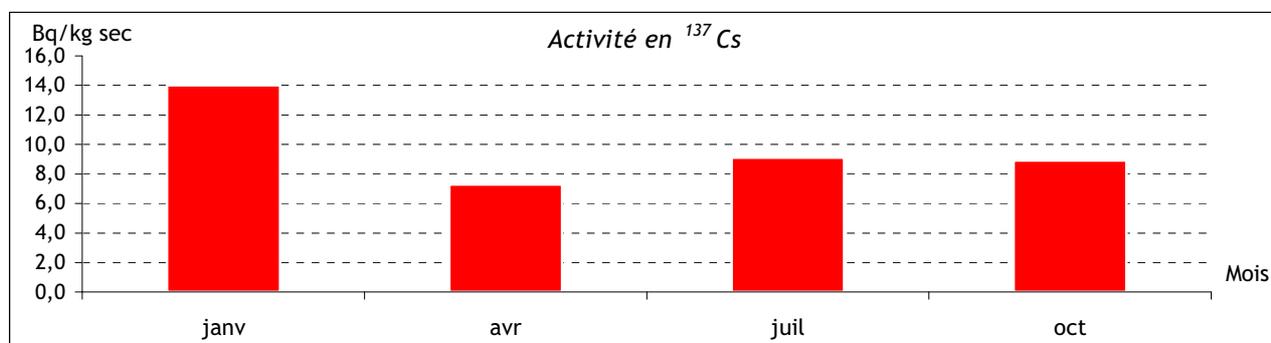


Figure 53: Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments de l'Isère - Centre de Grenoble (SR 77 ISV)

La présence de ce radionucléide, dont l'activité est voisine de celles des années précédentes, s'explique essentiellement par les retombées de Tchernobyl et des essais nucléaires atmosphériques, ainsi que par les rejets chroniques du centre.

De faibles activités en plutonium 239+240 ont également été relevées pour 3 des 4 prélèvements analysés (Tableau 123).

Tableau 123 : Activité en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu mesurée dans les sédiments de l'Isère - CEN de Grenoble (SR 77 ISV)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	0,24 \pm 0,10	0,32 \pm 0,10	0,27	3/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

VI.1.4 CEA - CENTRE DE VALHRO - SITES DE PIERRELATTE (26) ET MARCOULE (30)

Le CEA a créé le site de Pierrelatte en 1960 pour y construire une usine de séparation isotopique de l'uranium pour usage militaire. En 1976, le CEA a transféré les activités du site à caractère industriel à la COGEMA (actuellement AREVA), mais a conservé des laboratoires et des unités pilotes situés dans la zone nord. En 1979, il a créé le Centre d'études nucléaires de la Vallée du Rhône (CEN Valrhô), comprenant ces installations et les installations de recherche et développement de Marcoule.

Implanté à Marcoule (30) et Pierrelatte (26), ce centre constitue donc un regroupement de compétences en R&D pour la gestion des combustibles usés, depuis les procédés de séparation, de traitement et de conditionnement des matières jusqu'à la conception d'installations d'entreposage. Les activités de recherche portent également sur les techniques d'assainissement et de démantèlement des installations nucléaires en fin de vie, la préparation de l'aval du cycle des combustibles des systèmes nucléaires du futur et la toxicologie nucléaire.

Les résultats de la surveillance radiologique de l'environnement du centre CEA de Valrho sont consultables aux paragraphes V-6.2 et V-8.2.

VI.1.5 CEA - CENTRE DE SACLAY (91)

Créé en 1947 dans l'Essonne pour le CEA, ce centre effectue de la recherche fondamentale dans les domaines de la chimie, la physique, la biologie et la métallurgie. Dans le domaine de la recherche appliquée, le centre étudie des combustibles et participe au développement des technologies de séparation isotopique ainsi qu'au développement de divers types de réacteurs. Il a enfin joué un rôle important dans le développement de la propulsion des sous-marins nucléaires et la fabrication de radionucléides.

L'environnement proche du centre de Saclay fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, aérosols, eaux de pluies et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eaux de surface et sédiments dans le milieu récepteur des effluents liquides, eaux souterraines).

VI.1.5.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

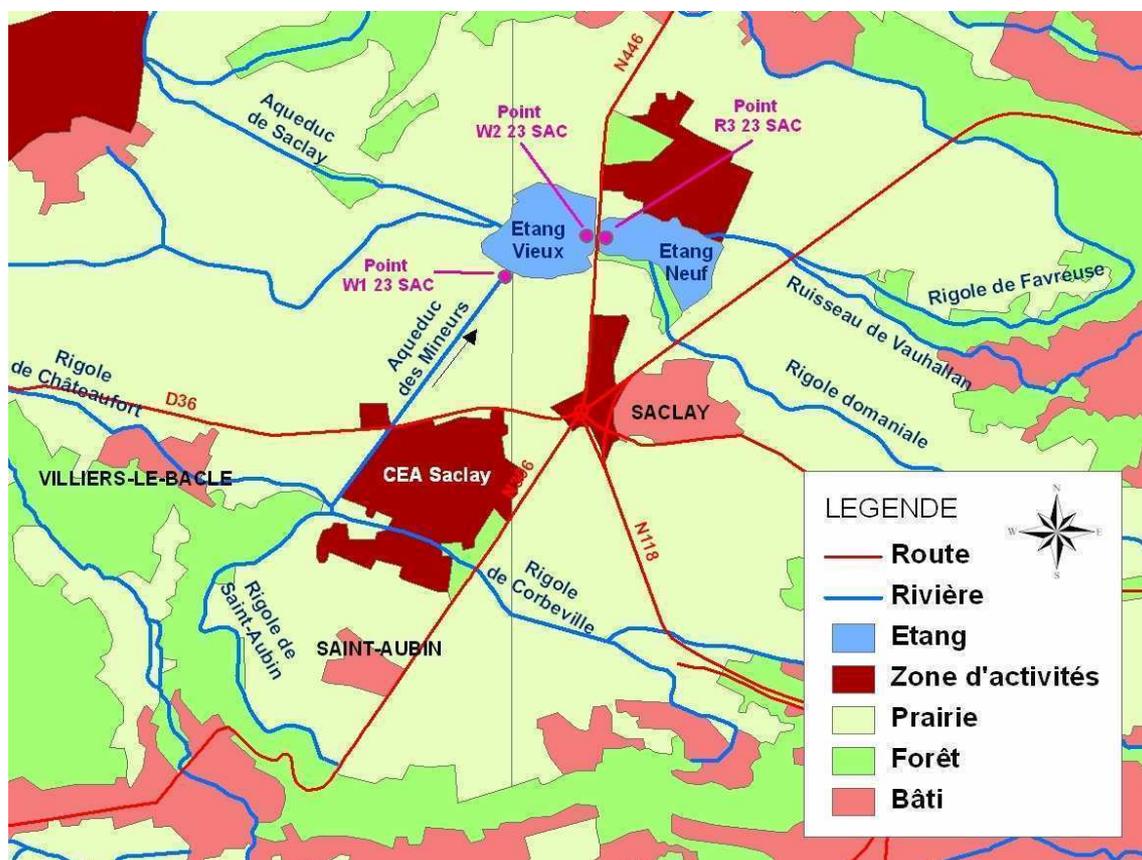
Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Un collecteur d'eau de pluie est présent sur le site. L'activité tritium est mesurée mensuellement.

A cinq reprises au cours de l'année 2005, les résultats d'analyse mensuels du tritium dans les eaux de pluie se sont révélés légèrement significatifs, avec des valeurs comprises entre 10 et 14 Bq/l. L'analyse détaillée de l'échantillon mensuel du mois d'août (13 Bq/l en tritium) a permis de préciser que cette activité était due au prélèvement d'eau de pluie recueillie du 1^{er} au 7 août 2005 (120 ± 12 Bq/l).

VI.1.5.2 EAUX DE SURFACE

Dans le cadre de la surveillance du centre d'études nucléaires du CEA de Saclay, des prélèvements ponctuels d'eau de surface sont réalisés mensuellement ou semestriellement dans l'environnement du site.



Carte 13 : Plan de l'environnement du CEA de Saclay et des eaux surveillées

En champ proche, 3 prélèvements sont réalisés dans le milieu récepteur des rejets du centre :

- A l'aqueduc des mineurs (W1 23) ;
- Dans l'étang vieux (W2 23) ;
- Dans l'étang neuf (R3 23).

Sur ces prélèvements, les analyses ont révélé des activités en tritium systématiquement significatives. Ces activités sont plus élevées à proximité du point de rejet (aqueduc des mineurs) et plus faibles du côté de l'étang neuf, situé plus en aval (Figure 54 : Activité en ^3H mesurée en 2005 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay).

Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes.

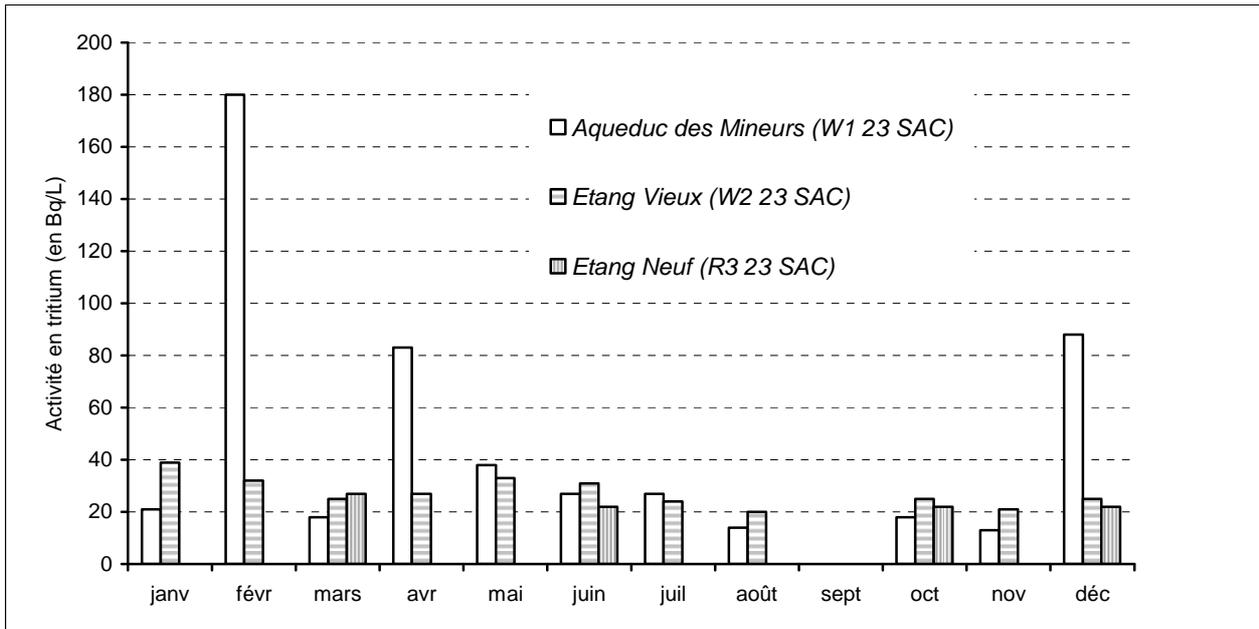


Figure 54 : Activité en ^3H mesurée en 2005 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay

Le prélèvement d'eau à l'aqueduc des Mineurs à Saclay, effectué le 18 novembre 2005, a mis en évidence la présence d'une activité volumique de 0,10 Bq/l en strontium 90, valeur la plus élevée détectée en ce point depuis mars 1991 (Figure 55). Cette activité est due à un rejet d'effluents du CEA de Saclay qui respectait les conditions de rejet figurant dans l'arrêté de rejet du site du 21 novembre 1978 (limite de 1850 mBq/l en activité bêta totale à l'exclusion du tritium). Cependant, le strontium 90 n'étant pas analysé en routine par le CEA sur ce type d'effluents, ce radionucléide émetteur bêta pur n'a été analysé qu'a posteriori sur le rejet mensuel moyen. Le centre de Saclay a déclaré une valeur moyenne mensuelle de 0,15 Bq/l en (Y+Sr) sur le registre mensuel du centre de novembre 2005 adressé à l'ASN.

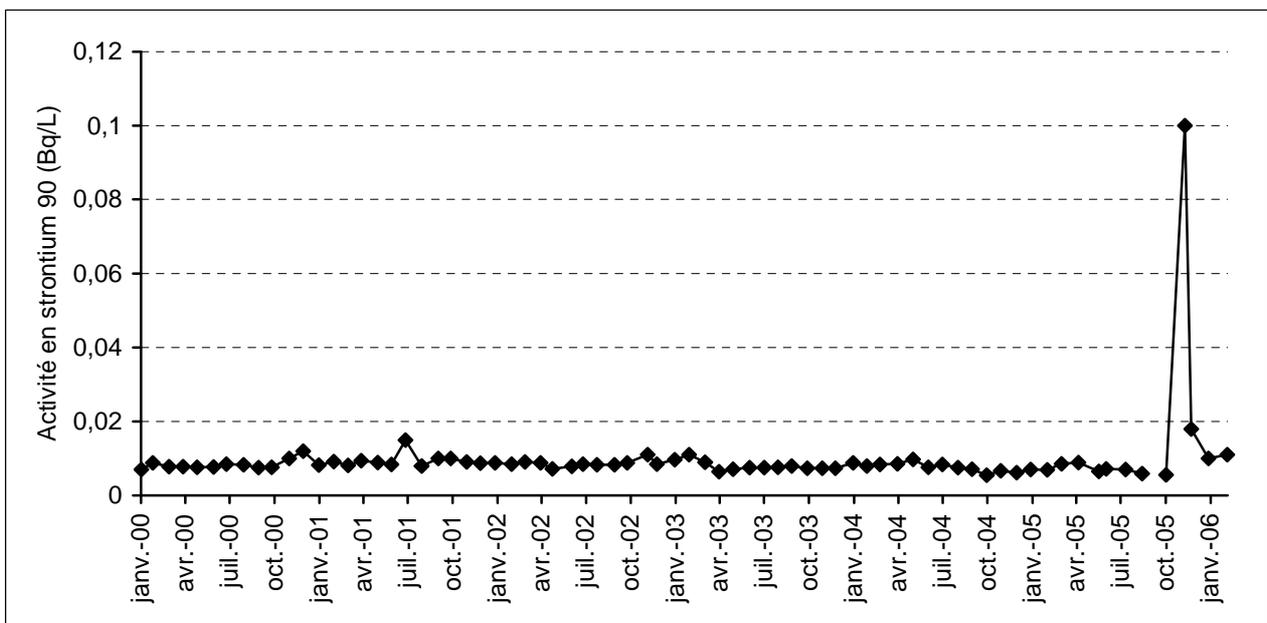


Figure 55 : Activité en strontium 90 mesurée dans les eaux de l'aqueduc des Mineurs à Saclay au cours de la période 2000-2005

Les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures aux limites de détection.

Plusieurs autres prélèvements sont réalisés trimestriellement ou semestriellement en des points plus éloignés du Centre de Saclay :

- Dans l'Yvette à Orsay et à Saclay-les-Chartreux ;
- Dans des ruisseaux à Vauhallan et Villiers-le-Bâcle ;
- Dans l'Étang de Saint-Quentin-en-Yvelines.

Pour ces points, aucune activité particulière n'a été mise en évidence au-dessus des limites de détection.

VI.1.5.3 SEDIMENTS

En complément des prélèvements d'eaux, des prélèvements trimestriels de sédiments sont réalisés dans l'étang vieux.

L'analyse de ces prélèvements a révélé la présence systématique de césium 137 et des traces de cobalt 60, radionucléides artificiels (Figure 56).

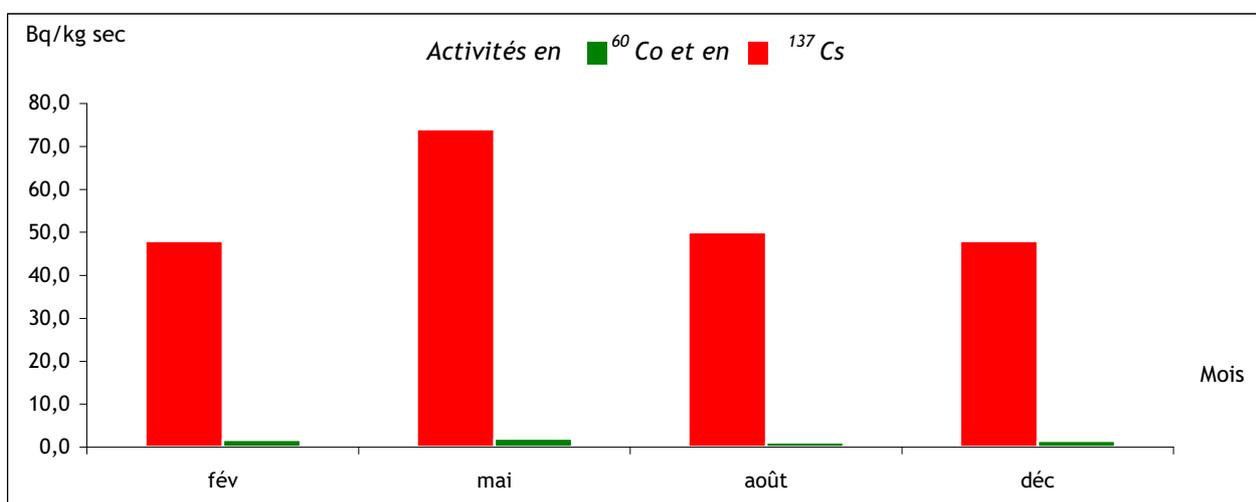


Figure 56 : Activités en ^{60}Co et ^{137}Cs mesurées en 2005 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)

Concernant le césium 137, les activités observées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes. Le marquage actuel du milieu récepteur des rejets liquides du centre par ce radionucléide artificiel s'explique essentiellement par d'anciens rejets radioactifs et les retombées des anciens tirs aériens. Les rejets actuels du centre ne permettent pas d'expliquer les activités mesurées et notamment la valeur maximale de 74 ± 7 Bq/kg sec obtenue pour le mois de mai 2005.

Des traces de plutonium 238 et plutonium 239+240, autres radionucléides artificiels, ont également été décelées dans tous les prélèvements analysés. Leur présence s'explique également par les anciens rejets liquides du centre de Saclay.

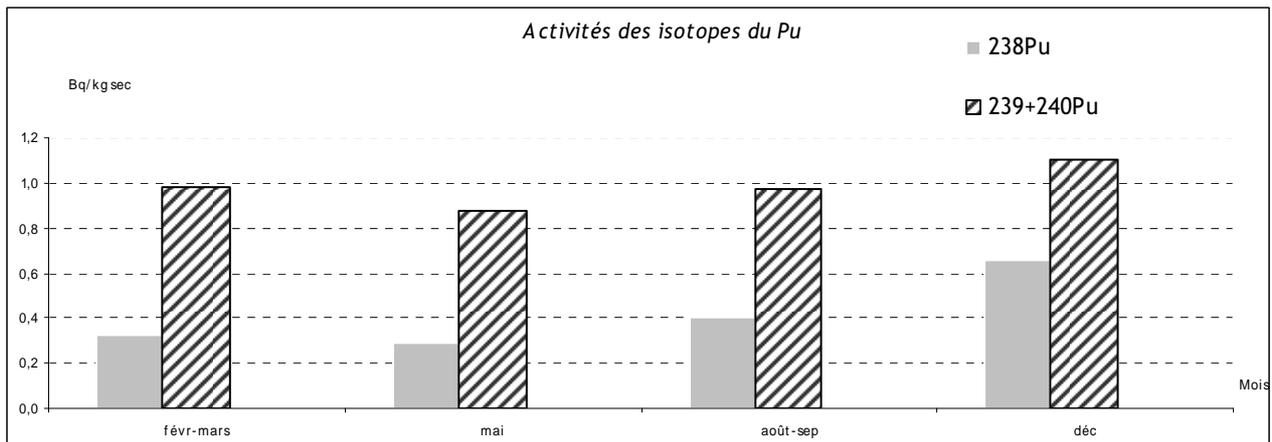


Figure 57 : Activités des isotopes du Plutonium mesurées dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)

Pour le prélèvement effectué en février 2005, on relève des traces d'américium 241 ($0,32 \pm 0,12$ Bq/kg sec), ainsi que la présence de carbone 14 (13000 ± 4100 Bq/kg de carbone élémentaire). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 4 prélèvements analysés en 2005.

VI.1.5.4 EAUX SOUTERRAINES

Des prélèvements d'eau de nappe phréatique sont réalisés semestriellement dans 3 piézomètres situés dans l'enceinte du CEA de Saclay. Les analyses réalisées en 2005 ont révélé un marquage en tritium identique aux années précédentes. Il est indirectement imputable aux rejets, essentiellement sous forme liquide, du centre de Saclay (Tableau 124).

Tableau 124 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans 3 piézomètres du site de Saclay (P41 23, P42 23 et P44 23)

	Résultats dans l'eau filtrée (Bq/l sauf indication contraire)		
	P41 23	P42 23	P44 23
^3H	165 ± 12	95 ± 8	170 ± 12
U pondéral ($\mu\text{g/l}$)	$1,3 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,4$	$0,45 \pm 0,09$
α global	$0,052 \pm 0,017$	$0,105 \pm 0,019$	$0,039 \pm 0,011$
β global	$0,13 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,05$
K (mg/l)	$2,3 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$

Les autres activités significatives mesurées sont dues à la présence de radionucléides naturels (isotopes de l'uranium, potassium 40).

VI.1.5.5 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2005 provenant d'une ferme à Jouy-en-Josas, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 et les activités en strontium (méthode Sr + TR) sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.1.6 CEA - CENTRE DE BRUYERES-LE-CHATEL (91)

Le Centre CEA de Bruyères le Châtel a été créé en 1955. Il a abrité les premières études de métallurgie des matières nucléaires utilisées dans les armes. Aujourd'hui, ce centre est un établissement de recherche dont les activités sont regroupées autour de différents pôles, tels que la simulation et la modélisation du fonctionnement des armes nucléaires, l'exploitation des compétences dans la surveillance des anciens champs de tirs français, le soutien des organisations internationales pour la vérification du traité d'arrêt complet des essais nucléaires (CTBT) (sismologie), et la gestion des projets de construction, d'assainissement et de démantèlement d'installations nucléaires.

L'environnement du centre de Bruyères le Châtel fait l'objet d'une surveillance des eaux de surface prélevée dans la Rémarde à Ollainville (en aval hydraulique proche du centre), et dans l'Orge à Villemoisson (en aval plus lointain).

Les activités des radionucléides mesurés en 2005 dans ces cours d'eau sont restées inférieures ou proches des limites de détection.

VI.1.7 CEA - CENTRE DE VALDUC (21)

Depuis 1957, le centre du CEA de Valduc, situé à 45 km au nord-ouest de Dijon, est exclusivement dédié aux études et développements technologiques sur les matériaux nucléaires des armes nécessaires à la force de dissuasion française. De la recherche à la fabrication des composants nucléaires de l'arme, les spécialistes de ce centre se chargent également de la maintenance des têtes nucléaires et de leur démantèlement.

Les rejets du site sont caractérisés principalement par des activités importantes en tritium, mesuré sur le site même et dans son environnement proche. Les cibles principales de ces rejets, sous forme gazeuse ou liquide, sont les eaux de surfaces et les eaux de nappe qui alimentent les communes alentours en eau potable. Une attention particulière a donc été portée sur la mesure de ce radionucléide.

L'environnement proche du centre fait l'objet d'une surveillance par : DTL, Téléray, aérosols, barboteurs tritium, eau de pluie et lait de ferme prélevés sous les vents dominants, eau de surface et eau souterraine.

Des mesures sont réalisées mensuellement sur des eaux de pluie, des eaux de surfaces et des eaux de nappe phréatique.

VI.1.7.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe VIII.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, dans l'environnement du centre d'étude (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2).

Un collecteur d'eau de pluie est présent sur le site. L'activité en tritium est mesurée mensuellement (Figure 58).

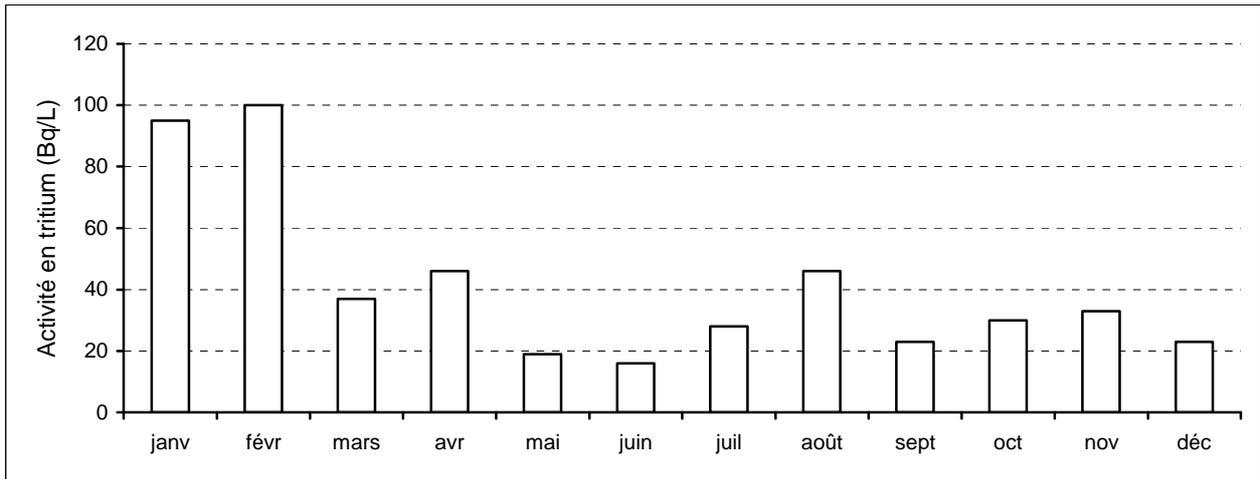


Figure 58 : Activité en ^3H mesurée en 2005 dans les eaux de pluies recueillies sur le Centre de Valduc

Les activités sont comprises entre 19 et 100 Bq/l avec un maximum enregistré au mois de février. Ces résultats montrent que l'installation de Valduc rejette du tritium atmosphérique tout au long de l'année. N'ayant pas de précision sur l'occurrence des épisodes pluvieux, l'IRSN ne peut pas statuer sur la régularité ou non de ces rejets.

Il existe donc certainement une contribution au marquage en tritium des eaux de surface par les retombées atmosphériques, notamment au cours des précipitations.

Une recherche des produits de fissions et d'activation est également effectuée sur les eaux de pluie, mais aucune activité n'a été mesurée au-dessus des limites de détection.

Un appareil prélève de l'air atmosphérique en continu à la station AS1 située sous les vents dominants du Centre de Valduc. Cet appareil permet de piéger le tritium atmosphérique.

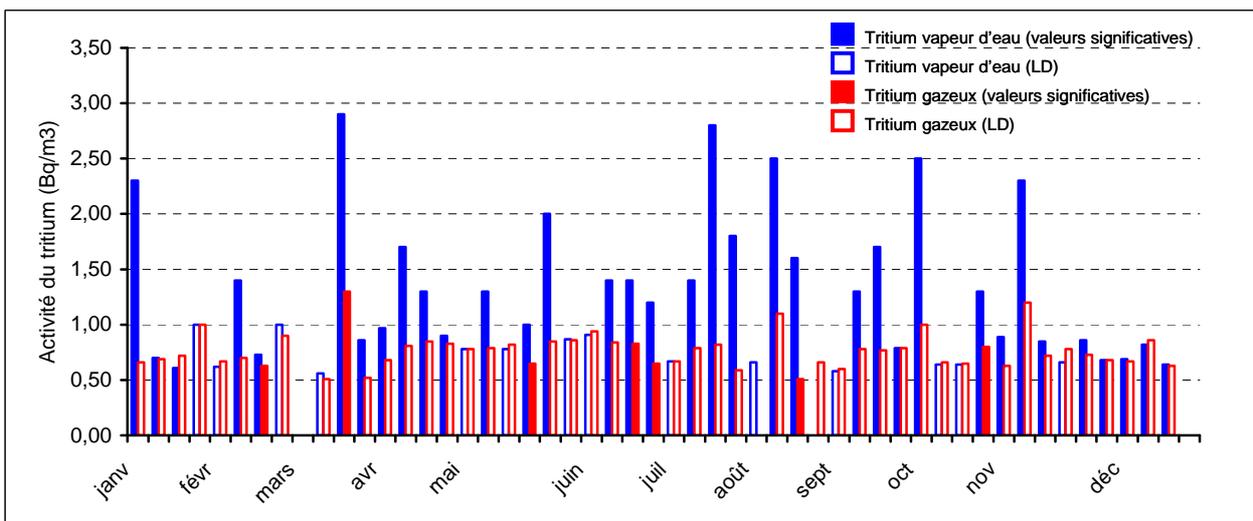


Figure 59: Activité en ^3H mesurée en 2005 dans l'air atmosphérique dans l'environnement du Centre de Valduc

Le tritium atmosphérique est détecté en quantité significative principalement sous forme de vapeur d'eau (les traits pleins de la Figure 59 correspondent aux valeurs significatives). Cette activité volumique mesurée en tritium est comprise entre la limite de détection et $2,9 \text{ Bq/m}^3$. Cela corrobore le fait que le centre de Valduc rejette du tritium sous forme gazeuse tout au long de l'année (voir Figure 58).

VI.1.7.2 LAIT DE VACHE

Pour les 3 prélèvements analysés en 2005 provenant d'une ferme à Larçon, les activités relevées pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection. Une faible activité en strontium (méthode Sr + TR) a été décelée en janvier ($0,14 \pm 0,04$ Bq/l). Des traces de tritium ont également été relevées pour les 3 prélèvements (Tableau 125).

Tableau 125 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du Centre de Valduc

	Résultats (Bq/l)		
	Min.	Max.	Moyenne
³ H	24 ± 3	28 ± 3 0,050,050,05	26

VI.1.8 CERN - PREVESSIN (01)

L'organisation européenne pour la recherche nucléaire communément désignée par l'abréviation CERN est une institution intergouvernementale européenne créée par la convention signée à Paris le 1^{er} juillet 1953 et révisée depuis. Le CERN est situé sur les territoires suisse et français. La partie française est située sur la commune de Prévessin. Le CERN utilise principalement les accélérateurs d'électrons, positrons, protons et ions lourds. La circulation des particules accélérées et les collisions entre les particules et les cibles génèrent des rayonnements de haute énergie qui peuvent activer les matériaux qu'ils traversent. Le tritium figure parmi les produits d'activation. Quelques structures sont construites en uranium appauvri.

La surveillance du site du CERN consiste en l'analyse de filtres aérosols, d'eau de pluie et d'eau souterraine.

VI.1.8.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, sous les vents dominants du centre de recherche (voir données au paragraphe VIII.1.2.1.2). L'analyse des eaux de pluie recueillies dans l'environnement français du CERN est effectuée à un rythme mensuel. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de pluie prélevées à proximité du centre de recherche.

VI.1.8.2 EAU SOUTERRAINE

Des prélèvements d'eau sont effectués semestriellement dans un piézomètre. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux souterraines prélevées à proximité du centre de recherche (Tableau 126).

Tableau 126 : Résultats d'analyse des eaux du puits P 612 prélevées dans l'environnement du CERN

	Résultats dans l'eau brute (prélèvements de mai 2005)	
³ H	Bq/l	< 9,1
⁷ Be		< 1,4
²² Na		< 0,15
K	mg/l	3,0 ± 0,2

VI.1.9 INSTITUT LAUE LANGEVIN - GRENOBLE (38)

L'Institut Laue-Langevin, fondé en janvier 1967 sous l'impulsion de l'Allemagne, de la France et du Royaume-Uni, avait pour objectif de concevoir une source de neutrons très intense entièrement dédiée à la recherche fondamentale civile. L'ILL est un organisme de recherche international, leader mondial en sciences et techniques neutroniques, implanté sur le polygone scientifique de Grenoble. Plus de 800 expériences y sont effectuées chaque année, et environ 1500 chercheurs viennent y réaliser leurs programmes, sélectionnés par un comité scientifique.

La surveillance de ce site porte sur l'eau du Drac. Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux prélevées à proximité de l'Institut.

Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le Drac (RDI DRM), en amont de l'ILL

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	-	< 0,38	-	0/58
Eau filtrée	³ H	-	< 14,0	-	0/12
	α global	< 0,025	0,046 ± 0,008	0,038	6/12
	β global	-	0,12 ± 0,03	-	1/12
	K (mg/l)	< 1,0	1,3 ± 0,1	-	5/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les résultats des eaux prélevées en aval de l'ILL sont indiqués au chapitre VI.1.3 relatif au CEN de Grenoble.

VI.2. LES BASES NAVALES NUCLEAIRES

Trois ports de métropole abritent des bases navales nucléaires. Les ports militaires sont intégrés au sein d'agglomérations importantes (Toulon : 400 000 hab., Brest : 200 000 hab., Cherbourg : 80 000 hab.). Les infrastructures portuaires comprenant des installations à vocation nucléaire imposent une maîtrise absolue de l'impact des activités menées dans les arsenaux, d'autant plus que ces ports s'ouvrent sur des rades, qui constituent des écosystèmes délicats.

Dans ce but, la Marine Nationale possède des laboratoires spécialisés dans la surveillance radiologique qui prélèvent et analysent des échantillons d'origines terrestre, atmosphérique et marine collectés dans l'environnement des ports.

En marge de ces programmes de surveillance, des analyses de radioactivité sont également effectuées par l'IRSN, mais uniquement sur des échantillons d'origine marine (eau de mer, sédiments, poissons, mollusques, crustacés et algues).

VI.2.1 BREST (29)

VI.2.1.1 EAU DE MER

La surveillance des eaux de mer prélevées chaque trimestre dans la grande rade de Brest n'a mis en évidence aucune activité anormale (Tableau 128).

Tableau 128 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Brest (M 122 MN)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,042	-	0/12
	^3H	-	< 9,2	-	0/4
	β global	9 ± 1	12 ± 1	11	4/4
	K (mg/l)	410 ± 21	440 ± 22	428	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.2.1.2 SEDIMENTS MARINS

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans les 3 prélèvements de sédiments marins effectués en 2005 au niveau de l'Anse du Fret, située dans la grande rade de Brest (Figure 60).

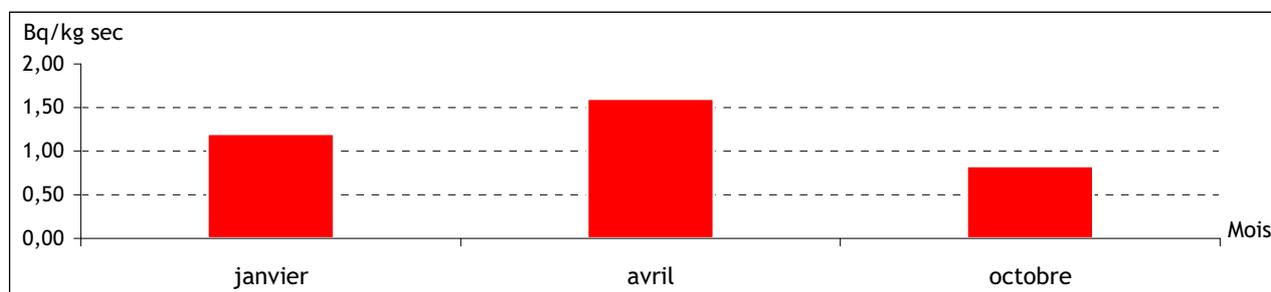


Figure 60 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2005 dans la grande rade de Brest (SM 111 MN)

L'origine de ces activités, qui sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, est liée aux retombées atmosphériques globales (tirs et accident de Tchernobyl). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 3 prélèvements analysés.

VI.2.1.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels de poissons, mollusques, crustacés et d'algues sont effectués en différents points de la grande rade de Brest.

VI.2.1.3.1. Poissons

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans deux échantillons de raies et roussettes du Banc du Caro dans un échantillon de congres de la rade-abri et dans un échantillon de labres prélevé à la bouée du Renard sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.1.3.2.Mollusques et crustacés

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans un échantillon de moules de la Pointe de Lanvéoc, dans un échantillon d'huîtres de Logonna Daoulas et dans un échantillon de tourteaux de la rade-abri, sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.1.3.3.Algues

Des traces de béryllium 7 ont été décelées pour l'échantillon de Fucus Serratus provenant de la zone Le Fret (2,5 + 0,9 Bq/kg frais). Toutes les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.2 CHERBOURG (50)

VI.2.2.1 EAUX DE MER

La surveillance des eaux de mer prélevées chaque trimestre dans la grande rade de Cherbourg n'a mis en évidence aucune activité artificielle au-dessus des limites de détection. Seules deux activités significatives en tritium, proches des limites de détection, ont pu être mesurées aux deuxième et troisième trimestres 2005 (Tableau 125).

Tableau 129 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Cherbourg (M 109 MN)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	-	< 0,038	-	0/12
	³ H	< 9,0	< 11,0	9,9	2/4
	β global	11 ± 1	12 ± 1	11	4/4
	K (mg/l)	390 ± 20	420 ± 21	403	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.2.2.2 SEDIMENTS MARINS

Des traces de plutonium 239+240 et d'américium 241, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les prélèvements trimestriels de sédiments marins, effectués à La Saline dans la grande rade de Cherbourg (Figure 61).

De faibles activités ont été relevées pour deux autres radionucléides artificiels :

- le césium 137 dans 2 prélèvements avec une valeur maximale pour celui de juillet ($0,62 \pm 0,26$ Bq/kg sec) ;
- le plutonium 241 pour le prélèvement de juillet ($8,1 \pm 3,8$ Bq/kg sec).

La présence de ces radionucléides artificiels est due principalement aux rejets de l'usine de retraitement du combustible de la Hague.

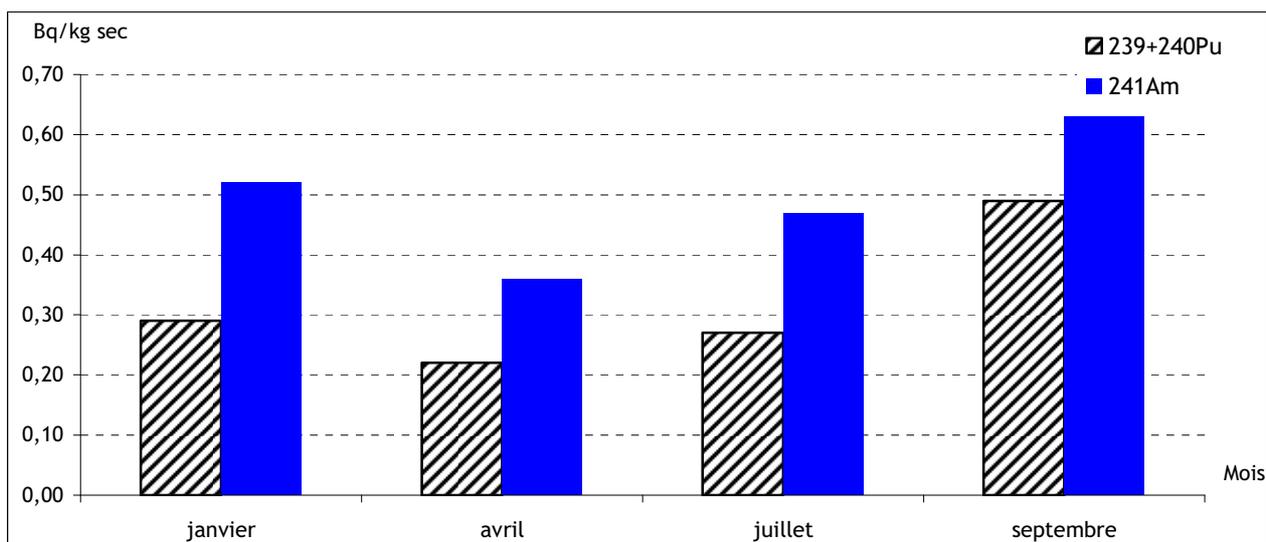


Figure 61 : Activités en $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 dans la rade de Cherbourg (SM 109 MN)

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 4 prélèvements analysés en 2005.

VI.2.2.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels de poissons, mollusques, crustacés et algues sont effectués en différents points de la grande rade de Cherbourg.

VI.2.2.3.1. Poissons

Des traces de radionucléides artificiels ainsi que la présence de carbone 14 ont été décelées dans les échantillons de roussettes et labres prélevés à Nacqueville et dans l'échantillon de carrelets provenant de la zone 5 de la grande rade (Tableau 130 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg).

Tableau 130 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg

	Résultats en Bq/kg frais ou Bq/kg de C élémentaire (^{14}C)		
	^{137}Cs	^{241}Am	^{14}C
Roussettes	0,22 ± 0,09	0,011 ± 0,004	480 ± 100
Labres	0,18 ± 0,08	-	570 ± 130
Carrelets	0,12 ± 0,06	-	540 ± 110

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 3 prélèvements analysés en 2005.

VI.2.2.3.2. Mollusques

Des traces de radionucléides artificiels ainsi que la présence de carbone 14 ont été décelées dans l'échantillon de coquilles Saint-Jacques prélevé en mars dans la zone 1 de la grande rade (Tableau 131).

Tableau 131 : Résultats d'analyse des mollusques prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg

Coquilles Saint-Jacques	Résultats en Bq/kg frais ou Bq/kg de C élémentaire (¹⁴ C)					
	⁶⁰ Co	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²⁴¹ Pu	¹⁴ C
	0,16 ± 0,09	0,012 ± 0,003	0,023 ± 0,004	0,019 ± 0,004	0,32 ± 0,08	360 ± 75

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.2.3.3. Crustacés

Des traces de radionucléides artificiels ainsi que la présence de carbone 14 ont été relevées pour l'échantillon de tourteaux prélevé en février à Nacqueville (Tableau 132).

Tableau 132 : Résultats d'analyse des crustacés prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg

Tourteaux	Résultats en Bq/kg frais ou Bq/kg de C élémentaire (¹⁴ C)			
	⁶⁰ Co	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	¹⁴ C
	0,25 ± 0,11	0,011 ± 0,003	0,013 ± 0,005	390 ± 60

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.2.3.4. Algues

Des traces de radionucléides artificiels ainsi que la présence de carbone 14 ont été décelées pour les prélèvements d'Ulves et de Fucus Serratus effectués en avril à La Saline (Tableau 133).

Tableau 133 : Résultats d'analyse des algues prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg

	Résultats en Bq/kg frais ou Bq/kg de C élémentaire (¹⁴ C)						
	⁶⁰ Co	¹²⁹ I	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²⁴¹ Pu	¹⁴ C
Ulves	-	-	-	0,0030 ± 0,0009	0,0047 ± 0,0016	-	490 ± 100
Fucus Serratus	0,23 ± 0,06	2,3 ± 0,8	0,013 ± 0,002	0,017 ± 0,003	0,0093 ± 0,0028	0,27 ± 0,07	560 ± 130

Toutes les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures aux limites de détection pour les 2 espèces d'algues.

VI.2.3 TOULON (83)

VI.2.3.1 EAUX DE MER

La surveillance des eaux de mer prélevées chaque trimestre dans la grande rade de Toulon n'a mis en évidence aucune activité artificielle au-dessus des limites de détection.

Tableau 134 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Toulon (M 111 MN)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,037	-	0/12
	^3H	-	< 9	-	0/4
	β global	11 \pm 1	12 \pm 1	11	4/4
	K (mg/l)	360 \pm 18	430 \pm 22	398	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.2.3.2 SEDIMENTS MARINS

Pour tous les prélèvements trimestriels de sédiments marins effectués à la Tour Royale située dans la grande rade de Toulon, les activités de tous les radionucléides mesurés sont restées inférieures aux limites de détection.

VI.2.3.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels de poissons, mollusques et végétaux aquatiques sont également effectués à la Tour Royale. Un prélèvement annuel de poissons provenant de la ferme marine du site du Lazaret est également analysé.

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans l'échantillon constitué d'un mélange de sarres, loups et mulets prélevés à la Tour Royale et dans l'échantillon de loups de la ferme marine du Site du Lazaret sont restées inférieures aux limites de détection.

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans l'échantillon de moules prélevé à la Tour Royale sont restées inférieures aux limites de détection.

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans l'échantillon de posidonies prélevé à la Tour Royale sont restées inférieures aux limites de détection.

VII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES REJETS RADIOACTIFS DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE

VII.1. UTILISATION DES RADIONUCLEIDES PAR LA MEDECINE NUCLEAIRE

Les services de médecine nucléaire ont pour vocation de déceler et/ou soigner les affections tumorales. Deux grandes pratiques faisant appel à l'utilisation de radioisotopes peuvent être distinguées dans ces établissements :

- **Le diagnostic fonctionnel** : l'objectif est l'exploration fonctionnelle de certains organes (dans ce cas, le radionucléide majoritairement mis en œuvre est le technétium 99 métastable) dans l'objectif de réaliser de l'imagerie.
- **La radiothérapie métabolique** : l'objectif est la destruction, par irradiation, des tissus pathologiques (dans ce cas, l'iode 131 est le radionucléide le plus largement utilisé).

Ces actes diagnostics ou curatifs prodigués à des patients sont réalisés à l'aide de radionucléides à demi-vie courte, mis en œuvre sous la forme de sources non scellées (gélules ou liquides). Les radionucléides les plus couramment utilisés sont les deux isotopes cités : le technétium 99 métastable (^{99m}Tc) et l'iode 131 (^{131}I).

Ces radionucléides, après avoir été administrés par injection ou ingestion, sont éliminés par les voies naturelles des patients (urines, selles, salive, sueur). Ainsi, une partie des effluents produits par un hôpital intégrant un service de médecine nucléaire, peut contenir des urines ou des selles marquées par de la radioactivité.

Bien qu'une réglementation impose le stockage systématique des urines en provenance des chambres réservées aux patients subissant une radiothérapie à l'iode 131, des selles, non stockées à l'hôpital en raison de leur potentiel d'induction de maladies nosocomiales, marquées elles aussi, peuvent rejoindre le réseau d'assainissement.

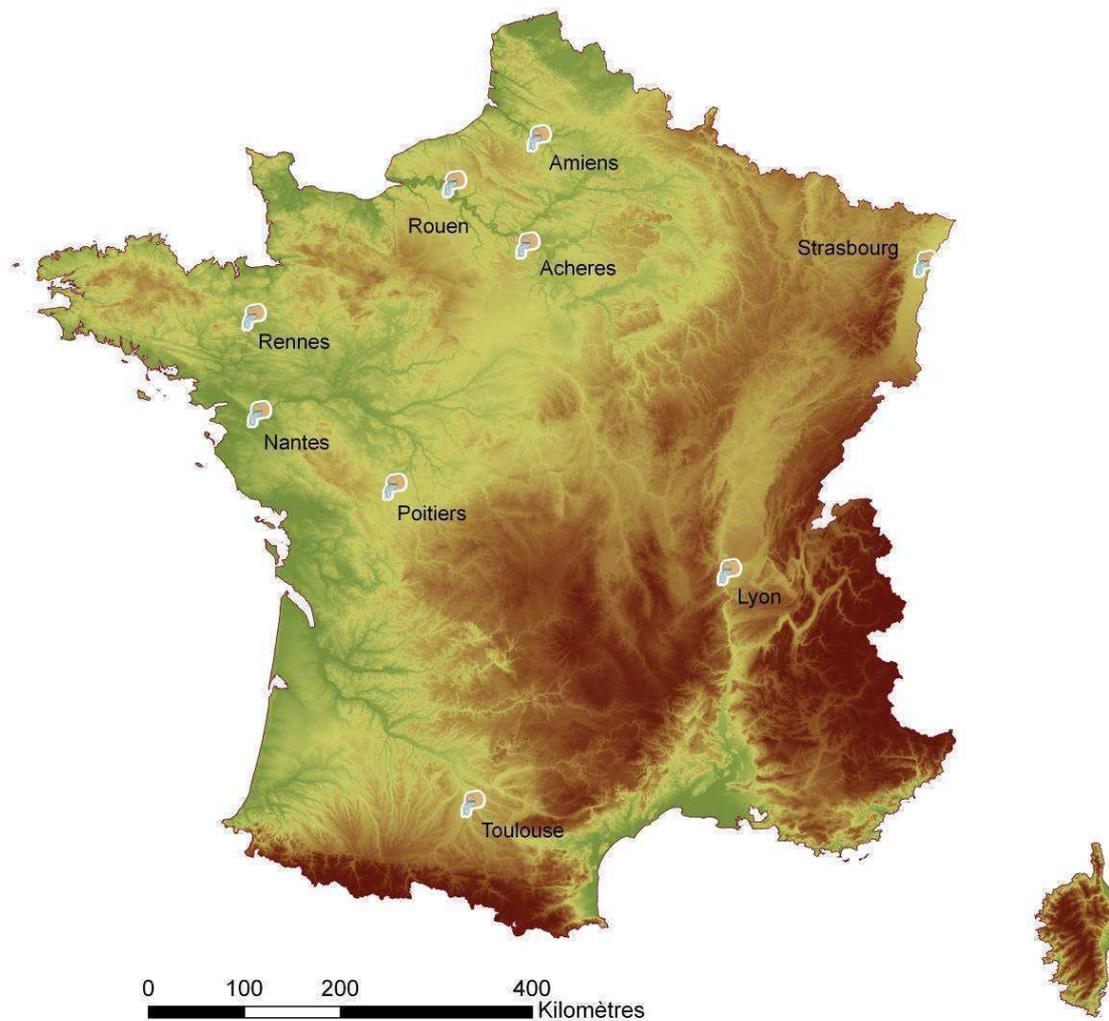
C'est suite à une détection inattendue d'iode 131 dans une rivière que l'IRSN a décidé la mise en place du réseau Téléhydro pour évaluer et caractériser cette radioactivité.

VII.2. LE RESEAU TELEHYDRO

Depuis 2000, le réseau Téléhydro réalise des mesures radiologiques en continu dans les eaux usées de grandes villes françaises. Les 9 sondes du réseau actuel sont implantées à l'entrée de stations de traitement et d'épuration des eaux usées, points de collecte stratégiques de l'ensemble des eaux usées d'une agglomération avant tout traitement. Ces sondes sont composées d'un détecteur NaI (iodure de sodium) et d'un système d'acquisition permettant la détection du rayonnement gamma et l'identification des radionucléides en fonction de l'énergie du rayonnement qu'ils émettent (spectrométrie gamma).



Figure 62 : Photos d'une station Télhydro (vue générale et détaillée de la sonde)



Carte 14 : Implantation des stations du réseau Télhydro

VII.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La mesure effectuée permet d'obtenir un comptage exprimé en coups par seconde. Ce comptage est la somme des coups générés par les différents radionucléides émettant dans la gamme d'énergie du rayonnement gamma (naturel et artificiel) sélectionné.

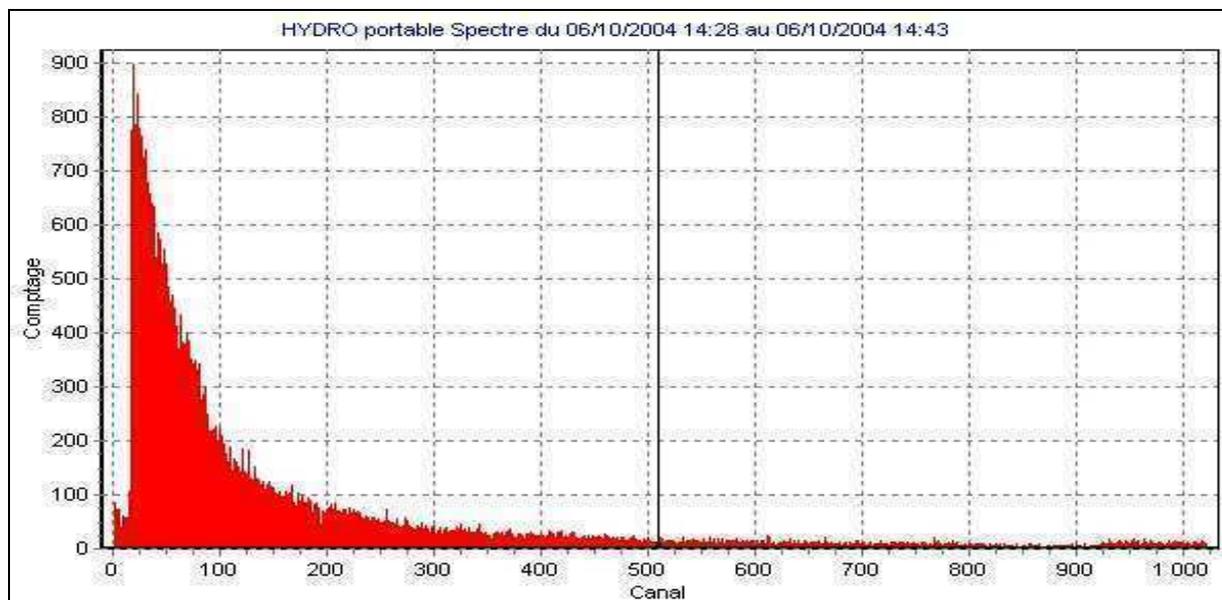


Figure 63 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) représentant le rayonnement gamma naturel (15 minutes d'intégration)

A partir de ce comptage global et des pics éventuellement détectés dans le spectre, il est possible de déterminer les activités volumiques de l'iode 131 et du technétium 99 métastable. Cette détermination s'effectue par le calcul de l'aire nette du pic considéré, témoignant de la présence d'un radionucléide, après soustraction du bruit de fond naturellement présent.

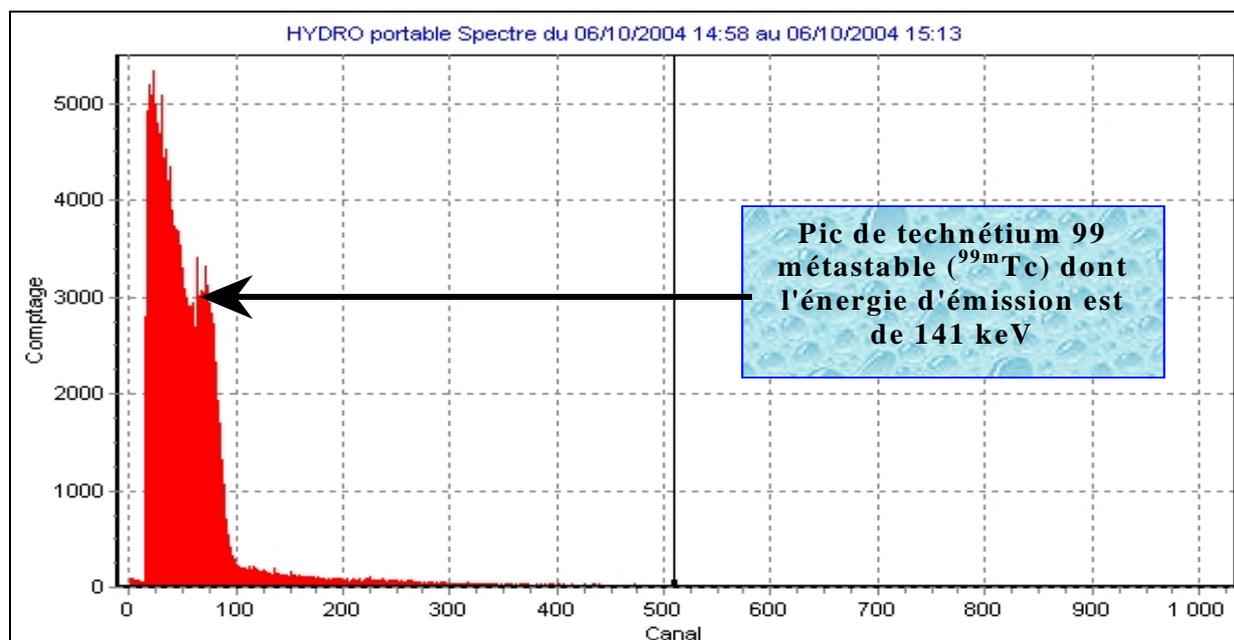


Figure 64 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic d'iode 131 (15 minutes d'intégration)

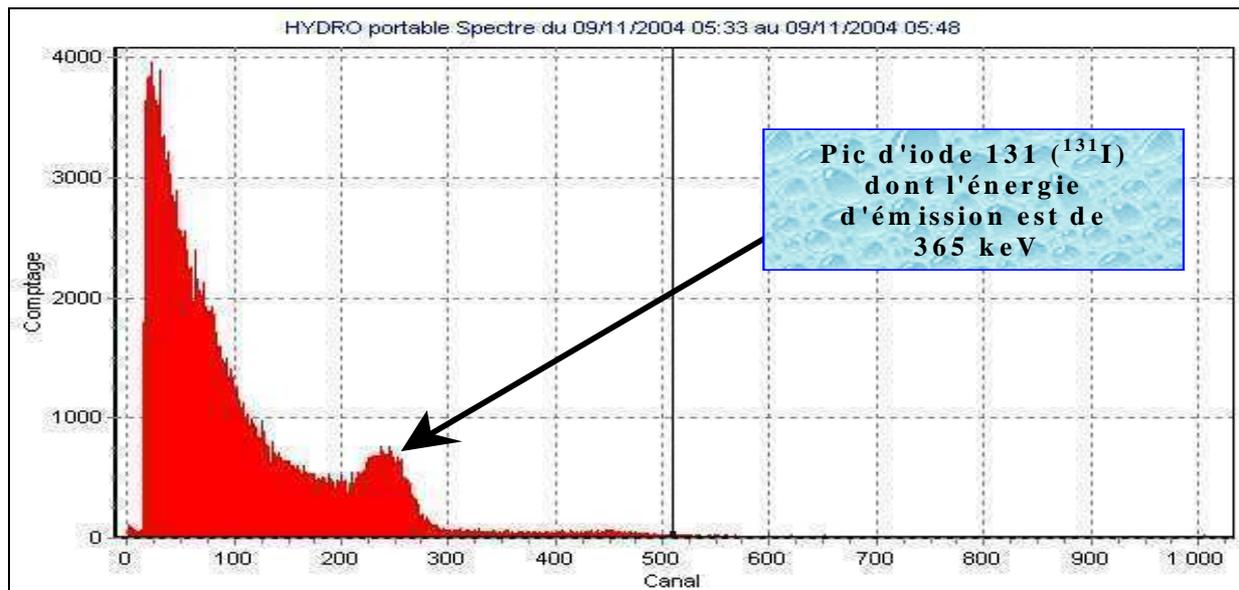


Figure 65 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic de technétium 99 métastable (15 minutes d'intégration)

L'étude des spectres permet également de détecter d'autres radionucléides qui ne sont pas quantifiés par défaut.

VII.2.2 RESULTATS ACQUIS EN 2005 ET PROJET DE MODERNISATION DU RESEAU

Les résultats acquis en 2005 ne diffèrent pas des années précédentes et démontrent toujours le caractère persistant des apparitions d'iode 131 et de technétium 99 métastable dans les eaux usées des agglomérations françaises surveillées. Toutefois, le réseau, conçu initialement dans un objectif d'investigation démontre un certain nombre de limites fonctionnelles eu égard aux nouvelles attentes des gestionnaires des stations d'épuration, des DDASS et des collectivités locales.

C'est pourquoi, un cahier des charges visant à définir un nouveau système plus compact et portatif, pouvant être implanté dans des espaces plus exigus, a été rédigé. Il sera ainsi composé de sondes permettant de répondre à des demandes d'expertises plus vastes que le seul domaine des eaux usées, sa gamme de surveillance sera étendue à d'autres radionucléides que les seuls iode 131, technétium 99 métastable et césium 137, pour pouvoir analyser notamment les descendants naturels du radon ou d'autres radionucléides plus inhabituels.

VIII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE

VIII.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

VIII.1.1 L'AIR

VIII.1.1.1 LE RESEAU TELERAY

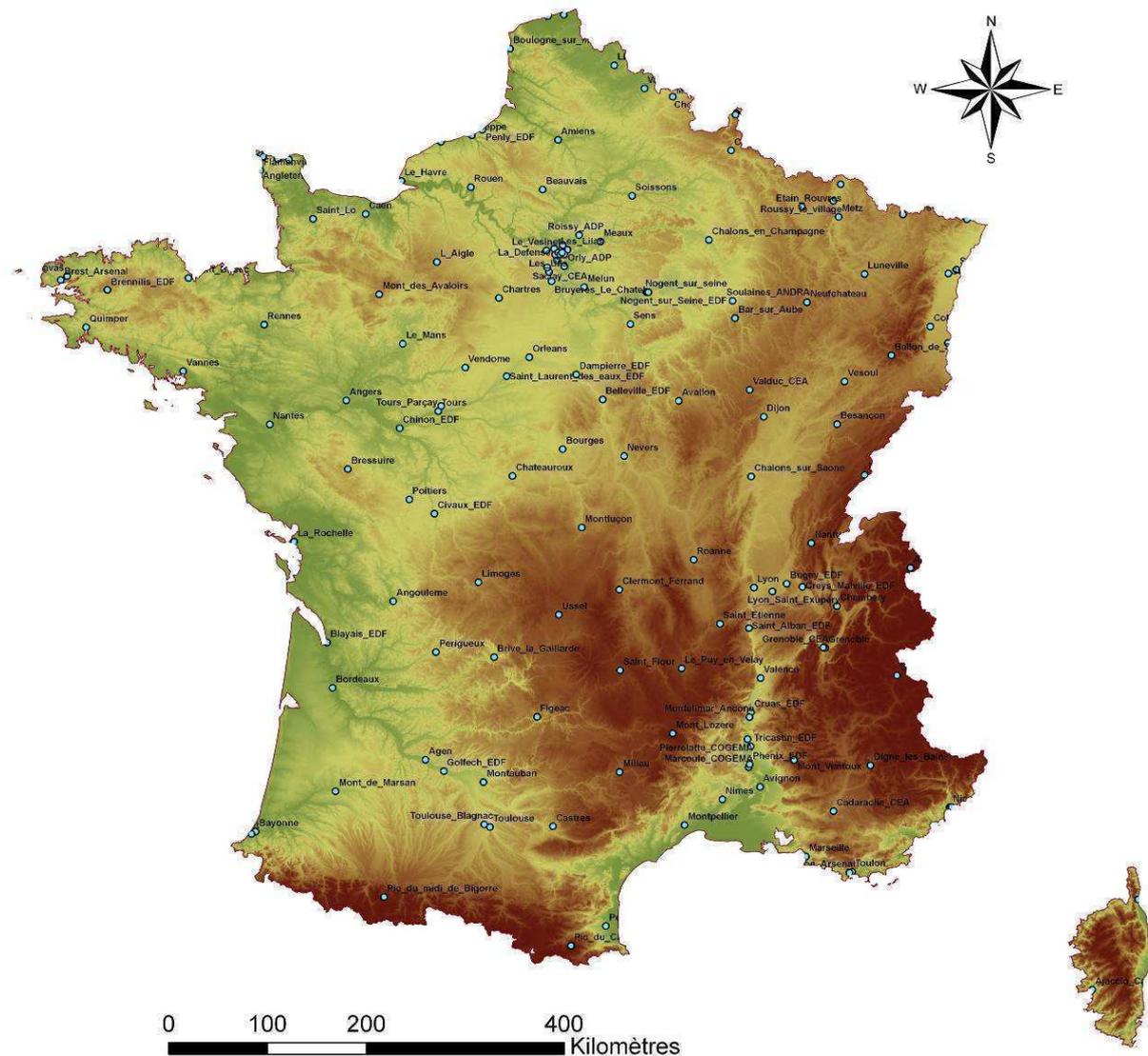
VIII.1.1.1.1. Présentation & implantation

Depuis 1991, le réseau Téléray assure de façon permanente la veille et l'alerte radiologique du territoire français. Ce réseau a été mis en place à la suite des enseignements retirés de l'accident de Tchernobyl. Les 180 sondes, implantées majoritairement aux abords des sites nucléaires et des grandes agglomérations, sont composées de compteurs Geiger-Müller permettant de mesurer le débit de dose gamma ambiant (Figure 66). Une carte électronique et un modem associé permettent le calcul du taux de comptage et le transfert des données vers le PC centralisateur situé sur le site IRSN du Vésinet.

En situation normale, les données sont régulièrement acquises auprès de chacune des sondes au cours de la journée. Si le débit de dose augmente de façon significative, les sondes concernées envoient une alarme au PC centralisateur qui alerte aussitôt le personnel IRSN d'astreinte. La fréquence du rapatriement des données est alors augmentée.



Figure 66 : photo d'une sonde Téléray (détecteur Geiger Müller)

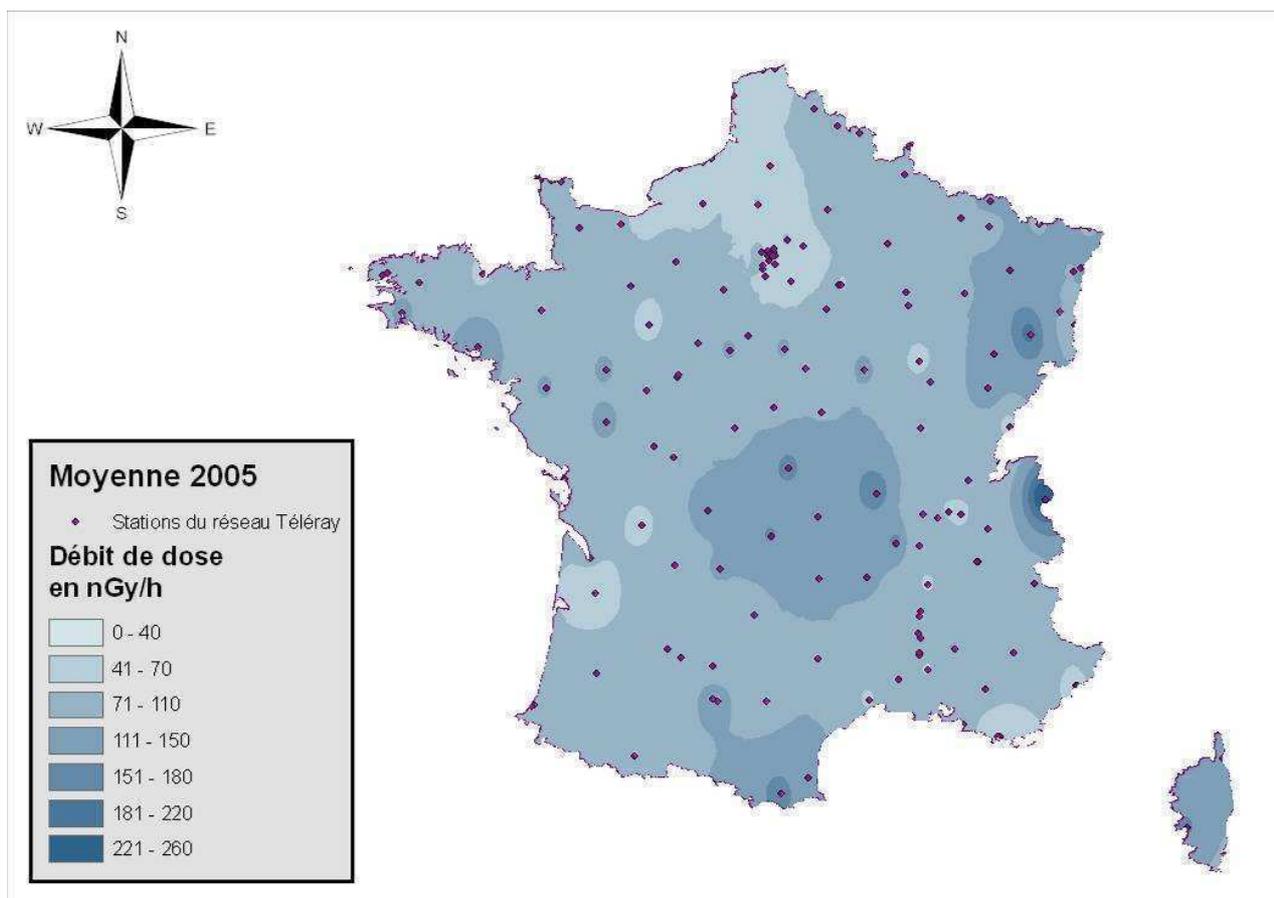


Carte 15: Implantation des sondes du réseau Téléray

VIII.1.1.1.2. Bilan des résultats

Les valeurs de débit de dose γ ambiant moyen en France au cours de l'année 2005 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes.

Le bilan des mesures du réseau Téléray, réalisé spécifiquement et diffusé chaque année, présente les moyennes annuelles acquises et classées en fonction des sites d'implantation. Celui-ci peut être représenté sur une carte nationale des moyennes des mesures réalisée, par interprétation cartographique simplifiée, à l'aide d'un système d'information géographiques.



Carte 16 : Interprétation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2005 par le réseau Télecray

Cette carte (qui peut être comparée à celle établie à partir des données moyennes du réseau environnemental des dosimètres thermoluminescents - voir Carte 17) met en évidence la relation étroite existant entre le débit de dose et la nature des roches constitutives du *substratum*.

En effet, il est aisé de constater que le bruit de fond ambiant est faible dans les bassins sédimentaires (bassin parisien, aquitain ou encore vallée du Rhône) et plus élevé sur les massifs composés de roches plutoniques (essentiellement granitiques) ou métamorphiques (Alpes, Massif Central, etc.) où l'influence du rayonnement gamma d'origine tellurique est plus élevée.

A cela se superpose l'influence du rayonnement cosmique, plus important en altitude qu'au niveau de la mer. Cette influence apparaît minoritaire aux altitudes moyennes. A 3000 mètres d'altitude (ex : Aiguille du Midi), la contribution de ce type de rayonnement devient non négligeable, comme le démontre le graphique présenté ci-après (Figure 67).

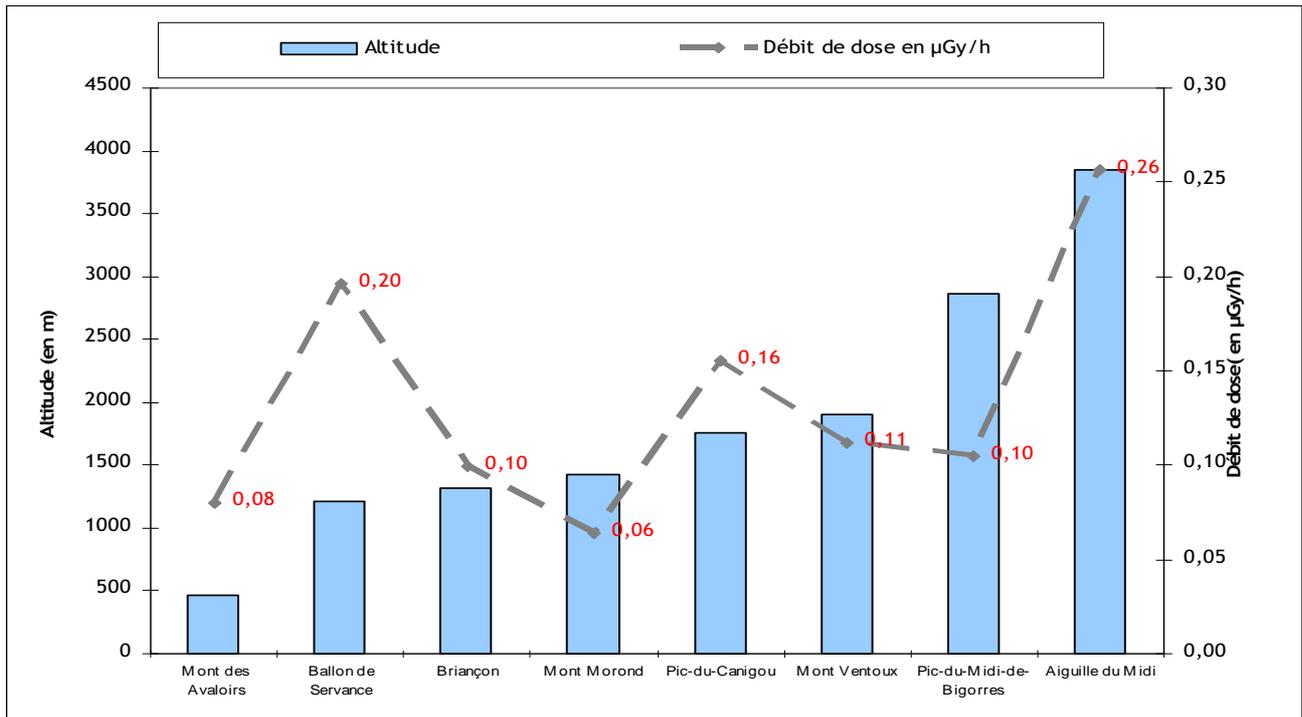


Figure 67 : Evolution du débit de dose en fonction de l'altitude

La variabilité du débit de dose en France demeure dans la majorité des cas liée au rayonnement tellurique, ce qui altère la corrélation entre débit de dose et altitude. Par exemple, on constate que cette relation n'est pas forcément vérifiée dans le cas du Pic du Midi de Bigorre et du Ballon de Servance. L'influence de la géologie - donc du rayonnement tellurique - est prépondérante dans ces deux cas. En effet, le Pic du Midi n'est pas soumis à un rayonnement tellurique élevé tandis que le Ballon de Servance, granitique, en dépit d'une altitude plus modeste, est exposé à un rayonnement tellurique important. De façon analogue, le Mont Ventoux, essentiellement constitué de roches sédimentaires, présente, malgré une altitude élevée, un débit de dose relativement faible.

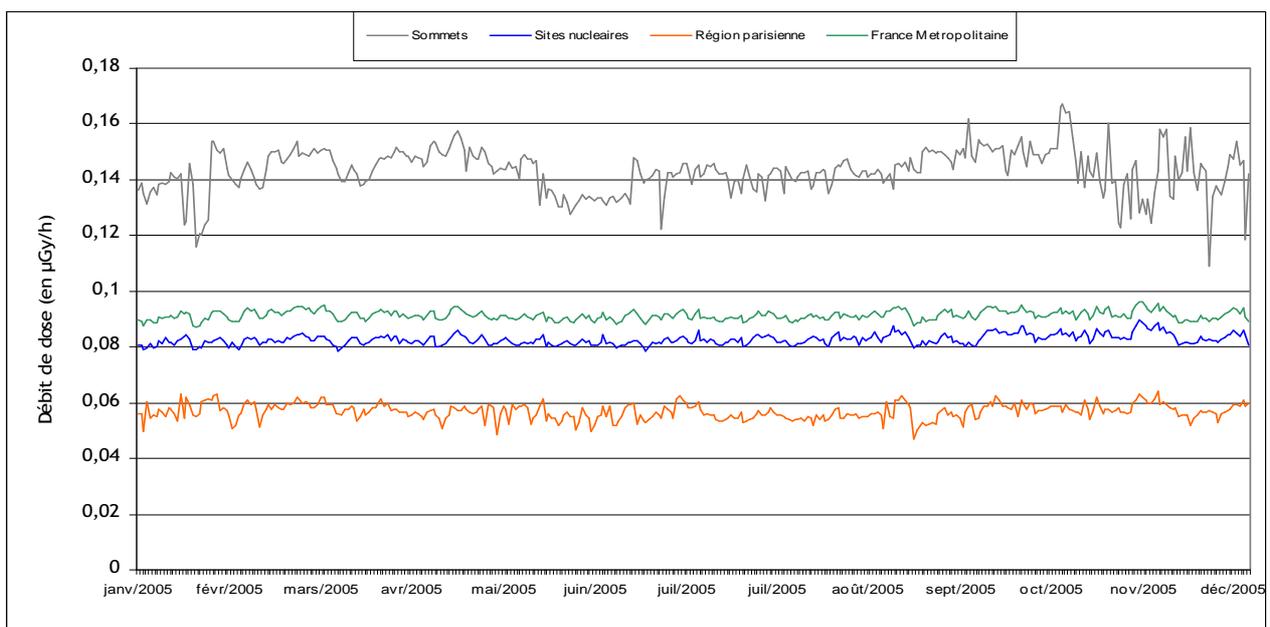


Figure 68 : Evolution du débit de dose par type d'implantation

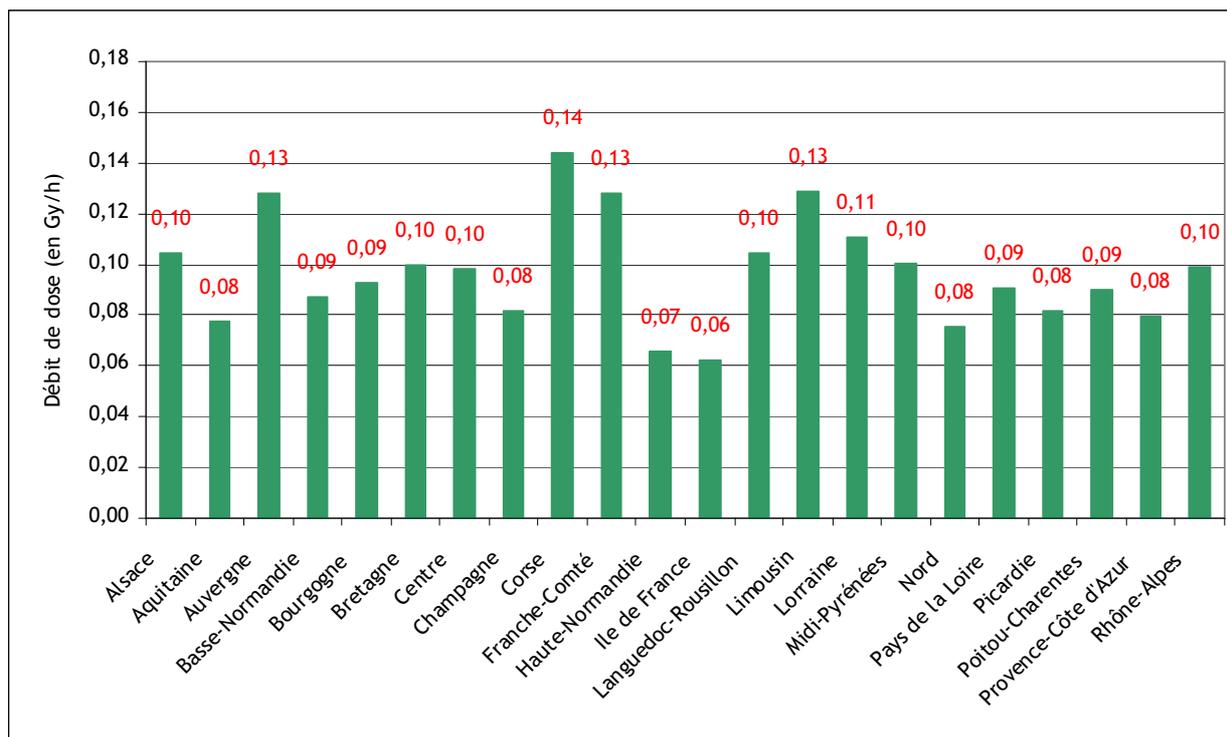


Figure 69 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose

VIII.1.1.1.3. Evènements marquants

Quelques mesures anormales ont été détectées par le réseau Téléray en 2005, mais aucune n'avait un caractère accidentel. En effet, il peut arriver que des conditions météorologiques ou électromagnétiques particulières conduisent à des dépassements des seuils d'alarme.

Les autres évènements correspondent à des détections de tirs de gammagraphie, mis en œuvre pour tester la porosité des structures bétonnées de certains ouvrages d'art, contrôler des soudures... Les sources utilisées (cobalt 60, iridium 192, etc.) présentent des activités très élevées pour les besoins de ce type d'investigation. De ce fait, si un tir est réalisé au voisinage d'une sonde Téléray, l'augmentation du débit de dose est aussitôt détectée.

Alarmes déclenchées en 2005 sur le réseau Téléray :

- Station de Saclay : alarmes de 0,33 $\mu\text{Gy/h}$ le 31/01, de 0,82 $\mu\text{Gy/h}$ le 24/02, de 0,32 $\mu\text{Gy/h}$ le 11/03, et de 0,33 $\mu\text{Gy/h}$ le 22/09, suite à un effet de ciel sur la balise d'un bâtiment abritant un irradiateur du CEA ;
- Aiguille du midi : alarmes de 0,45 $\mu\text{Gy/h}$ le 16/02, de 0,46 $\mu\text{Gy/h}$ le 11/08, et de 0,55 $\mu\text{Gy/h}$ le 10/09, liées à des phénomènes météorologiques particuliers ;
- Balard/Paris : alarmes de 0,28 $\mu\text{Gy/h}$ le 24/05, de 0,28 et 1,69 $\mu\text{Gy/h}$ le 27/06, de 0,3 et 3,3 $\mu\text{Gy/h}$ le 05/07, liées à des tirs gammagraphiques ;
- Préfecture de Sens : alarmes de 8 et 10 $\mu\text{Gy/h}$ le 19/11 suite à un défaut technique de la sonde ;
- Beaumont-Hague : alarmes de 0,4 $\mu\text{Gy/h}$ le 02/05, de 0,34 $\mu\text{Gy/h}$ le 24/06, et de 0,35 $\mu\text{Gy/h}$ le 22/09, suite à des phénomènes météorologiques particuliers.

VIII.1.1.2 LE RESEAU DE DOSIMETRES THERMOLUMINESCENTS (DTL)

VIII.1.1.2.1. Présentation et implantation

L'objectif du réseau de dosimètres thermoluminescents (réseau DTL) est de compléter les moyens mis en œuvre par l'IRSN pour répondre à sa mission de surveillance de l'environnement définie par le décret n°2002-254. Développé à partir de 1985, ce réseau permet d'effectuer la surveillance de la dose externe due au rayonnement gamma ambiant dans l'environnement.

La stratégie d'implantation des DTL répond à un objectif de couverture territoriale, (disposer au minimum un dosimètre par département) et à celui d'une surveillance renforcée aux abords des sites sensibles.

Le réseau met en oeuvre un dispositif passif ne nécessitant pas d'apport d'énergie, peu coûteux, facile d'installation et sans maintenance. Il intègre les valeurs de la dose ambiante d'origine naturelle ou événementielle sans être affecté par des opérations de maintenance et d'étalonnage comme cela est le cas pour le réseau Téléray. Il donne donc l'image la plus juste de la dose par irradiation.

Les DTL employés, tous identiques, permettent l'enregistrement de doses de 10 micrograys à 1000 grays. Ils permettent de couvrir la gamme des débits de dose possibles dans un contexte environnemental, tout en étant d'une sensibilité suffisante pour mesurer de faibles variations d'amplitude en chaque lieu d'implantation (exposition au rayonnement cosmique : 0,3 à 2 mSv/an - tellurique : 0,05 à 1,5 mSv/an) ou au suivi de sites où la radioactivité naturelle a été renforcée (ancien sites miniers, anciens laboratoires....) du fait des activités exercées.

La surveillance du territoire national est effectuée à partir de 1000 stations couvrant la métropole et les DOM-TOM.

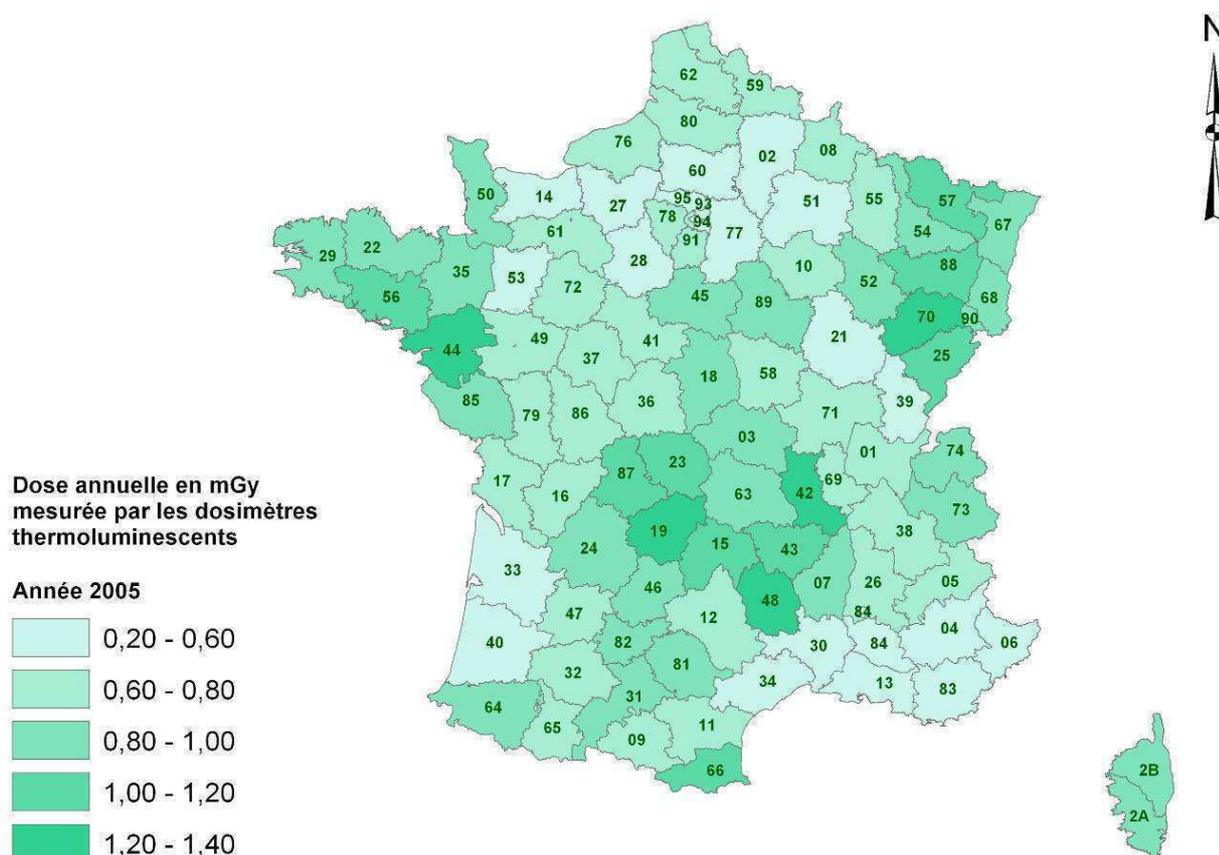


Figure 70 : photo d'un dispositif DTL

VIII.1.1.2.2. Résultats et commentaires

L'interprétation cartographique simplifiée ci-après représente la moyenne annuelle des mesures enregistrées par les dosimètres, avec cependant un biais lié à l'hétérogénéité des implantations.

La carte est comparable à celle réalisée à l'aide du réseau Téléray, ce qui permet de vérifier la bonne complémentarité des mesures.



Carte 17 : Interprétation cartographique des données du réseau de DTL en France pour l'année 2005

Les résultats obtenus en 2005 sont du même ordre de grandeur que ceux des années précédentes.

Les doses annuelles varient en fonction de la nature des roches (influence des descendants du radon et du rayonnement tellurique) et de l'altitude (influence du rayonnement cosmique). Elles sont toutes représentatives, en absence d'écart, de la radioactivité naturelle du territoire français.

VIII.1.2 LES AEROSOLS ATMOSPHERIQUES

VIII.1.2.1 LE RESEAU AS (AIR AU NIVEAU DU SOL)

VIII.1.2.1.1. Présentation et implantation

Le réseau AS est constitué de stations fixes de prélèvement des aérosols sur des filtres en cellulose. Ces stations sont composées d'une turbine d'aspiration, d'un compteur volumétrique et d'un porte filtre. Ces éléments sont assemblés au sein d'un abri en bois (Figure 71).

Les filtres sont rapatriés par voie postale vers le site du Vésinet pour y être conditionnés, puis mesurés en laboratoire.

Le rôle de ce réseau n'est pas de détecter la radioactivité artificielle en temps réel mais néanmoins de façon précoce (quelques jours), et de suivre l'évolution à court terme d'une contamination radiologique du territoire, puis d'assurer le suivi sur un plus long terme. Il permet de disposer d'un support facile à utiliser pour effectuer des analyses complémentaires nécessaires à une levée de doute et à la caractérisation d'un évènement.



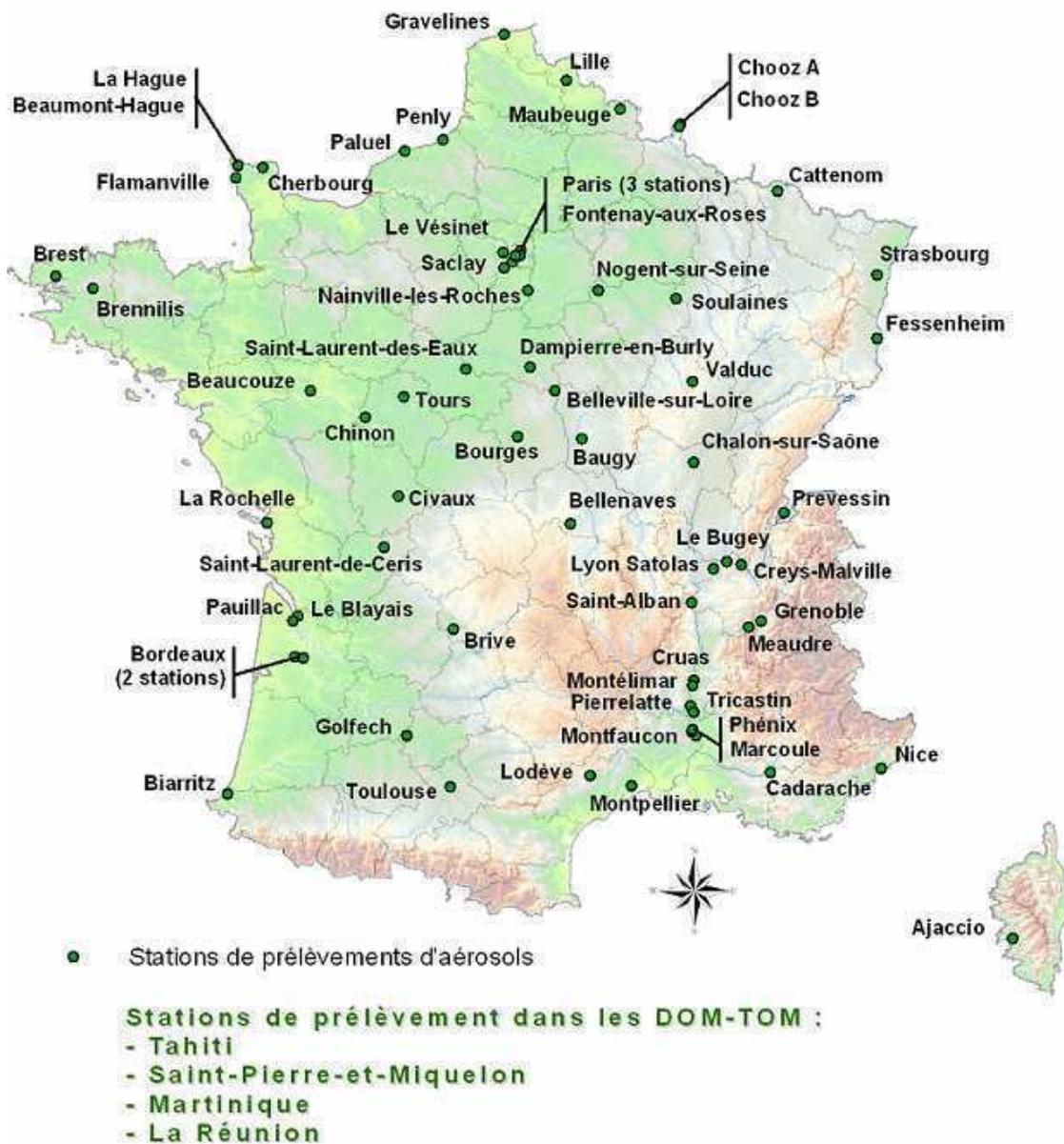
Figure 71 : photo des stations de prélèvement d'aérosols du site du Vésinet (IRSN) et détail de la tête de prélèvement et du dispositif porte-filtre

Le réseau AS est constitué de soixante-dix stations de prélèvements dont l'implantation est présentée sur la carte ci-après (Carte 18 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS))

VIII.1.2.1.2. Résultats du Réseau AS

L'IRSN a réceptionné et analysé 22 041 prélèvements en 2005 sur lesquels 40 746 mesures ont été effectuées dont :

- 8 123 comptages bêta global un jour après la fin du prélèvement et 22 041 comptages bêta global cinq jours après la date de fin du prélèvement (après la décroissance des descendants du radon) ;
- 7 562 comptages alpha global ;
- 1 971 spectrométries gamma sur filtre individuel et 805 sur les regroupements mensuels des prélèvements d'une même station ;
- 254 autres dosages spécifiques à des sites particuliers.



Carte 18 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS)

Aucun événement radiologique d'origine non naturelle n'a été observé par ce réseau en France pour l'année 2005. La radioactivité bêta globale des aérosols prélevés à proximité ou à distance des sites nucléaires restent très similaires.

Les écarts constatés sont dus essentiellement à la nature des terrains sur lesquels sont implantées les stations de prélèvements d'aérosols et non aux rejets des installations nucléaires.

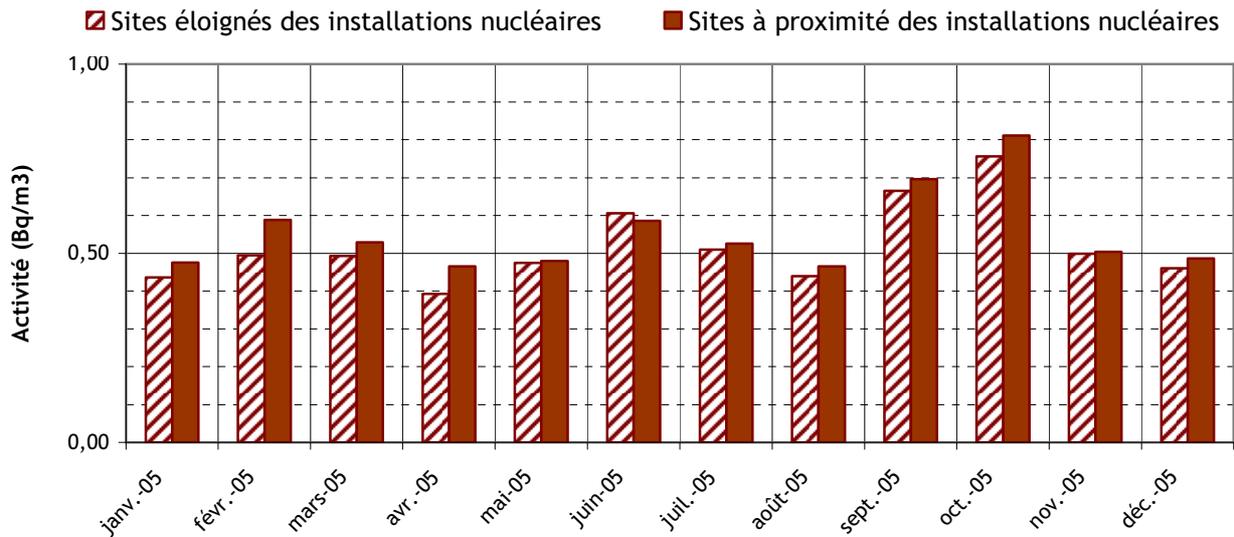
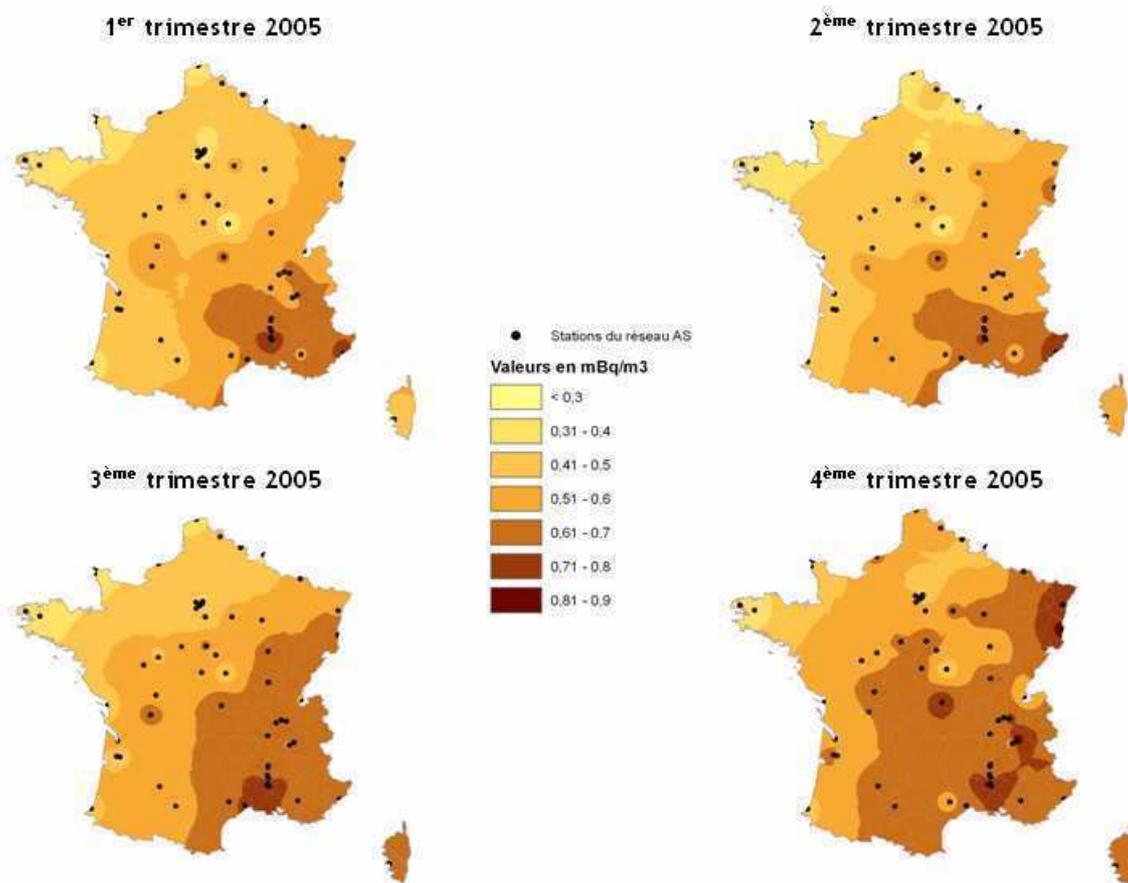


Figure 72 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol »

La présence de radionucléides émetteurs bêta naturels, et notamment les produits issus de la filiation du radon 222 (gaz radioactif naturel) présent dans l'air, dépend des événements climatiques (pluie, vent ...). Des fluctuations saisonnières de l'activité bêta globale naturelle des aérosols sont illustrées sur les cartes ci-après.



Carte 19 : Interprétation cartographique des moyennes trimestrielles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire

Globalement, il est intéressant de noter le gradient positif de l'activité volumique bêta globale d'ouest en est. Ce gradient est à rapprocher des gradients similaires observés en météorologie tels que ceux de la pression atmosphérique ou encore de l'humidité relative, relatifs au transport sur de longues distances des particules atmosphériques. Pour interpréter ces gradients, il faut également tenir compte des paramètres géologiques et pédologiques pour la remise en suspension de particules terrigènes à échelles locales.

Tableau 135 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols « AS »

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2004 (mBq/m ³)
ANGERS	-	-	-	0,28
AJACCIO	< 0,08	1,89 ± 0,17	0,56	0,54
BAUGY	< 0,08	8,19 ± 0,66	0,34	0,34
BELLENAVES	< 0,11	5,58 ± 0,50	0,69	0,54
BOURGES	< 0,10	4,82 ± 0,95	0,52	0,44
BIARRITZ	< 0,08	1,53 ± 0,14	0,45	0,38
BRIVE	-	-	-	-
LE BLAYAIS	< 0,15	1,33 ± 0,15	0,49	0,48
BEAUMONT	-	-	-	-
BRENNILIS	0,13 ± 0,04	1,78 ± 0,17	0,35	0,33
BORDEAUX (Fac de	0,19 ± 0,02	0,94 ± 0,08	0,49	0,43
BORDEAUX (Mérignac)	< 0,11	1,55 ± 0,16	0,51	0,48
BREST	< 0,06	1,59 ± 0,15	0,34	0,36
LE BUGEY	< 0,11	1,71 ± 0,43	0,60	0,53
BELLEVILLE-SUR-LOIRE	< 0,10	1,69 ± 0,16	0,54	0,42
CADARACHE	< 0,08	1,69 ± 0,16	0,61	0,49
CHINON	< 0,11	1,67 ± 0,16	0,53	0,42
CHOOZ B	< 0,16	1,77 ± 0,38	0,51	0,43
CHOOZ A	< 0,09	0,95 ± 0,10	0,30	0,36
CIVAUX	< 0,12	1,89 ± 0,18	0,56	0,46
CREYS-MALVILLE	< 0,12	1,99 ± 0,39	0,68	0,57
CRUAS	< 0,12	1,88 ± 0,18	0,62	0,50
CHALON-SUR-SAONE	0,15 ± 0,03	2,16 ± 0,18	0,62	0,52
CATTENOM	< 0,10	2,23 ± 0,20	0,56	0,49
DAMPIERRE-EN-BURLY	< 0,12	2,09 ± 0,19	0,61	0,46
EURODIF - TRICASTIN	< 0,14	2,24 ± 0,21	0,77	0,64
FESSENHEIM	< 0,17	1,96 ± 0,20	0,68	0,53
FLAMANVILLE	< 0,14	1,59 ± 0,17	0,40	0,37
FONTENAY-AUX-ROSES	< 0,08	1,27 ± 0,13	0,35	0,29

Tableau 135 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols « AS »

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2004 (mBq/m ³)
GRENOBLE	0,15 ± 0,04	2,63 ± 0,23	0,74	0,59
GOLFECH	< 0,13	1,57 ± 0,40	0,55	0,39
GRAVELINES	< 0,11	1,48 ± 0,16	0,39	0,34
LA HAGUE	< 0,07	1,58 ± 0,15	0,33	0,32
LILLE	< 0,11	2,11 ± 0,42	0,46	0,38
SITE DE LODEVE	0,17 ± 0,04	1,28 ± 0,10	0,56	0,46
LYON-SATOLAS	< 0,10	1,86 ± 0,18	0,57	0,52
MEAUDRE	0,11 ± 0,03	1,19 ± 0,12	0,50	0,46
MONTFAUCON	< 0,11	1,75 ± 0,38	0,67	0,55
MONTPELLIER	< 0,12	1,84 ± 0,17	0,66	0,57
MARCOULE	< 0,20	3,92 ± 0,34	0,94	0,78
MARTINIQUE	< 0,11	1,46 ± 0,15	0,47	0,42
MONTELMAR	< 0,10	1,88 ± 0,18	0,66	0,55
NICE	< 0,10	1,81 ± 0,17	0,70	0,62
NAINVILLE-LES-ROCHES	0,13 ± 0,02	1,47 ± 0,12	0,47	0,38
NOGENT-SUR-SEINE	< 0,13	1,89 ± 0,38	0,56	0,47
PALUEL	< 0,12	2,48 ± 0,25	0,49	0,38
PARIS (labo municipal)	< 0,11	2,07 ± 0,22	0,50	0,43
PARIS (bd Mac Donald)	0,09 ± 0,02	0,95 ± 0,20	0,29	0,28
PARIS (labo d'hygiène)	< 0,07	1,69 ± 0,17	0,45	0,39
PENLY	< 0,15	1,70 ± 0,19	0,45	0,40
PHENIX - MARCOULE	< 0,18	1,90 ± 0,22	0,72	0,68
PAUILLAC	< 0,14	1,19 ± 0,14	0,52	0,39
PREVESSIN	< 0,11	1,38 ± 0,12	0,54	0,48
PIERRELATTE	< 0,15	1,88 ± 0,18	0,66	0,55
LA REUNION	< 0,10	0,80 ± 0,09	0,26	0,23
LA ROCHELLE (Rhône)	0,11 ± 0,02	1,65 ± 0,16	0,47	0,41
SACLAY	< 0,11	1,73 ± 0,17	0,44	0,35
ST-LAURENT-DE-CERIS	0,09 ± 0,02	1,55 ± 0,15	0,58	0,45
ST-LAURENT-DES-EAUX	0,21 ± 0,06	1,76 ± 0,19	0,55	0,48
MAUBEUGE	< 0,10	1,93 ± 0,20	0,45	0,40
SOULAINES	0,13 ± 0,02	2,19 ± 0,20	0,57	0,44
SAINT-PIERRE-ET-	< 0,14	1,40 ± 0,16	0,40	0,35
ST-ALBAN	< 0,10	1,79 ± 0,17	0,58	0,51
STRASBOURG	< 0,16	1,97 ± 0,18	0,60	0,49

Tableau 135 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols « AS »

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2004 (mBq/m ³)
TAHITI	< 0,06	< 0,35	0,15	0,19
TOULOUSE	< 0,10	1,69 ± 0,16	0,53	0,45
TRICASTIN	< 0,16	1,46 ± 0,18	0,62	0,58
TOURS	< 0,09	1,73 ± 0,17	0,48	0,37
LE VESINET	0,12 ± 0,03	1,77 ± 0,20	0,47	0,41
VALDUC	0,11 ± 0,02	1,58 ± 0,37	0,53	0,44

Tableau 136 : Résultats d'analyse alpha globale des filtres aérosols « AS »

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2004 (mBq/m ³)
LE BLAYAIS	< 0,03	0,13 ± 0,04	0,09	0,09
BEAUMONT				
CADARACHE	< 0,02	0,14 ± 0,03	0,06	0,06
CREYS-MALVILLE	< 0,02	0,13 ± 0,03	0,07	0,06
DAMPIERRE-EN-BURLY	< 0,02	< 0,11	0,07	0,08
EURODIF - TRICASTIN	< 0,02	0,19 ± 0,04	0,08	0,07
FONTENAY-AUX-ROSES	< 0,01	0,08 ± 0,03	0,04	0,04
GRENOBLE	< 0,02	0,24 ± 0,05	0,08	0,06
GRAVELINES	< 0,03	0,15 ± 0,04	0,09	0,06
LA HAGUE	< 0,01	0,10 ± 0,03	0,05	0,05
SITE DE LODEVE	0,01 ± 0,00	0,10 ± 0,01	0,03	0,02
MARCOULE	< 0,02	< 0,27	0,10	0,10
PIERRELATTE	< 0,02	0,14 ± 0,03	0,07	0,07
LA ROCHELLE (Rhodia Chimie)	< 0,01	0,37 ± 0,06	0,05	0,05
SACLAY	< 0,02	0,16 ± 0,04	0,06	0,05
ST-LAURENT-DES-EAUX	< 0,03	0,10 ± 0,04	0,08	0,07
TRICASTIN	< 0,03	0,13 ± 0,05	0,09	0,09
LE VESINET	< 0,01	< 0,12	0,06	0,06
VALDUC	< 0,01	0,12 ± 0,03	0,04	0,03

Chaque fin de mois, tous les filtres quotidiens provenant d'une même station sont regroupés et compactés afin de réaliser une spectrométrie gamma. Aucune activité due à un radionucléide d'origine artificielle n'a été détectée en 2005. Seul le béryllium 7, radionucléide d'origine cosmogénique est détecté régulièrement.

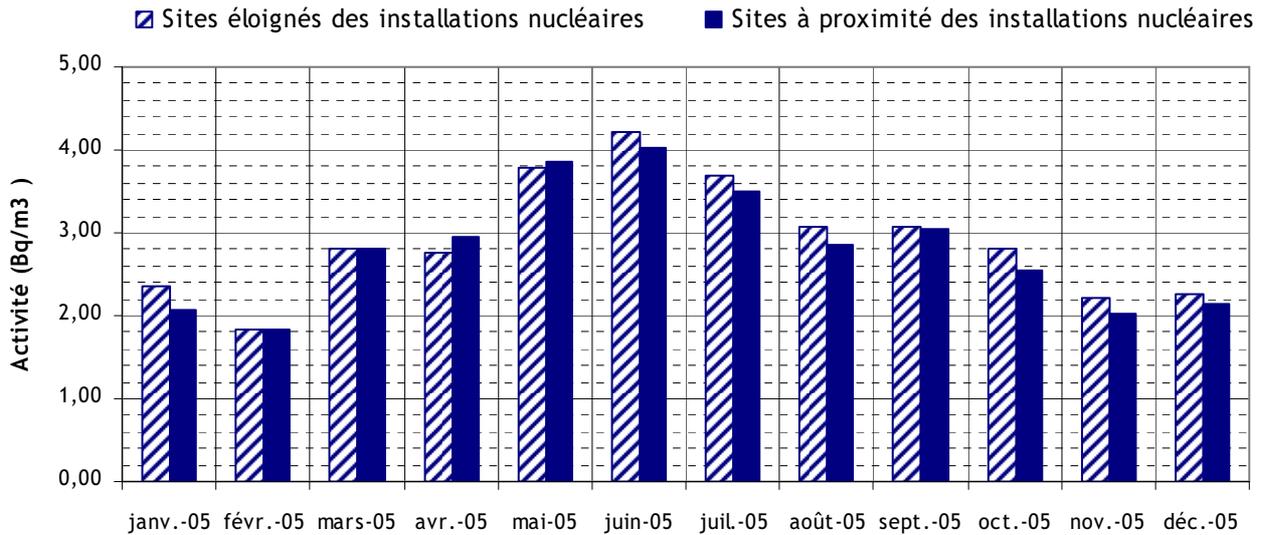


Figure 73 : Activités volumiques moyennes en ${}^7\text{Be}$ mesurées en 2005 par le réseau « Air au sol »

VIII.1.2.2 LE RESEAU SARA (SURVEILLANCE AUTOMATISEE DE LA RADIOACTIVITE DES AEROSOLS)

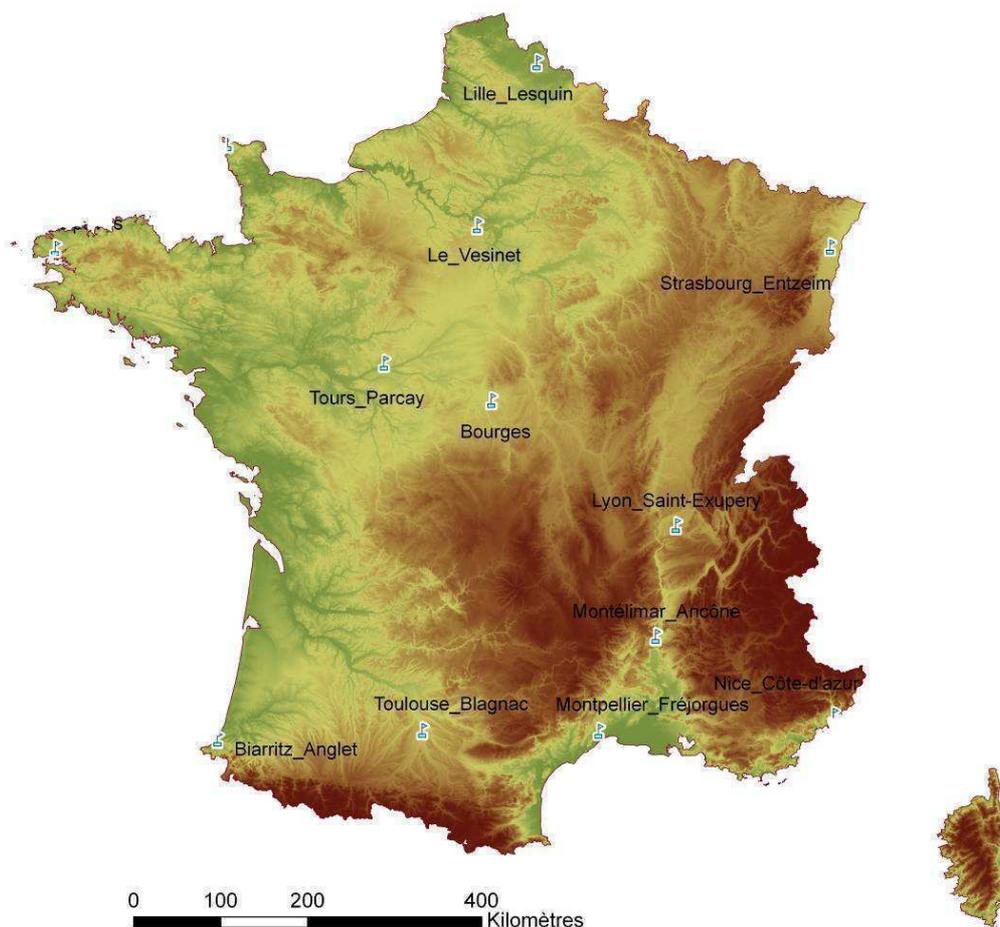
VIII.1.2.2.1. Présentation et implantation

Le réseau SARA est un réseau d'alerte radiologique qui mesure de façon automatisée et en continu la radioactivité des aérosols. Il doit permettre de rendre compte rapidement de toute contamination radioactive des aérosols dans l'environnement, susceptible d'induire un risque sanitaire pour les populations. Les stations sont composées d'une turbine d'aspiration et d'un boîtier électronique de mesure, permettant de détecter d'éventuels radionucléides émetteurs alpha et bêta artificiels mais également de quantifier les descendants naturels du radon.

Actuellement le réseau SARA est constitué de treize stations implantées sur des sites météorologiques.



Figure 74 : photo d'une balise SARA



Carte 20 : Implantation des stations du réseau SARA

VIII.1.2.2.2. Résultats du réseau SARA

En 2005, 115 000 spectres ont été acquis par le réseau de mesure en continu SARA et 600 000 valeurs d'activités volumiques ont été rapatriées.

Aucun événement dû à la présence de radionucléides d'origine artificielle n'a été mis en évidence par le réseau SARA.

Les graphiques suivants montrent l'évolution des activités volumiques mensuelles moyennes du radon 220 (issu de la filiation du thorium 232) et du radon 222 (issu de la filiation de l'uranium 238) au cours de l'année 2005. Ces deux radionucléides naturels sont issus des roches constitutives du substratum géologique et des sols. La proportion d'uranium 238 et de thorium 232 est liée à la nature de la roche caractéristique d'une région. Cependant le mode de dispersion de ces radionucléides, dont l'amplitude est directement liée aux conditions météorologiques, est le même quel que soit le lieu considéré.

Les figures suivantes rendent compte des activités de radionucléides tels que le plomb 210 (T=22,3 ans) et le bismuth 210 (T=5,01 jours), descendants du radon 222. Les résultats relatifs au radon 220 sont quant à eux issus de la détection des plomb 212, bismuth 212 et thallium 208.

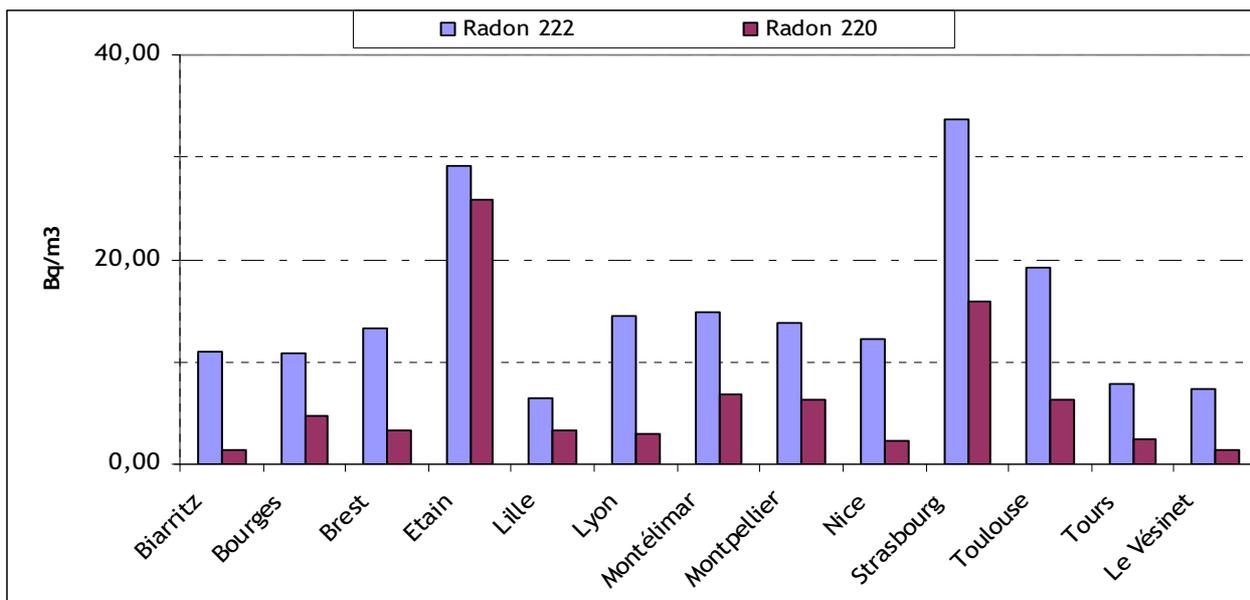


Figure 75 : Activités moyennes annuelles du radon 220 et du radon 222 mesurées par les stations du réseau SARA en 2005.

Le rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ des activités moyennes annuelles calculé pour chacun des sites d'implantation du réseau SARA, montre que les valeurs varient d'un site à l'autre. Ce rapport semble par ailleurs constant, d'une année sur l'autre, pour un même site. Il semble donc que le rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ soit spécifique de chaque lieu de prélèvement.

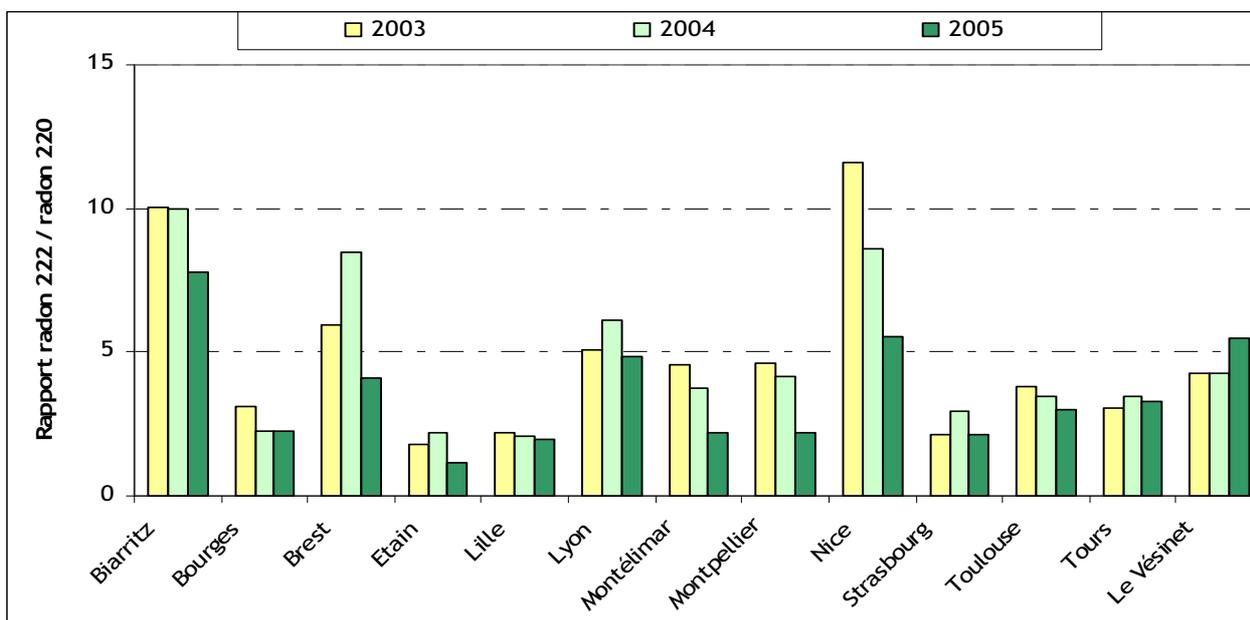


Figure 76 : Valeurs moyennes annuelles du rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ mesuré par les stations SARA en 2003, 2004 et 2005.

VIII. 1.3 LES EAUX DE PLUIES

Des prélèvements d'eau de pluie sont réalisés par des collecteurs installés sous les vents dominants des installations nucléaires, dans des stations de Météo France et dans des exploitations agricoles en métropole et dans les départements et territoires d'outre-mer.

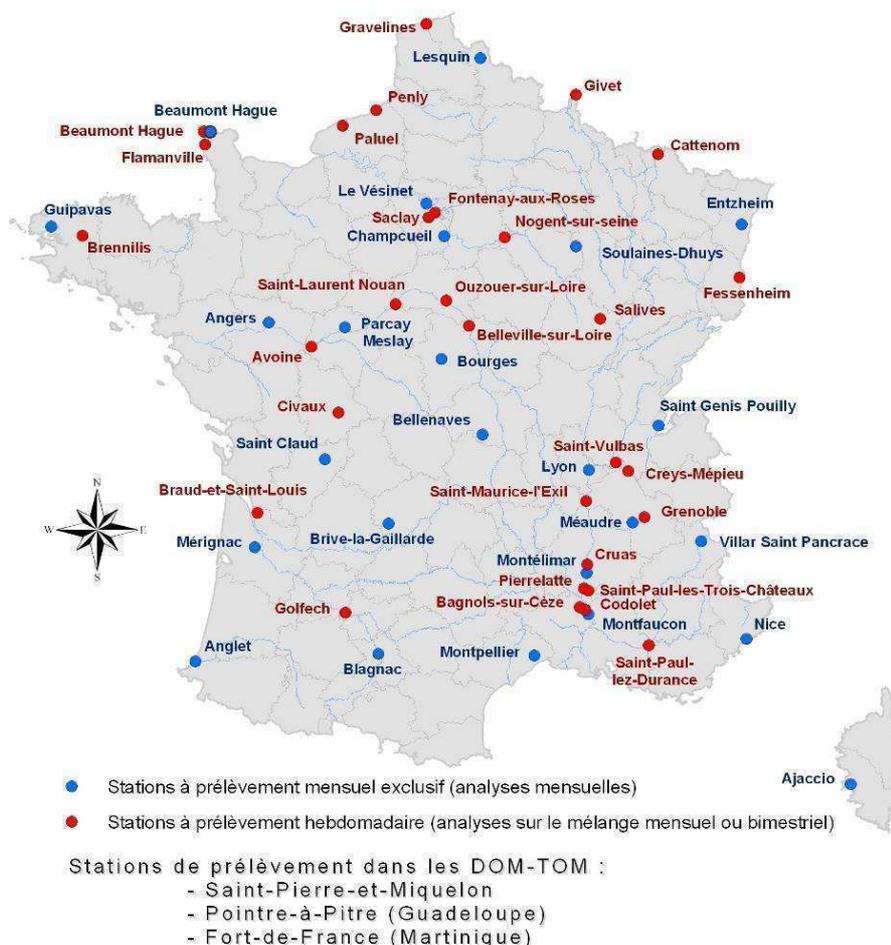
VIII.1.3.1 RESULTATS

Pour les résultats d'analyses des prélèvements d'eau de pluie réalisés sur des sites sous les vents dominants des installations nucléaires, on se référera aux paragraphes correspondants des chapitres V et VI. Pour les prélèvements d'eau de pluie réalisés sur des sites hors influence des installations nucléaires, les analyses réalisées en 2005 n'ont mis en évidence, comme les années précédentes, que la présence récurrente du béryllium 7, radionucléide d'origine cosmogénique, présent dans l'atmosphère lessivée par les pluies (voir les données aérosols). Sur 214 analyses de ⁷Be, 129 résultats étaient significatifs.

Tableau 137 : Résultats d'analyse des eaux de pluies collectées en 2005 sur des sites hors influence des INB

	Résultats dans l'eau brute	
	Minimum mensuel	Maximum mensuel
⁷ Be (Bq/l)	0,29 ± 0,17	3,40 ± 1,22
⁷ Be (GBq/km ²)	0,002 ± 0,001	0,59 ± 0,12

En plus de ce radionucléide, seul du tritium (³H) a été identifié à 2 reprises aux stations de Montfaucon (23 ± 4 Bq/l en novembre 2005 et 45 ± 5 Bq/l en décembre 2005) et de Montélimar (10 ± 3 Bq/l en novembre 2005 et 16 ± 3 Bq/l en décembre 2005). Pour l'ensemble des radionucléides, il n'y a pas d'écart enregistré entre les eaux de pluie collectées au voisinage des sites nucléaires et celles collectées en dehors des zones d'influence de ces installations.



Carte 21 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie

VIII.2. LE MILIEU CONTINENTAL

VIII.2.1 LES COURS D'EAU (FLEUVES ET RIVIERES)

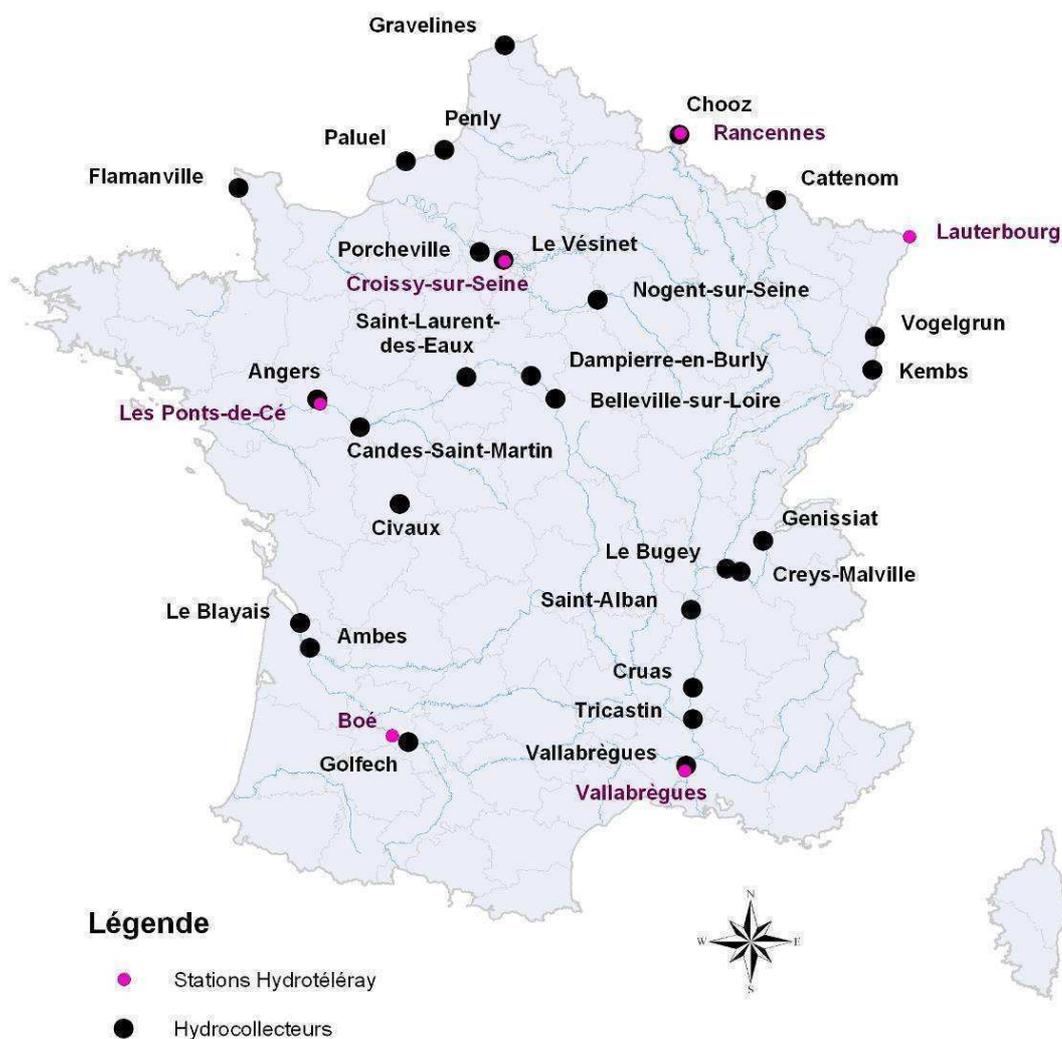
Dans le cadre de la surveillance des rivières et des fleuves, l'IRSN effectue des prélèvements complémentaires à ceux réalisés en amont et en aval de chaque installation nucléaire.

Cette surveillance est complétée par un dispositif entièrement automatisé qui assure une mesure en continu : le réseau hydrotéléray.

VIII.2.1.1 PRESENTATION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE DES RIVIERES ET DES LEUVES

VIII.2.1.1.1. Les réseaux de prélèvements

Pour les eaux de surface, l'échantillonnage est effectué soit manuellement de façon instantanée, soit de façon semi-automatisée (hydrocollecteurs) afin d'intégrer le prélèvement sur une durée déterminée. Au niveau de l'hydrocollecteur, des prélèvements de sédiments, de boues de décantation et de poissons sont également réalisés.



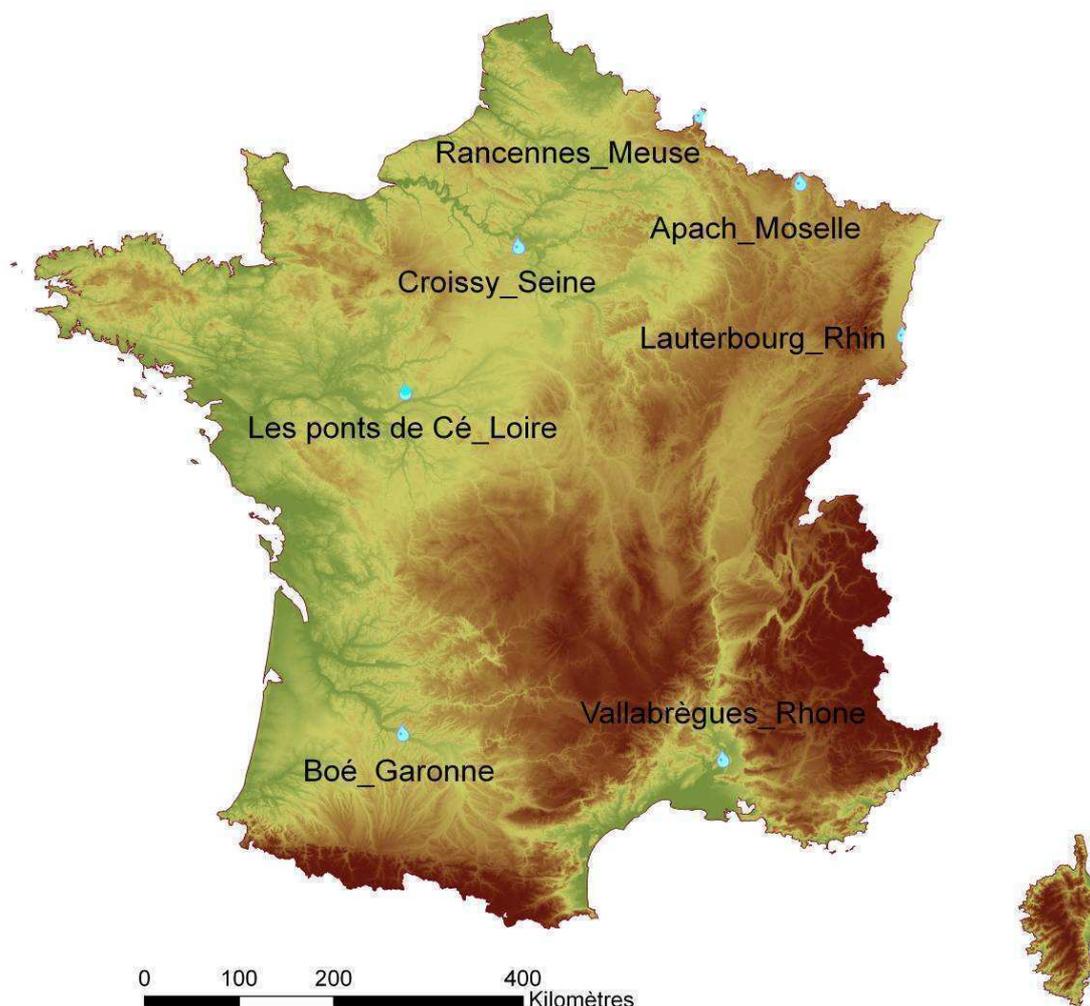
Carte 22 : Implantation des stations hydrotéléray et des hydrocollecteurs

VIII.2.1.1.2. Le réseau Hydrotéléray

Depuis 1993, le réseau Hydrotéléray assure la surveillance radiologique des eaux de surface continentales avant leur sortie du territoire français. Six fleuves font à l'heure actuelle l'objet d'une surveillance en continu en aval de toute installation nucléaire. Cette surveillance est assurée à :

- Angers (Ponts-de-Cé) sur la Loire ;
- Croissy-sur-Seine (Paris) ;
- Vallabrègues sur le Rhône ;
- Lauterbourg sur le Rhin ;
- Rancennes sur la Meuse ;
- Layrac (puis Agen - Boé à partir de mi 2005) sur la Garonne.

Une septième station a été installée sur la Moselle (Apach) à la fin de l'année 2005.



Carte 23 : Implantation des stations du réseau Hydrotéléray

L'eau du fleuve est pompée pour alimenter une cuve de 25 litres blindée avec du plomb afin de limiter l'influence des rayonnements gamma d'origine tellurique et cosmique (Figure 77). Un détecteur NaI (iodure de sodium) situé dans cette cuve permet de réaliser une spectrométrie gamma.

Les données sont ensuite traitées et stockées sur une carte électronique puis envoyées au PC centralisateur du site IRSN du Vésient *via* un modem.



Figure 77 : photo d'une station hydrotéléray

Pour chaque station, un spectre est acquis toutes les deux heures et analysé pour calculer les activités volumiques de l'iode 131, du césium 137 et du cobalt 60. Certains des radionucléides issus de la filiation du radon sont également détectés (plomb 214 et bismuth 214).

En cas d'anomalie, une alarme peut être déclenchée en une dizaine de minutes si une activité anormale est détectée dans l'une des régions d'intérêt du spectre gamma (régions dont les énergies correspondent aux radionucléides recherchés).

En 2005, aucune augmentation anormale d'activité n'a été détectée dans les eaux analysées par l'ensemble des stations du réseau (Tableau 138).

Tableau 138 : Résultats des mesures obtenues par les stations du réseau Hydrotéléray en 2005 (cumul des spectres de deux heures).

		AGEN (Garonne)			ANGERS (Loire)		
		Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD
Comptage gamma global	Coups.s⁻¹	6,65E+00	1,17E-03	-----	8,65E+00	1,11E-03	-----
Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	2,24E-02	8,82E-02	1,21E-02	1,99E-02
Plomb 214	Bq/l	-----	-----	2,69E-02	-----	-----	2,37E-02
Iode 131	Bq/l	-----	-----	1,23E-02	-----	-----	1,10E-02
Cesium137	Bq/l	-----	-----	1,28E-02	-----	-----	1,14E-02
Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	3,35E-02	-----	-----	2,85E-02
		CROISSY (Seine)			LAUTERBOURG (Rhin)		
		Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD
Comptage gamma global	Coups.s⁻¹	8,39E+00	1,08E-03	-----	8,48E+00	1,08E-03	-----
Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	1,98E-02	-----	-----	1,89E-02
Plomb 214	Bq/l	-----	-----	2,38E-02	-----	-----	2,28E-02
Iode 131	Bq/l	-----	-----	1,04E-02	-----	-----	1,05E-02
Cesium137	Bq/l	-----	-----	1,09E-02	-----	-----	1,09E-02
Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	2,71E-02	-----	-----	2,75E-02
		RANCENNES (Meuse)			VALLABREGUES (Rhône)		
		Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD
Comptage gamma global	Coups.s⁻¹	8,14E+00	1,06E-03	-----	7,25E+00	9,95E-04	-----
Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	1,88E-02	-----	-----	1,76E-02
Plomb 214	Bq/l	-----	-----	4,79E-01	-----	-----	2,10E-02
Iode 131	Bq/l	-----	-----	2,81E-01	-----	-----	9,59E-03
Cesium137	Bq/l	-----	-----	1,07E-02	-----	-----	1,00E-02
Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	2,70E-02	-----	-----	2,69E-02
Une nouvelle station a été installée début 2006 sur la Moselle en aval du CNPE de Cattenom à Apach AMD : activité minimum décelable							

VIII.2.1.2 GARONNE

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir de la station d'Ambès où est implanté un hydrocollecteur automatisé équipé d'un bac de décantation servant à recueillir les boues. Celle-ci est complétée par un prélèvement annuel de poissons de la Garonne en aval de la station de Ginestous.

VIII.2.1.2.1. Eau de surface

Les analyses réalisées sur les 12 prélèvements ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection (Tableau 139).

Tableau 139 : Résultats d'analyse des eaux de la Garonne à la station d'Ambès (point R2 116 GA)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	< 0,04	< 0,15	-	0/60
Eau filtrée	³ H	6,1 ± 1,6	< 8,2	-	4/12
	α global	< 0,02	< 1,20	-	0/12
	β global	0,18 ± 0,05	2,50 ± 0,60	-	5/12
	K (mg/l)	2,8 ± 0,2	43,0 ± 0,3	16,6	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.2.1.2.2. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges trimestriels de boues de décantation de la Garonne prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Ambès (Figure 78).

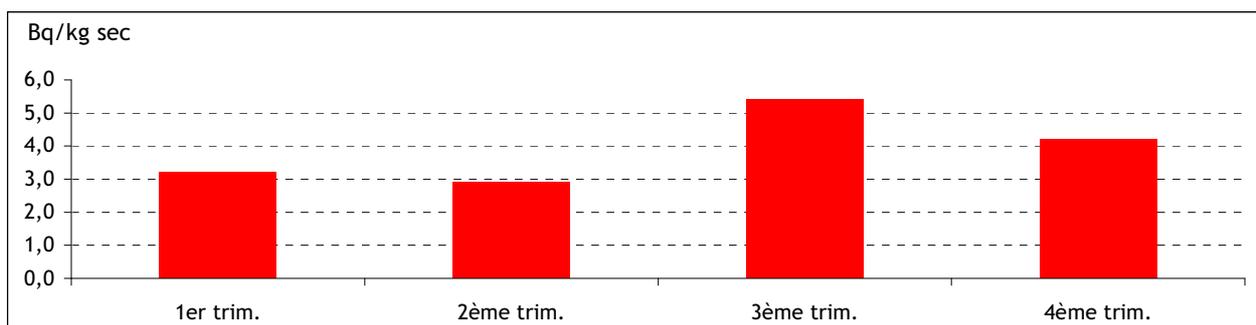


Figure 78 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées dans la Garonne à Ambès (SD 116 GA)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides des CNPE du Blayais et de Golfech. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

VIII.2.1.2.3. Poissons

Toutes les activités des radionucléides mesurés dans un mélange de brèmes et de chevaines prélevés en juin 2005 dans la Garonne, en aval de la station de Ginestous, sont restées inférieures aux limites de détection.

VIII.2.1.3 GIRONDE

La surveillance de la Gironde s'opère à partir de prélèvements d'eau de surface effectués en aval du CNPE du Blayais (voir V.7.1.2.2) et de prélèvements de sédiments.

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les prélèvements mensuels de sédiments effectués dans la Gironde à Vitrezay (Figure 79).

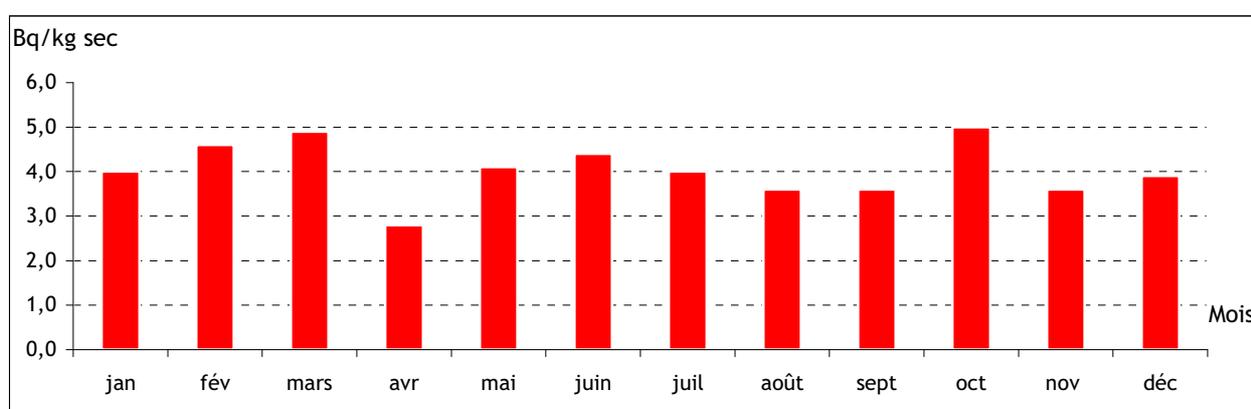


Figure 79 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2005 dans la Gironde à Vitrezay (SR 186)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides du CNPE du Blayais. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

VIII.2.1.4 LOIRE

En plus des stations de surveillance implantées en amont et aval des 4 CNPE de la Loire (Belleville-sur-Loire, Dampierre-en-Burly, Saint-Laurent-des-Eaux et Chinon - voir V.7.9.1.3), la surveillance de ce fleuve est assurée par un hydrocollecteur équipé d'un bac de décantation servant à recueillir les boues qui est installé aux Ponts-de-Cé. Il est doublé d'un système Hydrotéléray. En complément, un prélèvement d'eau est réalisé chaque trimestre en aval de la ville de Nantes.

VIII.2.1.4.1. Eaux de surface des Ponts-de-Cé

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements des mois de mai, septembre, octobre et décembre. Huit prélèvements intégrés ont été effectués en 2005.

Les trois valeurs significatives en tritium (17 Bq/l en juillet, 30 Bq/l en août et 50 Bq/l en novembre) sont dues aux rejets en tritium des CNPE situés en amont sur la Loire et sur la Vienne.

Tableau 140 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire à la station des Ponts-de-Cé (point R1 46 LOV)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	< 0,045	< 0,150	-	0/40
Eau filtrée	³ H	< 9,3	50 ± 5	-	3/8
	α global	< 0,023	0,039 ± 0,009	-	3/8
	β global	< 0,15	0,22 ± 0,04	0,18	7/8
	K (mg/l)	3,7 ± 0,2	5,4 ± 0,3	4,6	8/8

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

En ce qui concerne la station située en aval de Nantes (4 prélèvements), aucune activité artificielle n'a été détectée au-dessus des limites de détection. Les activités bêta globales sont dues à la présence de l'isotope 40 du potassium (Tableau 141).

Tableau 141 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire à la station de Nantes (point R 168 LO)

	Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
¹³¹ I	< 0,29	< 0,40	-	0/4
β global	0,21 ± 0,04	0,30 ± 0,05	0,24	4/4
K (mg/l)	5,0 ± 0,2	8,8 ± 0,3	6,8	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.2.1.4.2. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans 9 des 12 mélanges mensuels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé aux Ponts-de-Cé (Figure 80).

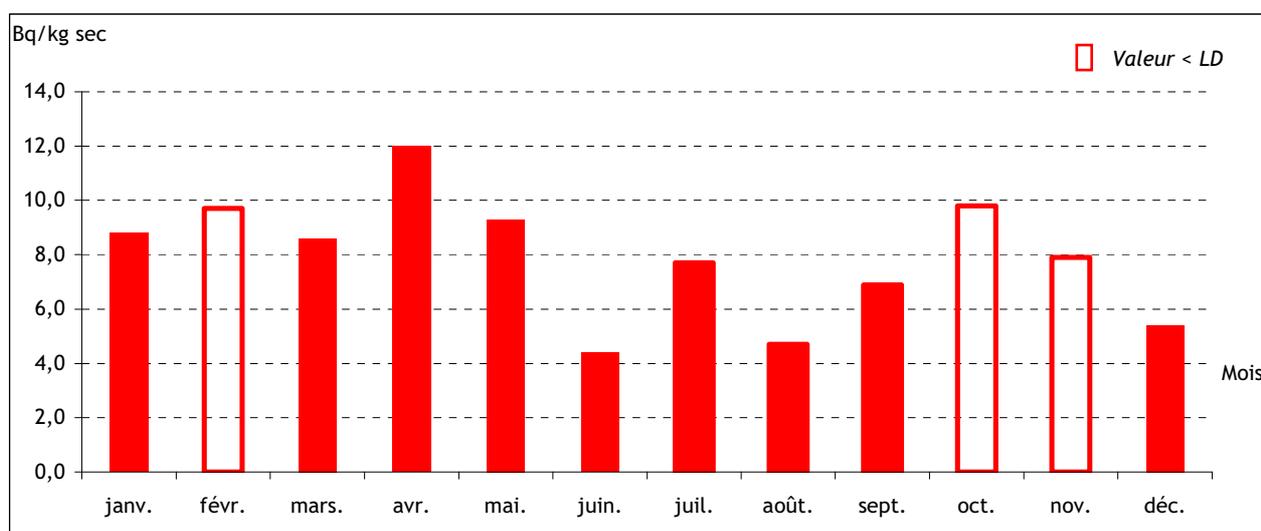


Figure 80 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation de la Loire aux Ponts-de-Cé (SD 46 LOV)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides des CNPE de situés sur la Loire (Belleville-sur-Loire, Dampierre-en-Burly, Saint-Laurent-des-Eaux et Chinon).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2005.

VIII.2.1.5 MEUSE

La surveillance de la Meuse s'effectue à partir de prélèvements d'eaux de surface en amont du CNPE de Chooz et à Rancennes. Cette station, implantée en aval du CNPE, est équipée d'un hydrocollecteur avec un bac de décantation servant à recueillir les boues et d'un système Hydrotéléray. Les résultats sont consultables dans le chapitre consacré à la surveillance du CNPE de Chooz (voir V.7.5.2).

VIII.2.1.6 MOSELLE

La surveillance de la Moselle s'effectue à partir de prélèvements d'eaux de surface en amont du CNPE de Cattenom et à Berg-sur-Moselle. Cette station, implantée en aval du CNPE, est équipée d'un hydrocollecteur avec un bac de décantation servant à recueillir les boues. Les résultats sont à consulter au chapitre V.7-6.

VIII.2.1.7 RHONE

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir des stations de surveillance des sites de Marcoule et de Pierrelatte, de Creys-Malville, du Bugey, et des CNPE de Saint-Alban, de Cruas et du Tricastin. Ces résultats sont disponibles au chapitre V.

Dans le cadre de la surveillance des rejets hospitaliers en aval de la ville de Lyon, des prélèvements mensuels de sédiments du Rhône sont effectués à Grigny. Des prélèvements d'eau et de boue de décantation sont réalisés en amont des INB au barrage de Génissiat (Ain) et en aval des INB au barrage de Vallabrègues (Gard).

VIII.2.1.7.1. Aval de la ville de Lyon

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les prélèvements de sédiments du Rhône effectués à Grigny en 2005 (Figure 81).

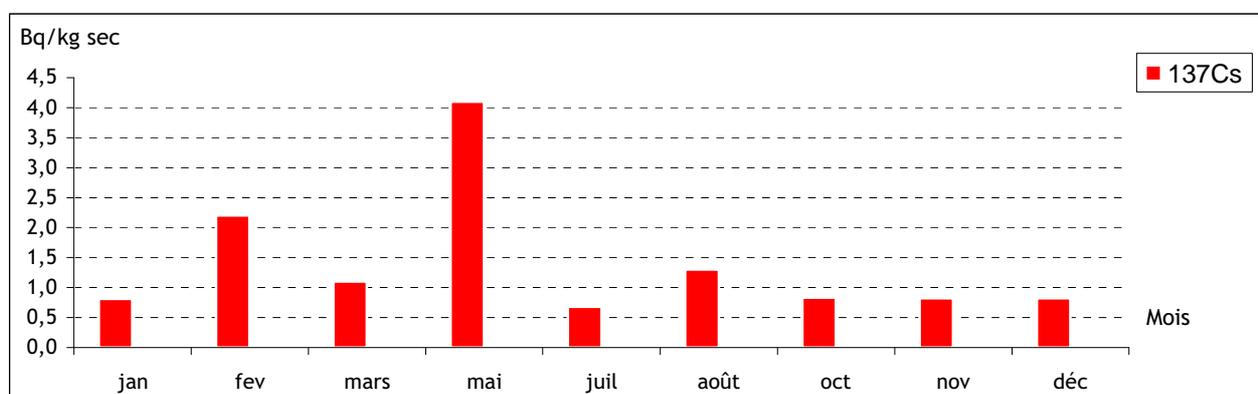


Figure 81 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments prélevés dans le Rhône à Grigny (SR 78 RO)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes n'est pas imputable aux rejets hospitaliers de la ville de Lyon. Elle s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides de Creys-Malville et du CNPE du Bugey.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés.

VIII.2.1.7.2. Station de Génissiat

Douze prélèvements intégrés d'eau de surface ont été effectués en 2005 à la station de Génissiat. Les analyses réalisées ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection. La teneur en uranium dans ces eaux, mesurée annuellement au mois de février ($0,94 \pm 0,19 \mu\text{g/l}$), explique l'activité alpha globale mesurée (Tableau 142).

Tableau 142 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône à la station de Génissiat (point R1 139 RO)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (^{54}Mn , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{124}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	< 0,042	< 0,280	-	0/72
Eau filtrée	^3H	< 9,0	< 12,0	-	0/12
	α global	$0,026 \pm 0,008$	$0,048 \pm 0,010$	0,034	10/12
	β global	< 0,11	< 0,14	-	4/12
	K (mg/l)	$1,8 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$	2,0	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour 4 des mélanges mensuels de boue de décantation analysés en 2005 avec une valeur minimale de $3,4 \pm 1,5 \text{ Bq/kg sec}$ et une valeur maximale de $8,4 \pm 3,0 \text{ Bq/kg sec}$. Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et les retombées des essais nucléaires passés.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés.

VIII.2.1.7.3. Station de Vallabrègues

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements des mois de juin à décembre 2005. Une solution palliative a consisté à effectuer des prélèvements instantanés durant cette période.

Les analyses réalisées ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection en dehors du tritium (Tableau 143).

Tableau 143 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône à la station de Vallabrègues (point R1 135 RO)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (^{60}Co , ^{106}Ru , ^{124}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	< 0,04	< 4,5	-	0/40
	^{90}Sr	< 0,005	< 0,059	-	0/8
Eau filtrée	^3H	< 9,0	< 12,0	-	2/8
	α global	< 0,024	< 0,033	-	0/8
	β global	< 0,11	$0,14 \pm 0,04$	-	1/8
	K (mg/l)	$2,0 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,2$	2,3	8/8

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Des traces de césium 137 et de cobalt 60, radionucléides artificiels, ont été décelées dans tous les mélanges mensuels des boues de décantation du Rhône (Figure 82).

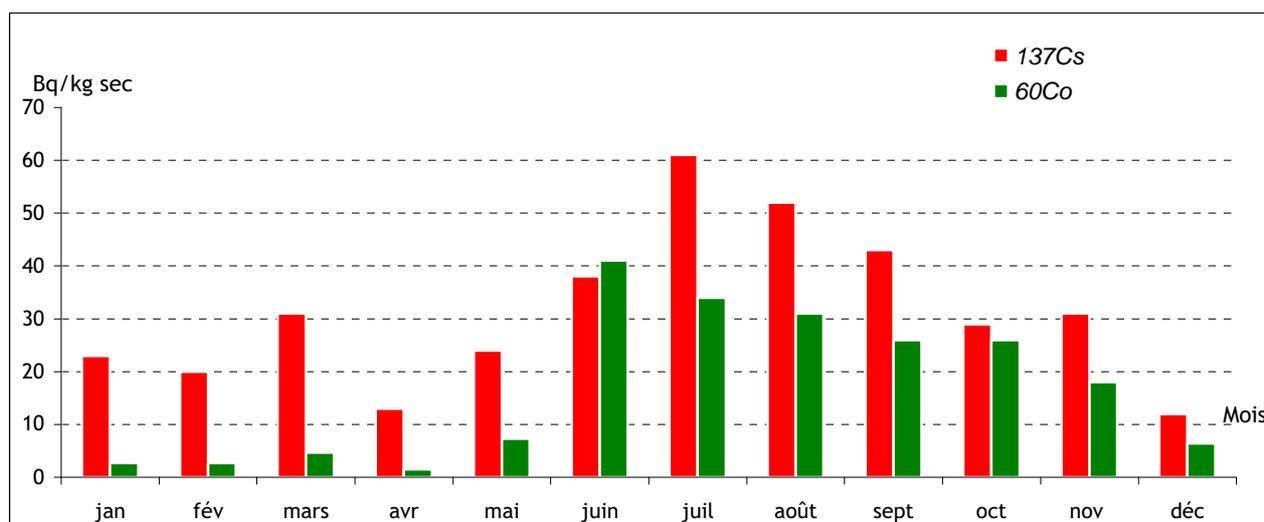


Figure 82 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides des INB situées sur le Rhône (sites AREVA de Marcoule et Pierrelatte, CNPE de Creys-Malville, du Bugey, de Saint-Alban, de Cruas et du Tricastin). Le cobalt 60 décelé est également un produit d'activation présent dans les rejets liquides de ces INB.

Concernant les autres radionucléides artificiels, des traces de plutonium 238 ont été décelées dans 8 des 12 mélanges mensuels analysés, ainsi que des traces de plutonium 239+240 et d'américium 241 dans pratiquement tous les mélanges mensuels analysés (Tableau 144).

Tableau 144 : Résultats d'analyse des boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)

	Résultats (Bq/kg sec)			
	Min. mensuel	Max. mensuel	Moyenne	*
²³⁸ Pu	0,17 ± 0,06	0,59 ± 0,16	0,43	8/12
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	0,19 ± 0,07	1,3 ± 0,3	0,69	11/12
²⁴¹ Am	0,29 ± 0,11	1,2 ± 0,3	0,61	10/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces activités qui sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par l'incidence des rejets liquides des sites AREVA de Marcoule et Pierrelatte. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés.

VIII.2.1.8 RHIN

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir de la station de surveillance du CNPE de Fessenheim. Ces résultats sont disponibles au chapitre V.

En complément, des prélèvements d'eaux sont réalisés à Seltz (Bas Rhin) ainsi qu'un prélèvement annuel de sédiments fait en aval du barrage de Gambshheim.

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements d'eau de surface des mois d'avril, juillet à septembre, novembre et décembre 2005. Six prélèvements intégrés ont été réalisés en 2005.

Les analyses réalisées ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection (Tableau 145). La teneur en uranium pondéral dans ces eaux, mesurée annuellement au mois de mai, est de $0,81 \pm 0,16 \mu\text{g/l}$.

Tableau 145 : Résultats d'analyse des eaux du Rhin à la station de Seltz (point R1 136 RIV)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹²⁴ Sb, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	< 0,050	< 0,620	-	0/36
Eau filtrée	³ H	< 9,0	< 12,0	-	0/6
	α global	< 0,023	< 0,031	-	0/6
	β global	< 0,11	< 0,15	-	0/6
	K (mg/l)	2,8 ± 0,1	3,3 ± 0,2	3,1 ± 0,4	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans le prélèvement annuel de sédiments du Rhin fait en janvier en aval du barrage de Gamsheim ($6,2 \pm 0,8$ Bq/kg sec). Elles sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes et s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et les retombées des essais nucléaires passés.

Toutes les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures aux limites de détection.

VIII.2.1.9 SEINE

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir des stations en amont et en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (résultats disponibles au paragraphe V) et par des prélèvements semi-automatisés d'eaux de surface et de boues de décantation à Croissy-sur-Seine et à Porcheville (Yvelines). Le dispositif hydrotéléray de Croissy-sur-Seine et des prélèvements ponctuels à Conflans-Saint-Honorine complètent cet ensemble.

VIII.2.1.9.1. Station de Croissy sur Seine

VIII.2.1.9.1.1. Eau de surface

Les analyses réalisées sur les 12 prélèvements intégrés ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection. La teneur en uranium dans ces eaux, mesurée annuellement au mois de juin, est inférieure aux limites de détection.

Tableau 146 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à la station de Croissy-sur-Seine (point R1 15 SE)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁶⁰ Co, ⁵⁸ Co, ¹³⁷ Cs)	< 0,048	< 0,150	-	0/36
	⁹⁰ Sr	< 0,005	< 0,008	-	0/10
Eau filtrée	³ H	< 9,4	16 ± 3	-	3/12
	α global	< 0,026	< 0,037	-	0/4
	β global	< 0,12	< 0,16	0,14	6/12
	K (mg/l)	2,9 ± 0,1	4,5 ± 0,2	3,7	12/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.2.1.9.1.2. Boue de décantation

Des traces ou la présence d'Iode 131 et des traces de césium 137, radionucléides artificiels, ont été décelées dans pratiquement tous les mélanges mensuels des boues de décantation de la Seine (Figure 83).

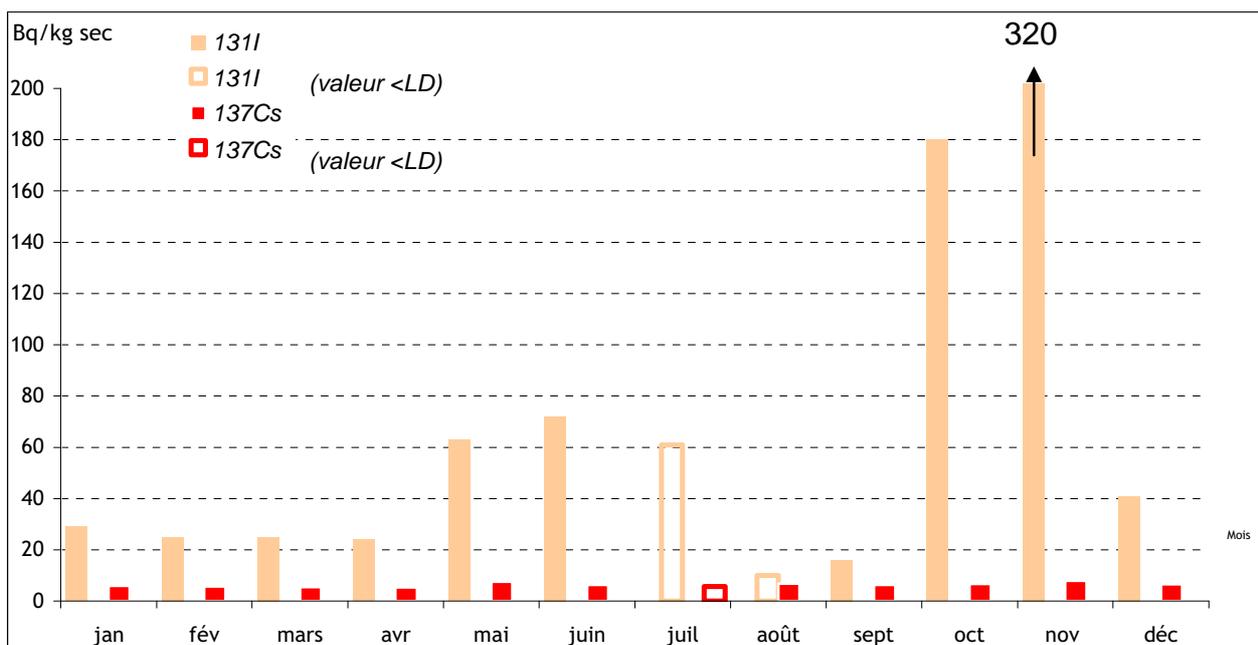


Figure 83 : Activités en ^{131}I et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées à Croissy sur Seine (SD 15 SE)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides du CNPE de Nogent-sur-Seine. La présence d'iode 131 est imputable aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés.

VIII.2.1.9.2. Station de Porcheville

VIII.2.1.9.2.1. Eaux de surface

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements des mois de février, mars et avril 2005. Neuf prélèvements intégrés ont été réalisés en 2005.

Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à la station de Porcheville (point R1 190 SE)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (^{60}Co , ^{58}Co , ^{137}Cs)	< 0,045	< 0,110	-	0/27
Eau filtrée	^3H	< 9,4	$13,0 \pm 2,9$	-	1/9
	α global	< 0,028	< 0,030	-	0/3
	β global	< 0,16	$0,25 \pm 0,04$	0,20	8/9
	K (mg/l)	$4,3 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,3$	5,8	9/9

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les analyses réalisées ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection. La radioactivité bêta globale, systématiquement significative, s'explique par la contribution de l'isotope naturel de masse 40 du potassium (Tableau 147).

VIII.2.1.9.2. Boue de décantation

Des traces d'iode 131, radionucléide artificiel, ont été décelées dans les 9 mélanges mensuels de boues de décantation de la Seine analysés en 2005. Des traces de césium 137, autre radionucléide artificiel, ont également été relevées pour 7 d'entre eux (Figure 84).

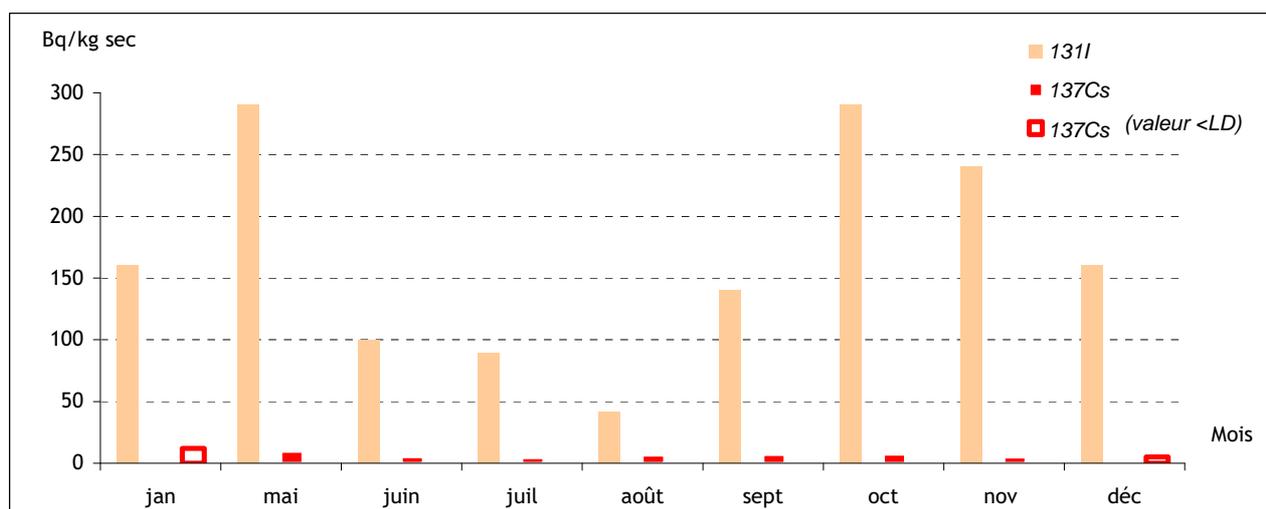


Figure 84 : Activités en ¹³¹I et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 à Porcheville (SD 190 SE)

L'activité en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, les retombées des essais nucléaires passés ainsi que par l'incidence des rejets liquides du CNPE de Nogent-sur-Seine. La présence d'iode 131 est imputable aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les mélanges analysés.

VIII.2.1.9.3. Station de Conflans-Sainte-Honorine

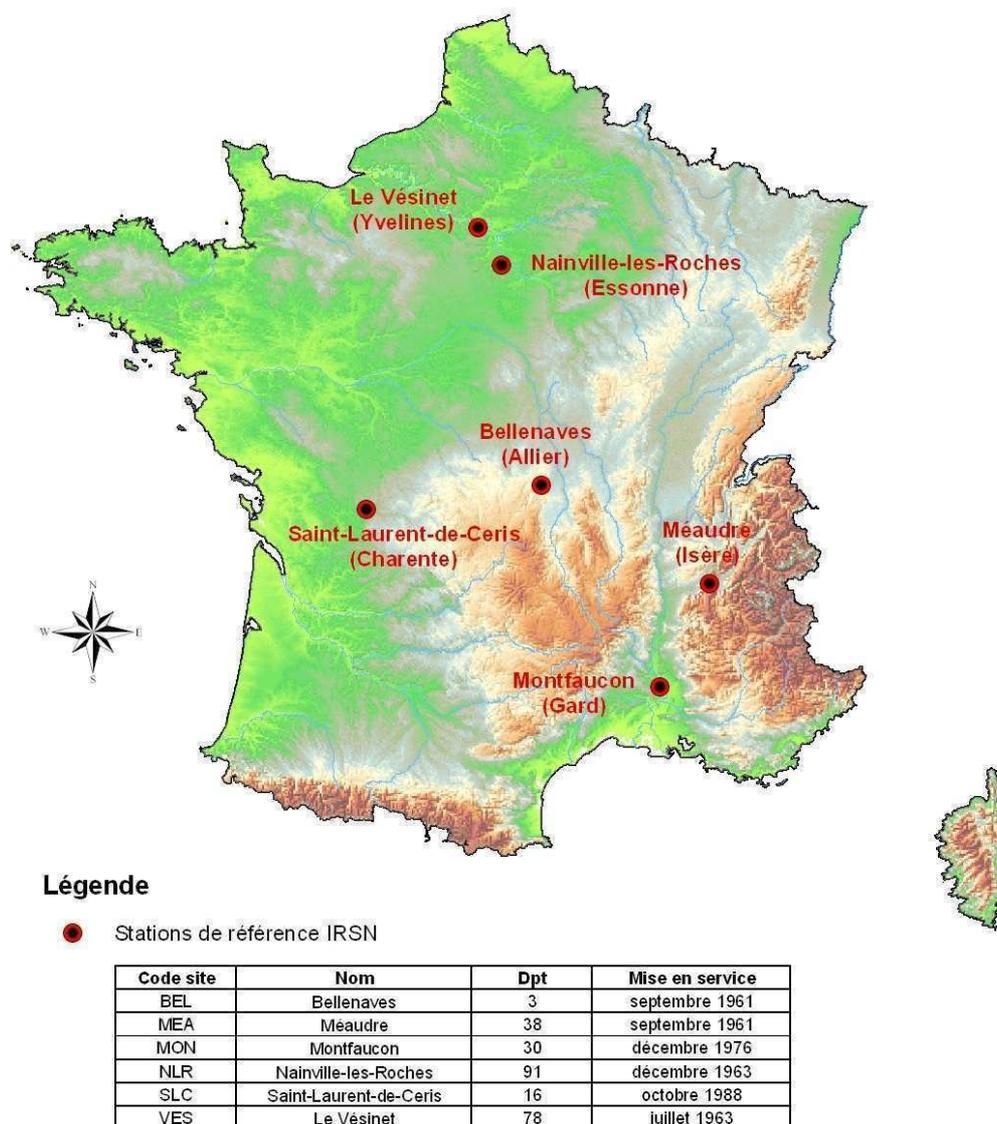
Les analyses réalisées sur les 52 prélèvements ponctuels d'eau de surface ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection. La radioactivité bêta globale, systématiquement significative, s'explique par la contribution de l'isotope naturel du potassium (Tableau 148).

Tableau 148 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à Conflans-Ste-Honorine (point R1 621 SE)

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma (¹³¹ I)	< 0,12	< 0,68	-	3/51
Eau filtrée	β global	0,13 ± 0,04	0,29 ± 0,05	0,19	49/51
	K (mg/l)	4,2 ± 0,2	7,4 ± 0,4	5,5	51/51

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.2.2 LES STATIONS DE SUIVI CONTINENTAL TERRESTRE



Carte 24 : Implantation des stations de suivi continental terrestre de l'IRSN

Des prélèvements de sols, de végétaux terrestres, de lait de vache et d'os de lapin sont effectués au niveau de 6 stations de suivi de la métropole situées à Méaudre, Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves, Saint-Laurent-de-Céris et sur le site IRSN du Vésinet selon un cahier des charges spécifique à chaque station.

VIII.2.2.1 SOLS

Des prélèvements trimestriels de sol sont réalisés au niveau des stations de Méaudre, Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves, Saint-Laurent-de-Céris et sur le site IRSN du Vésinet. La présence de radionucléides artificiels a été décelée dans tous les prélèvements analysés.

Tableau 149 : Résultats d'analyse des sols (stations de suivi continental)

Station	Résultats (Bq/kg sec)								
	¹³⁷ Cs			²¹⁴ Bi			²²⁸ Ra		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
Méaudre	41 ± 5	49 ± 5	45	36 ± 4	40 ± 5	38	30 ± 4	30 ± 4	30
Montfaucon	9,2 ± 1,1	20 ± 2	13	27 ± 3	36 ± 4	33	22 ± 3	42 ± 5	34
Nainville-les-Roches	3,7 ± 0,6	4,4 ± 0,6	4,0	13 ± 1,8	16 ± 2	14	19 ± 3	23 ± 3	21
Bellenaves	6,3 ± 0,9	17 ± 2	14	43 ± 5	50 ± 6	48	70 ± 8	79 ± 9	75
Saint-Laurent-de-Céris	15 ± 2	19 ± 3	17	49 ± 5	58 ± 7	53	56 ± 6	61 ± 7	59
Le Vésinet	6,0 ± 0,8	6,9 ± 0,9	6,6	14 ± 2	17 ± 2	15	16 ± 2	23 ± 3	20

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005.

Pour chaque station, un mélange annuel de ces prélèvements trimestriels est réalisé en vue de la détermination du strontium 90, autre radionucléide artificiel. La présence de ce radionucléide a été décelée pour 5 d'entre elles (Tableau 150). Pour la station de Nainville-les-Roches, l'activité observée est restée inférieure à la limite de détection. Ces activités s'expliquent essentiellement par les retombées des essais nucléaires atmosphériques passés.

Tableau 150 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr dans les sols (stations de suivi continental)

Station	Résultats (Bq/kg sec)
	⁹⁰ Sr
Méaudre	1,5 ± 0,2
Montfaucon	1,2 ± 0,2
Bellenaves	2,2 ± 0,3
Saint-Laurent-de-Céris	21 ± 2
Le Vésinet	1,3 ± 0,2

VIII.2.2.2 VEGETAUX TERRESTRES

Pour les stations de Méaudre, Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves, Saint-Laurent-de-Céris et du site IRSN du Vésinet, des prélèvements de végétaux terrestres (herbe) sont effectués chaque mois sauf en cas d'absence de végétation.

Les analyses réalisées sur ces prélèvements ont permis de mettre en évidence des traces de césium 137, radionucléide artificiel, dans certains d'entre eux (Tableau 151).

Tableau 151 : Résultats d'analyse en ^{137}Cs dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)

Station	Mois	^{137}Cs (Bq/kg sec)
Méaudre	novembre	1,2 ± 0,6
Montfaucon	mars, avril et décembre	1,3 ± 0,6 à 6,6 ± 1,1
Saint-Laurent-de-Céris	décembre	0,70 ± 0,40

La présence de béryllium 7 a été décelée dans tous les prélèvements des stations de Méaudre, Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves et du site IRSN du Vésinet, ainsi que dans 7 des 12 prélèvements de la station de Saint-Laurent-de-Céris (Tableau 152).

Tableau 152 : Résultats d'analyse en ^7Be dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)

Station	^7Be (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
Méaudre	42 ± 8	270 ± 30	160	6/6
Montfaucon	29 ± 7	270 ± 30	100	10/10
Nainville-les-Roches	40 ± 10	390 ± 40	210	12/12
Bellenaves	65 ± 13	230 ± 30	140	11/11
Saint-Laurent-de-Céris	10 ± 5	130 ± 20	70	7/12
Le Vésinet	16 ± 5	200 ± 20	110	11/11

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2005. Des analyses complémentaires effectuées 2 fois par an ont révélé des activités significatives en strontium 90 (Tableau 153).

Tableau 153 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr des végétaux terrestres (stations de suivi continental)

Station	Date d'analyse	Valeur maximale (Bq/kg sec)
		^{90}Sr
Méaudre	juin et octobre	2,2 ± 0,3
Montfaucon	mai et octobre	4,9 ± 0,6
Nainville-les-Roches	mai et octobre	1,6 ± 0,2
Bellenaves	mai et octobre	1,5 ± 0,2
Saint-Laurent-de-Céris	mai et octobre	4,2 ± 0,5
Le Vésinet	mai et octobre	1,4 ± 0,2

Ces activités, qui sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent essentiellement par les retombées des essais nucléaires atmosphériques passés.

VIII.2.2.3 LAITS

Pour les stations de Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves, Saint-Laurent-de-Céris et du site IRSN du Vésinet, des mélanges bimensuels de lait de vache sont réalisés chaque mois.

Pour tous les mélanges mensuels analysés, les activités en césium 134 et en césium 137, radionucléides artificiels, sont restées inférieures aux limites de détection. Des analyses plus détaillées effectuées en mars, juin, septembre et décembre ont permis de mettre en évidence des traces de strontium 90 pour 3 des 4 mélanges de la station de Bellenaves (Tableau 154).

Tableau 154 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr des laits de la station de Bellenaves

	Résultats (en Bq/l)			
	Min. mensuelle	Max. mensuelle	Moyenne	*
⁹⁰ Sr	0,078 ± 0,011	0,098 ± 0,010	0,087	3/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Pour la station de Saint-Laurent-de-Céris, des traces de strontium 90, pour le mélange réalisé en septembre, ont été mise en évidence (0,046 ± 0,009 Bq/l). Pour les 3 autres stations, les activités en strontium 90 sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

VIII.2.2.4 OS DE LAPIN

Pour les stations de Méaudre, Montfaucon, Nainville-les-Roches, Bellenaves et Saint-Laurent-de-Céris, des mélanges annuels sont constitués à partir de prélèvements trimestriels d'os de lapin d'élevage en vue de la détermination du strontium 90. Des traces de ce radionucléide artificiel ont été décelées pour les 5 stations (Tableau 155).

Tableau 155 : Résultats d'analyse de ⁹⁰Sr des os de lapin (stations de suivi continental)

Station	⁹⁰ Sr (Bq/g de cendres)	⁹⁰ Sr (Bq/g de calcium)
Méaudre	0,018 ± 0,002	0,048
Montfaucon	0,018 ± 0,002	0,047
Nainville-les-Roches	0,014 ± 0,002	0,047
Bellenaves	0,011 ± 0,002	0,027
Saint-Laurent-de-Céris	0,039 ± 0,004	0,10

VIII.2.2.5 LES STATIONS DE SUIVI OUTRE-MER

Des prélèvements de végétaux terrestres (herbe) sont effectués chaque mois au niveau de 2 stations de suivi situées à Fort-de-France (Martinique) et à Pointe-à-Pitre (Guadeloupe). Les analyses mensuelles réalisées sur tous les prélèvements ont permis de mettre en évidence de faibles activités en césium 137, radionucléide artificiel, dans 7 des 10 prélèvements provenant de la Martinique, ainsi que dans 4 des 12 prélèvements provenant de la Guadeloupe (Tableau 156).

Tableau 156 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer

Station	¹³⁷ Cs (Bq/kg sec)			
	Min.	Max.	Moyenne	*
Martinique	1,7 ± 0,7	5,2 ± 1,0	3,1	7/10
Guadeloupe	1,0 ± 0,5	31 ± 3	-	4/12

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

La présence de béryllium 7 a été mise en évidence dans tous les prélèvements analysés pour les 2 stations (Tableau 157).

Tableau 157 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer

Station	⁷ Be (Bq/kg sec)		
	Min.	Max.	Moyenne
Martinique	44 ± 8	210 ± 25	120
Guadeloupe	38 ± 8	250 ± 30	120

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements mensuels effectués en 2005. Des analyses complémentaires en strontium 90 ont été réalisées en mai et octobre. Les activités observées pour ce radionucléide artificiel sont toutes restées inférieures aux limites de détection pour les 2 stations.

VIII.2.3 CAS PARTICULIER DES RIZIERES DE CAMARGUE

Dans le cadre de la surveillance des rizières irriguées par l'eau du Petit et du Grand Rhône et ainsi que par l'eau du canal de Vignerat, 3 prélèvements annuels de terre de rizière et un prélèvement de riz paddy de variété Thaï correspondant à la récolte de l'année en cours sont réalisés.

VIII.2.3.1 PRELEVEMENTS DE TERRE DE RIZIERE

La présence d'uranium 234 et d'uranium 238, isotopes radioactifs de l'uranium naturel, a été décelée dans les 3 prélèvements effectués en juin (Tableau 158).

Tableau 158 : Résultats des analyses en ²³⁴U et ²³⁸U réalisées sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)

	Résultats (en Bq/kg sec)	
	²³⁴ U	²³⁸ U
Mas Les Roseaux de Beaujeu à Arles	19 ± 2	18 ± 2
Domaine du Viguier à Arles	23 ± 3	22 ± 3
Domaine de la Grande Porcellette au Mas	22 ± 3	22 ± 3

Des traces de plutonium 239+240, radionucléide artificiel, ont été relevées dans l'un de ces prélèvements (Tableau 159). La présence de plutonium dans l'environnement est due aux activités humaines (retombées des essais atmosphériques nucléaires, rejets d'effluents liquides du centre de Marcoule). L'alimentation en eau douce des rizières est en grande partie liée aux apports des canaux de drainage, eux-même alimentés indirectement par l'eau du Rhône. Cette concentration en $^{239+240}\text{Pu}$, de l'ordre de celles habituellement observées par l'IRSN dans le petit Rhône, le grand Rhône et en Camargue, démontrent donc l'influence des rejets de Marcoule.

Tableau 159 : Résultats des analyses en $^{239+240}\text{Pu}$ réalisées sur des prélèvements de terre de rizière en Camargue

	$^{239+240}\text{Pu}$ (en Bq/kg sec)
Mas Les Roseaux de Beaujeu à Arles	0,20 ± 0,08

Les activités en strontium 90, plutonium 238 et américium 241, autres radionucléides artificiels mesurés, sont restées inférieures aux limites de détection.

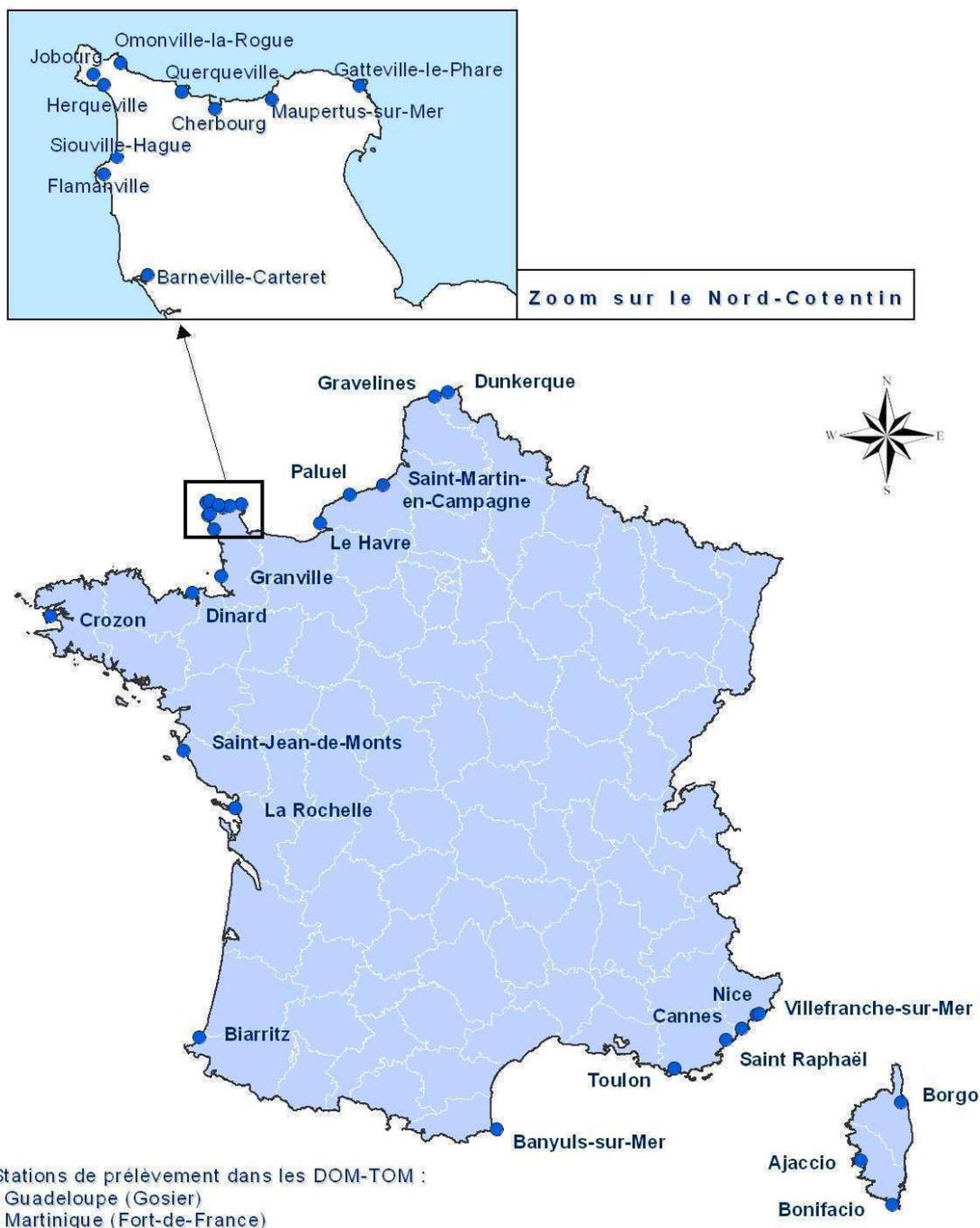
VIII.2.3.2 RIZ PADDY

Pour l'échantillon de riz paddy provenant de Sud Céréales à Arles analysé en 2005, les activités en strontium 90, plutonium 238, plutonium 239+240 et américium 241, radionucléides artificiels mesurés, sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

VIII.3. LE LITTORAL

VIII.3.1 LES EAUX DE MER

La surveillance des eaux de mer est exercée à partir de 33 stations métropolitaines et 2 stations Outre-Mer de prélèvement manuel instantané ou par hydrocollecteurs. En 2005, aucune activité anormale ou artificielle n'a été mise en évidence au-dessus des limites de détection.



Carte 25 : Implantation des points de prélèvements d'eau de mer

VIII.3.1.1 MER DU NORD ET MANCHE

En complément à la surveillance radiologique effectuée autour des installations nucléaires de Gravelines, Paluel, Penly, La Hague et Flamanville (consulter les données aux chapitres V.7.8 et V.8.1), des prélèvements mensuels sont réalisés dans les eaux du littoral de la Manche et de la mer du Nord aux stations de Dunkerque, Le Havre, Cherbourg et Dinard.

En ces différents points, aucune activité significative en radionucléide artificiel n'a été mesurée au-dessus des limites de détection, hormis une activité significative en tritium à Cherbourg (valeur proche de la limite de détection).

Tableau 160 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 sur le littoral Manche et Mer du Nord

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,076	-	0/16
	^3H	-	11 ± 2	-	1/8
	K (mg/l)	340 ± 17	400 ± 20	370	8/8

VIII.3.1.2 OCEAN ATLANTIQUE

VIII.3.1.2.1. France métropolitaine

La surveillance des eaux du littoral atlantique s'effectue par des prélèvements mensuels aux stations de Saint Jean de Monts, La Rochelle et Biarritz. Les analyses portent sur des regroupements semestriels. En ces différents points, aucune activité significative en radionucléide artificiel n'a été mesurée au-dessus des limites de détection (Tableau 161).

Tableau 161 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 sur le littoral atlantique

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,033	-	0/12
	^3H	-	< 9,2	-	0/6
	K (mg/l)	370 ± 19	400 ± 20	387	6/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.3.1.2.2. Antilles

La surveillance des eaux du littoral des Antilles prévoit des prélèvements mensuels en Guadeloupe et en Martinique. Les analyses portent sur des regroupements semestriels. En ces différents points, aucune activité significative en radionucléide artificiel n'a été mesurée au-dessus des limites de détection (Tableau 162).

Tableau 162 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 en Atlantique dans les Antilles

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,030	-	0/8
	^3H	-	< 9,0	-	0/4
	K (mg/l)	370 ± 19	410 ± 21	390	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.3.1.3 MER MEDITERRANEE

La surveillance des eaux du littoral méditerranéen prévoit des prélèvements mensuels à :

- Banyuls ;
- Toulon ;
- Saint-Raphaël ;
- Cannes ;
- Nice ;
- Villefranche-sur-Mer ;
- Ajaccio ;
- Bastia (Borgo) ;
- Bonifacio.

Hormis le prélèvement à Bonifacio, les analyses portent sur des regroupements semestriels. En ces différents points, aucune activité significative en radionucléide artificiel n'a été mesurée au-dessus des limites de détection (Tableau 163).

Tableau 163 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées sur le littoral méditerranéen

		Résultats (Bq/l sauf indication contraire)			
		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	-	< 0,052	-	0/32
	^3H	-	< 9,2	-	1/16
	K (mg/l)	380 ± 19	440 ± 22	425	16/16

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Depuis l'incident d'un sous-marin nucléaire américain en octobre 2003 près de La Maddalena, en Sardaigne, l'IRSN maintient un réseau de surveillance permanent de la radioactivité du milieu marin en Corse du Sud, à la plage de Cala di Ciapili, près de Bonifacio. Les radionucléides recherchés par l'IRSN dans ces prélèvements d'eau de mer sont notamment le césium 134 et 137, le cobalt 60 et le tritium.

Les analyses mensuelles réalisées en 2005 sur les échantillons provenant du site de Bonifacio, lieu le plus proche de la Sardaigne, ne révèlent aucune présence mesurable de radioactivité artificielle.

VIII.3.2 LA BAIE DE SEINE

Dans le cadre du suivi particulier des rejets de phosphogypses provenant des résidus d'usines d'engrais déversés en baie de Seine, 3 prélèvements annuels de sédiments sont réalisés en 3 points voisins, correspondant à d'anciennes stations de l'IFREMER.

La présence de radionucléides naturels et artificiels, consécutive à ces rejets, a été décelée dans les 3 prélèvements effectués en septembre 2005 (Tableau 164). Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes.

Tableau 164 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en baie de Seine

	Résultats (Bq/kg sec)	
	Min.	Max.
²¹⁰ Po	33 ± 5	49 ± 6
²²⁶ Ra	6,7 ± 2,3	23 ± 3
²²⁸ Th	21 ± 3	37 ± 4
²³⁰ Th	25 ± 3	36 ± 4
²³² Th	22 ± 3	34 ± 4
²³⁴ U	14 ± 2	18 ± 2
²³⁸ U	14 ± 2	19 ± 2

VIII.4. LES CONSTITUANTS DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

VIII.4.1 LE LAIT

La surveillance des laits se décline selon trois thématiques : la surveillance des laits à proximité des installations nucléaires, la surveillance des laits de coopératives représentatives de la production laitière départementale (Métropole et Outre-Mer) et la surveillance des laits des stations de suivi de l'IRSN (Carte 26).

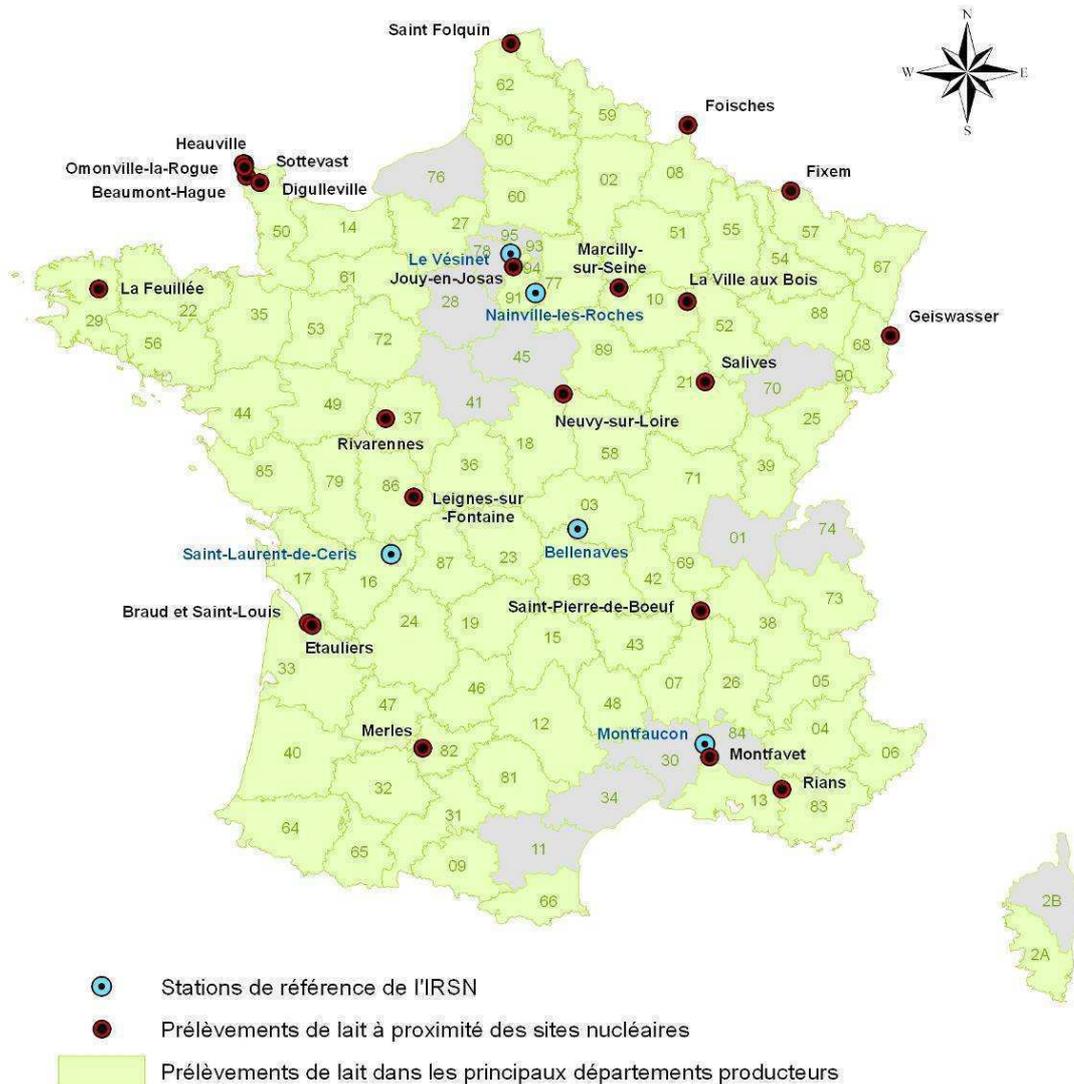
VIII.4.1.1 LAITS PRÉLEVÉS À PROXIMITÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

Les données relatives à la surveillance des laits prélevés à proximité des installations nucléaires sont présentées dans le chapitre du présent document où est traitée l'installation concernée.

VIII.4.1.2 LAITS « DÉPARTEMENTAUX »

Pour 60 départements de la Métropole, un contrôle régulier de la radioactivité du lait de vache est effectué au niveau d'un centre laitier représentatif de la production du département.

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour 2 prélèvements de lait provenant des Bouches-du-Rhône ($1,0 \pm 0,2$ Bq/l en juillet), ainsi que dans un prélèvement de lait provenant du Cantal ($0,17 \pm 0,09$ Bq/l en septembre) et un prélèvement de lait provenant des Pyrénées-Orientales ($0,12 \pm 0,07$ Bq/l en mai).



Carte 26 : Implantation des stations de prélèvements de lait

Pour tous les autres échantillons de laits analysés, les activités en césium 134 et césium 137, radionucléides artificiels mesurés, sont restées inférieures aux limites de détection.

Pour les départements Outre-Mer de la Guadeloupe et de la Martinique, un contrôle mensuel de la radioactivité du lait de vache est également effectué au niveau d'un centre laitier représentatif de la production du département.

Les activités en strontium (méthode Sr+TR), en iode 131, césium 134 et césium 137, radionucléides artificiels, sont restées inférieures aux limites de détection pour tous les prélèvements analysés.

VIII.4.1.3 LAITS DES STATIONS DE SUIVI DE L'IRSN

Les données relatives à la surveillance des laits des stations de suivi de l'IRSN sont présentées au paragraphe VIII.2.2.3.

VIII.4.2 LE BLE

Des mélanges correspondant à 11 régions administratives ont été réalisés à partir d'échantillons de blés envoyés par les services régionaux de l'ONIC et provenant de 210 silos répartis sur tout le territoire français (Carte 27 : Répartition des régions de prélèvements de blé).



Carte 27 : Répartition des régions de prélèvements de blé

L'analyse des grains entiers a montré la présence habituelle de strontium 90, radionucléide artificiel, sans augmentation notable par rapport aux années précédentes (Tableau 165 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr dans les blés des régions administratives).

Tableau 165 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr dans les blés des régions administratives

Région administrative	Nombre de départements	⁹⁰ Sr (Bq/kg frais)
Nord	7	0,18 ± 0,03
Est	10	0,22 ± 0,03
Ile de France	4	0,11 ± 0,02
Centre	6	0,15 ± 0,02
Ouest	12	0,22 ± 0,03
Centre Est	7	0,22 ± 0,03
Massif Central	7	0,28 ± 0,04
Rhône Alpes	7	0,24 ± 0,03
Méditerranée	7	0,17 ± 0,02
Poitou Charente Aquitaine	8	0,20 ± 0,03
Midi Pyrénées	8	0,13 ± 0,02

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés.

VIII.4.3 LA RATION ALIMENTAIRE

Chaque mois, un échantillonnage est réalisé sur l'ensemble des aliments proposés aux salariés de l'IRSN (aliments solides, boissons et lait). La collecte est effectuée pendant 7 jours consécutifs au restaurant d'entreprise du site du Vésinet.

Pendant cette même période, un prélèvement de lait cru est également réalisé. La mesure est effectuée sur un échantillon non stérilisé permettant ainsi d'éviter la volatilisation d'éventuels radionucléides présents par les traitements thermiques habituels (stérilisation, pasteurisation).

Les analyses sont effectuées dans les deux cas sur un mélange bimestriel de ces prélèvements.

VIII.4.3.1 LAIT

Les activités relevées pour le césium 134 et le césium 137, radionucléides artificiels, sont toutes restées inférieures aux limites de détection. Des traces habituelles de strontium 90, autre radionucléide artificiel, ont été décelées pour 4 des 6 mélanges analysés (Tableau 166).

Tableau 166 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr du lait de la ration du Vésinet

	Résultats (en Bq/l)			
	Min	Max.	Moyenne	*
⁹⁰ Sr	0,050 ± 0,009	0,12 ± 0,02	0,071	4/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VIII.4.3.2 RATION ALIMENTAIRE COMPLETE

Les activités relevées pour le césium 134 et le césium 137, radionucléides artificiels, sont toutes restées inférieures aux limites de détection.

On observe des traces habituelles de strontium 90, radionucléide artificiel, pour 3 des 6 mélanges analysés (Tableau 167).

Tableau 167 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr de la ration du Vésinet

	Résultats (en Bq/jour)			
	Min	Max.	Moyenne	*
⁹⁰ Sr	0,082 ± 0,013	0,084 ± 0,014	0,083	3/6

La présence de carbone 14 a été mise en évidence dans 3 des 6 mélanges analysés (Tableau 168).

Tableau 168 : Résultats d'analyse en ¹⁴C de la ration du Vésinet

	Résultats (en Bq/kg de carbone élémentaire)			
	Min	Max.	Moyenne	*
¹⁴ C	190 ± 50	370 ± 80	260	3/6

Des traces d'uranium 234 et d'uranium 238, isotopes radioactifs de l'uranium naturel, ont été observées dans 4 des 6 mélanges analysés (Tableau 169).

Tableau 169: Résultats d'analyse en ²³⁴U et ²³⁸U de la ration du Vésinet

	Résultats (en Bq/jour)			
	Min	Max.	Moyenne	*
²³⁴ U	0,015 ± 0,005	0,021 ± 0,007	0,017	4/6
²³⁸ U	0,010 ± 0,004	0,019 ± 0,006	0,015	4/6

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX. DIFFUSION DES DONNEES SUR INTERNET

L'IRSN diffuse sur Internet un certain nombre des résultats d'analyses réalisées dans le cadre de la surveillance radiologique qu'il exerce dans l'environnement. Ces données sont consultables à partir du site Internet institutionnel, à la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement ».

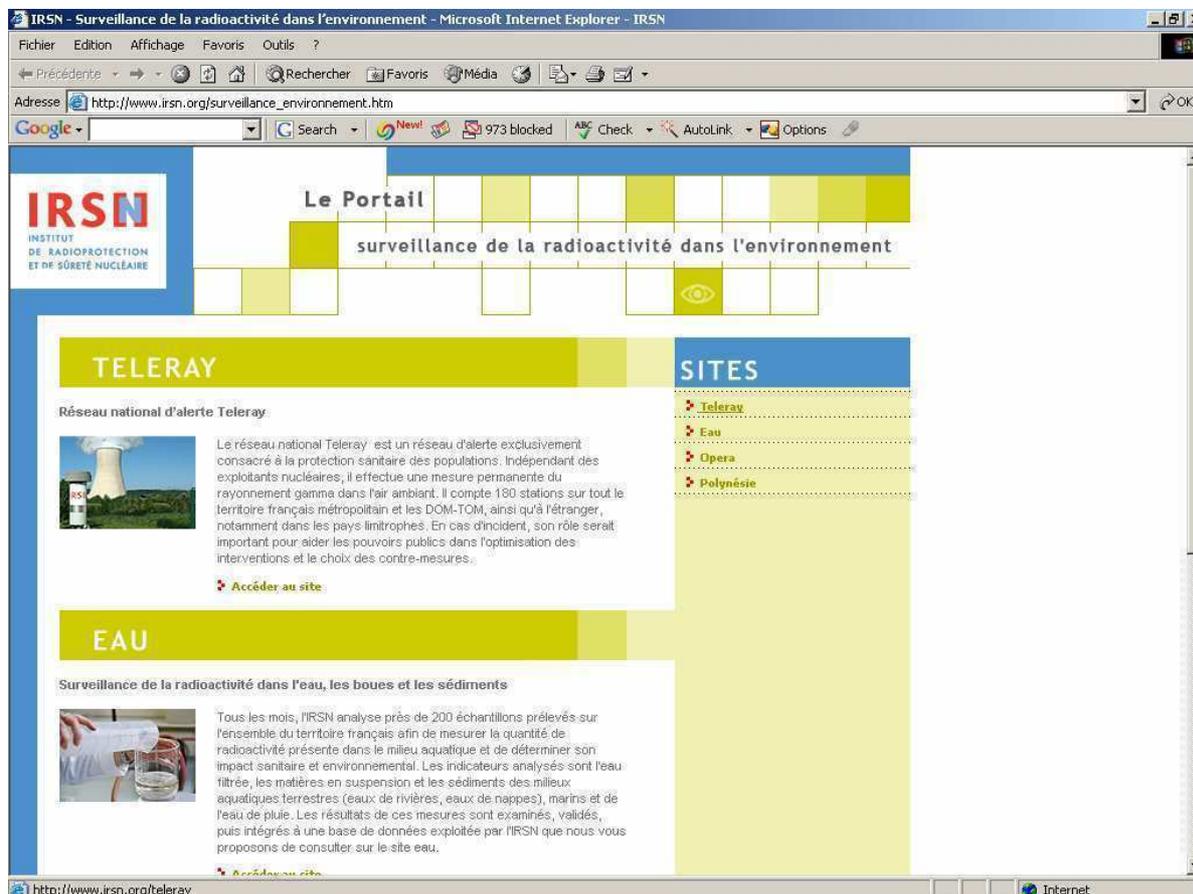


Figure 85 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN

Ces données concernent uniquement le réseau Téléray et le réseau de surveillance radiologique du milieu aquatique (eaux de surface, sédiments et boues de décantation).

IX.1. LE SITE TELERAY

L'ensemble des résultats de mesure du réseau Téléray est consultable à partir du site institutionnel de l'IRSN ou directement à l'adresse suivante : http://teleyay.irsn.org/irsn/html_irsn/mesure/france.htm.

Les résultats sont accessibles par une navigation géographique permettant l'accès aux données moyennes quotidiennes de chaque sonde dans leurs régions administratives respectives.

Les données présentées comportent la moyenne annuelle des mesures effectuées par chaque sonde ainsi qu'un tableau et un graphique des mesures du mois en cours ou des mesures effectuées au cours des différents mois de l'année écoulée.

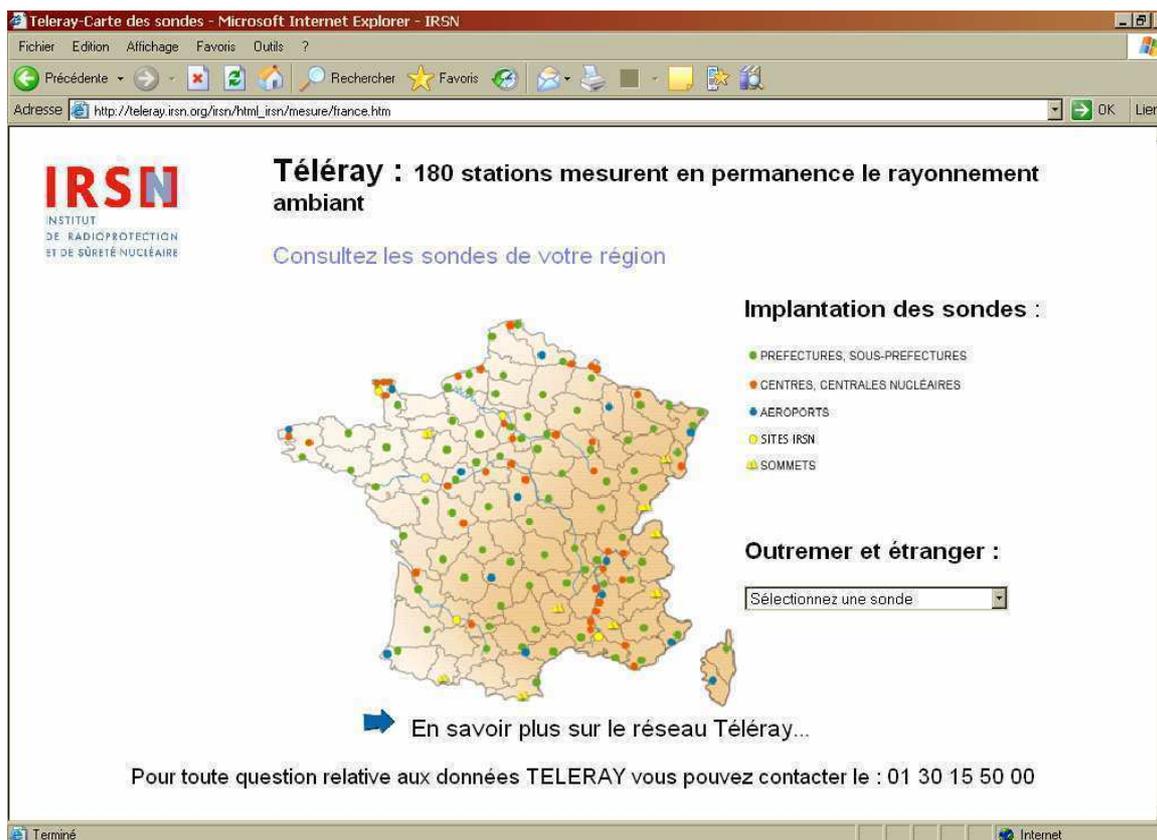


Figure 86 : Page d'accueil du site Internet T LERAY

IX.2. LE SITE EAU

Mis en ligne le 21 décembre 2004, le site Internet Eau, accessible depuis le site général de l'IRSN ou directement à l'adresse <http://eau.irsn.org/>, permet de renseigner le grand public sur les modalités de la surveillance radiologique des milieux aquatiques exercée par l'IRSN autour des sites nucléaires ou dans l'environnement en général.

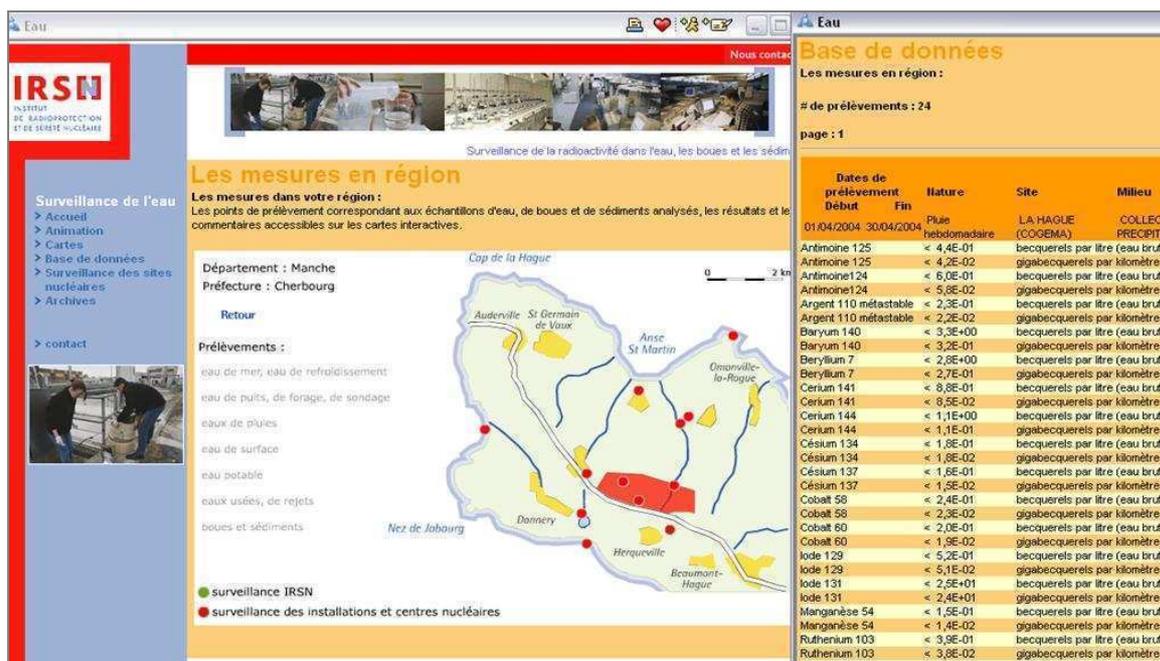


Figure 87 : Illustration du site Internet EAU

Tous les mois, l'IRSN analyse près de 200 échantillons prélevés sur l'ensemble du territoire français afin de mesurer la quantité de radioactivité présente dans le milieu aquatique. Les indicateurs analysés sont l'eau filtrée, les matières en suspension et les sédiments des milieux aquatiques terrestres (eaux de rivières, eaux de nappes), marins et de l'eau de pluie.

Les résultats de ces mesures sont examinés, validés, puis intégrés à une base de données exploitée par l'IRSN. Ces résultats sont disponibles sur 12 mois consécutifs, dans un délai de publication de 5 à 6 mois après la réception des échantillons.

Sur ce site Internet, les données sont accessibles par zones géographiques sur fond de carte ou par consultation d'une base de données en fonction de choix de paramètres précis (milieu analysé, radionucléide...).

X. GLOSSAIRE

Aérosol : suspension dans un milieu gazeux, de particules solides ou liquides ou les deux, présentant une vitesse de chute négligeable. Dans l'air et dans les conditions normales, ceci correspond à des particules de diamètres inférieurs à 100 micromètres, les plus fines n'ayant que quelques fractions de nanomètres.

Alpha (symbole α) : rayonnement composé de noyaux d'hélium 4, fortement ionisant mais très peu pénétrant. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter sa propagation.

α globale (alpha globale) : indice de radioactivité représentatif de l'activité des radionucléides émetteurs alpha.

AS : réseau de surveillance de l'air par cabine de prélèvements d'aérosols sur filtre au niveau du sol (Air au Sol).

ASN : Autorité de sûreté nucléaire.

ANDRA : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

Becquerel (Bq) : unité de mesure, légale et internationale, utilisée pour la radioactivité. Le Becquerel (Bq) est égal à une désintégration par seconde. Multiples les plus courants : méga (MBq) pour 1 million de becquerels, giga (GBq) pour 1 milliard de becquerels, téra (TBq) pour mille milliards de becquerels, ou sous multiple : milli (mBq) pour 1 millième de becquerel.

Bêta (symbole β) : rayonnement composé d'électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffit à les arrêter.

β globale (bêta globale) : indice de radioactivité représentatif de l'activité des radionucléides émetteurs bêta.

CEA : Commissariat à l'énergie atomique.

CNPE : Centre nucléaire de production d'électricité.

Combustible nucléaire : matière fissile constituant la partie active du cœur d'un réacteur. Pour qu'une réaction de fission en chaîne soit possible, l'uranium naturel, mélange comprenant 0,7% d'uranium 235 - fissile - et 99,3% d'uranium 238 - non fissile -, a dû être préalablement enrichi à 4% en uranium 235. Cet uranium est utilisé sous la forme d'oxyde d'uranium, particulièrement stable chimiquement.

DDASS : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales.

Débit de dose : intensité d'irradiation (énergie absorbée par la matière par unité de masse et de temps). L'unité légale est le gray par seconde (Gy/s).

DGSNR : Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (devenue ASN en 2006)

Dose absorbée : quantité d'énergie absorbée en un point par unité de masse de matière (inerte ou vivante). Elle s'exprime en gray (Gy) : 1 gray correspond à une énergie absorbée de 1 joule par kilogramme de matière.

Dose efficace : somme des doses équivalentes délivrées aux différents organes et tissus d'un individu, pondérées par un facteur propre à chaque organe ou tissu. Elle s'exprime en Sievert (Sv).

Dose équivalente : produit de la dose absorbée dans un tissu ou un organe par un facteur de pondération tenant compte de l'effet biologique lié à la nature et à l'énergie du rayonnement. L'unité de dose équivalente est le sievert (Sv).

Dosimétrie : détermination, par évaluation ou par mesure, de la dose de rayonnements ionisants absorbée par une substance ou un individu.

DRASS : Direction régionale des affaires sanitaires et sociales

EDF : Electricité de France

Effluent : tout gaz ou liquide, qu'il soit radioactif ou non, issu des installations.

EURODIF : usine européenne d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse.

γ (gamma) : rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant, émis par la désintégration d'éléments radioactifs. Des écrans de béton ou de plomb permettent de s'en protéger.

Gray (Gy) : unité de dose absorbée (voir Dose absorbée).

HYDROTÉLÉRAY : réseau de mesure en continu in situ de l'activité gamma dans les principaux fleuves en aval des installations.

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement.

INB : Installation nucléaire de base

INBS : Installation nucléaire de base secrète

Incertitude de mesure : paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à la grandeur mesurée.

IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

Isotopes : éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Ils ont le même nom, et les mêmes propriétés chimiques. On connaît actuellement environ 325 isotopes naturels et 1200 isotopes créés artificiellement.

K : symbole de l'élément potassium. Il est exprimé généralement en mg/l (milligramme par litre). Un gramme de potassium naturel a une activité (β/γ) de 31 Bq due à la décroissance de l'isotope radioactif de masse 40 (^{40}K).

Limite de détection : la limite de détection représentant la plus petite valeur d'une activité qui peut être décelée par une méthode de mesure dans des conditions définies et pour un degré de confiance choisi.

ONIC : Office National Interprofessionnel des Céréales.

OPERA : Observatoires PERmanents de la RAdioactivité de l'environnement. L'objectif recherché de ces observatoires est de déterminer et de comprendre les processus régissant les distributions spatio-temporelles et les transferts des radionucléides d'origine naturelle et artificielle, dans les différents milieux de l'environnement.

Piézomètre : dispositif permettant de mesurer le niveau supérieur des eaux de nappes aquifères.

Produits de fission : fragments de noyaux lourds produits par la fission nucléaire ou la désintégration radioactive ultérieure de nucléides formés selon ce processus.

Radioactivité : propriété de certains éléments dont les noyaux se désintègrent spontanément pour former d'autres éléments en émettant des rayonnements ionisants.

Radionucléide : isotope radioactif d'un élément.

Exemples : ^3H : tritium, isotope radioactif de l'hydrogène.

^{14}C : carbone 14, isotope radioactif du carbone.

Radioprotection : ensemble de mesures destinées à assurer la protection sanitaire de la population et des travailleurs au regard de l'exposition aux rayonnements ionisants.

Rayonnement ionisant : rayonnement susceptible d'arracher des électrons à la matière qu'il traverse.

REP : Réacteur à eau sous pression. Désigne un réacteur nucléaire utilisant l'uranium ou l'oxyde mixte uranium-plutonium comme combustible et de l'eau ordinaire maintenue à haute pression (155 bars, afin d'éviter sa vaporisation) comme modérateur et fluide caloporteur. Le parc électronucléaire français repose sur l'utilisation de cette filière, qui compte le plus grand nombre d'unités en service dans le monde.

SARA : Surveillance Automatisée de la Radioactivité dans les Aérosols.

Sievert (Sv) : unité légale d'équivalent de dose (ou dose efficace) qui permet de rendre compte de l'effet biologique produit par une dose absorbée donnée sur un organisme vivant. L'équivalent de dose n'est pas une quantité physique mesurable mais obtenue par le calcul. Elle dépend de l'énergie transmise aux tissus, du type de rayonnement et du tissu traversé.

Sr + TR : indice de radioactivité bêta globale sur un précipité susceptible de contenir le strontium 90 et de son descendant l'yttrium 90, le baryum et les terres rares.

TÉLÉRAY : réseau de mesure en continu in situ du débit de dose ambiant.

TÉLÉHYDRO : réseau de mesure en continu in situ de l'activité gamma dans les eaux usées de certaines agglomérations.

UNGG : Réacteur à uranium naturel gaz graphite. Des réacteurs de ce type ont fonctionné sur les sites des CNPE de Bugey, Chinon et Saint-Laurent des Eaux.

U pondéral : teneur pondérale en uranium dans une matrice, sans distinction de sa composition isotopique. Elle peut être mesurée ou déduite de l'activité (exprimée en Bq) de chacun des isotopes (on parle alors d'« équivalent U pondéral »).

Page intentionnellement blanche

XI. ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS

XI.1. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?

La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis que les atomes se sont formés, il y a des milliards d'années, au commencement de l'univers. Tous les atomes sont bâtis sur le même modèle : un noyau formé de protons autour duquel gravitent des électrons. Tous n'ont pas les mêmes propriétés : certains types d'atomes sont stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes, d'autres sont instables. Pour acquérir une meilleure stabilité, ces derniers expulsent à un moment donné une partie de la matière et de l'énergie qu'ils contiennent. On dit qu'ils émettent des rayonnements. C'est la radioactivité.

De cette manière le polonium 210 se transforme spontanément en plomb 206 stable. Certains éléments possèdent à la fois des isotopes stables et des isotopes instables. C'est par exemple le cas du carbone : le carbone 12, le plus courant, est stable, alors que le carbone 14 est radioactif. Les isotopes d'un élément ont des propriétés chimiques identiques mais diffèrent par leur masse atomique. D'autres éléments (28 sur les 109 connus actuellement) n'existent que sous forme d'isotopes radioactifs. Il s'agit par exemple de l'uranium, du plutonium et du radium.

XI.2. QU'EST-CE QUE LA FISSION

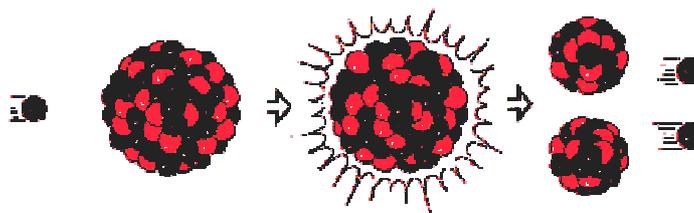


Figure 88 : Fission de noyaux d'uranium par bombardement de neutrons

Un atome peut fissionner soit de manière spontanée si son noyau est trop lourd, soit parce qu'il a été heurté par un neutron. Dans un réacteur nucléaire, les noyaux fissiles d'uranium subissent une réaction de fission (Figure 88) provoquée par bombardement de neutrons. Un des neutrons divise un noyau en deux autres noyaux, ce qui entraîne l'émission d'un ou plusieurs neutrons et la libération d'une très grande énergie sous forme de chaleur. Ces nouveaux neutrons vont provoquer d'autres réactions de fission, il s'agit donc d'une réaction en chaîne.

La fission est largement utilisée dans les réacteurs nucléaires pour produire l'électricité. Les produits de fission contribuent à l'essentiel de la radioactivité présente dans le combustible irradié des réacteurs. La composition initiale des produits de fission dépend du type de combustible et de réacteur nucléaire et de la durée d'incubation des produits de fission dans le réacteur (durée d'exposition aux neutrons). Après l'extraction du combustible utilisé à l'extérieur du réacteur, la durée de vie et les éléments-fils des produits de fission conditionnent la composition future.

Les produits de fission peuvent être à l'état gazeux (xénon 133, krypton 85), liquide (iode 131) ou solide (césium 137, strontium 90).

Les produits de fission sont radiotoxiques. Ils contribuent à la radioactivité à court et moyen terme des déchets nucléaires de haute activité produits par le combustible nucléaire.

XI.3. LA PERIODE RADIOACTIVE D'UN ELEMENT

L'activité radioactive d'un échantillon est déterminée par le nombre de noyaux qui s'y transforme en une seconde. Elle diminue avec le temps, suivant une courbe de décroissance radioactive.

Cette courbe permet de définir la période radioactive de l'élément, qui correspond au temps au bout duquel l'activité de l'échantillon a diminué de moitié.

Exemples de périodes radioactives :

- Uranium 238 : 4,47 milliards d'années
- Uranium 235 : 704 millions d'années
- Carbone 14 : 5730 ans
- Radium 226 : 1600 ans
- Césium 137 : 30,2 ans
- Cobalt 60 : 5,27 ans
- Phosphore 30 : 2,55 minutes
- Hélium 6 : 0,82 seconde

XI.4. D'OU VIENT LA RADIOACTIVITE ?

La radioactivité naturelle existe dans l'univers depuis son origine. Elle est présente sur Terre, au sein de la matière et même des êtres vivants. Depuis la production, en 1934, du premier noyau radioactif artificiel, une part de la radioactivité globale est d'origine artificielle. Les rayonnements émis par les rayonnements artificiels sont du même type que ceux émis par les radionucléides naturels.

XI.4.1 LES SOURCES D'EXPOSITION NATURELLE

Dès la formation de la Terre, il y a environ cinq milliards d'années, la matière était constituée d'éléments radioactifs et d'éléments stables. Depuis la radioactivité n'a cessé de décroître puisque de nombreux atomes radioactifs se sont transformés progressivement en éléments stables. Les radionucléides ayant une longue période radioactive sont toujours présents sur terre. D'autres, de période plus courte, se forment spontanément dans la haute atmosphère, par interaction avec le rayonnement cosmique. La radioactivité naturelle est également présente dans les organismes vivants : les tissus organiques et les os contiennent des éléments indispensables à la vie qui possèdent des isotopes radioactifs, comme le potassium 40 ou le carbone 14.

La radioactivité naturelle provient essentiellement de quatre sources :

XI.4.1.1 LE RAYONNEMENT COSMIQUE

le rayonnement cosmique provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude (la couche atmosphérique protectrice devient moins épaisse). L'exposition passe de 0,5 mSv par an et par personne au niveau de la mer à 1,7 mSv par an et par personne à 4000 mètres d'altitude. A l'altitude de croisière d'un avion à réaction, le rayonnement cosmique est 150 fois plus élevé qu'au niveau de la mer (un vol Paris-Tokyo : 0,1mSv ; un an à Paris : 0,7 mSv ; un an à la Paz : 2,7 mSv ; un jour à bord de Mir : 1 mSv).

XI.4.1.2 LE RAYONNEMENT TELLURIQUE

le rayonnement tellurique a pour origine les radionucléides primordiaux (de l'uranium, du thorium et du potassium) apparus au moment de la formation de la terre. Nous sommes donc exposés aux rayonnements provenant du sol ainsi qu'aux matériaux de construction obtenus à partir de matériaux extraits du sol. Ce rayonnement varie selon la nature du sol et change ainsi d'une région à l'autre. Il est plus important dans les régions granitiques. La dose efficace individuelle due au rayonnement tellurique est en moyenne d'environ 0,45 mSv par an en France. Elle passe de 0,5 mSv par personne et par an en moyenne dans le Bassin parisien à 1 mSv en Bretagne ou dans le Massif central, contre 8 à 17,5 mSv dans certaines régions du Brésil.

XI.4.1.3 LE RADON

Le radon, gaz naturel radioactif, est la principale source d'exposition naturelle. Il provient essentiellement de la désintégration de l'uranium présent dans la couche terrestre. Le radon et ses descendants solides sont inhalés ; ils émettent des rayonnements α peu pénétrants, mais qui irradient les cellules les plus sensibles des bronches. Des cancers pulmonaires ont été constatés chez les travailleurs des mines d'uranium. Le radon peut s'accumuler dans les espaces clos, comme les maisons. La dose efficace individuelle due au radon et à ses descendants est en moyenne d'environ 1,2 mSv par an en France (voir livret IRSN sur la radon).

XI.4.1.4 LES EAUX MINERALES ET LES ALIMENTS

Les radionucléides de la croûte terrestre (principalement potassium 40) et ceux créés par les rayonnements cosmiques (essentiellement carbone 14) sont naturellement présents dans les plantes et les animaux, mais aussi dans l'eau. Nos aliments et nos boissons sont par conséquent légèrement radioactifs. Les radionucléides ingérés se fixent dans les tissus de l'organisme et entraînent une exposition interne d'origine naturelle. L'organisme humain compte ainsi en moyenne 4500 Bq en potassium 40 et 3700 Bq en carbone 14. La dose efficace individuelle est égale à 0,24 mSv par an en France.

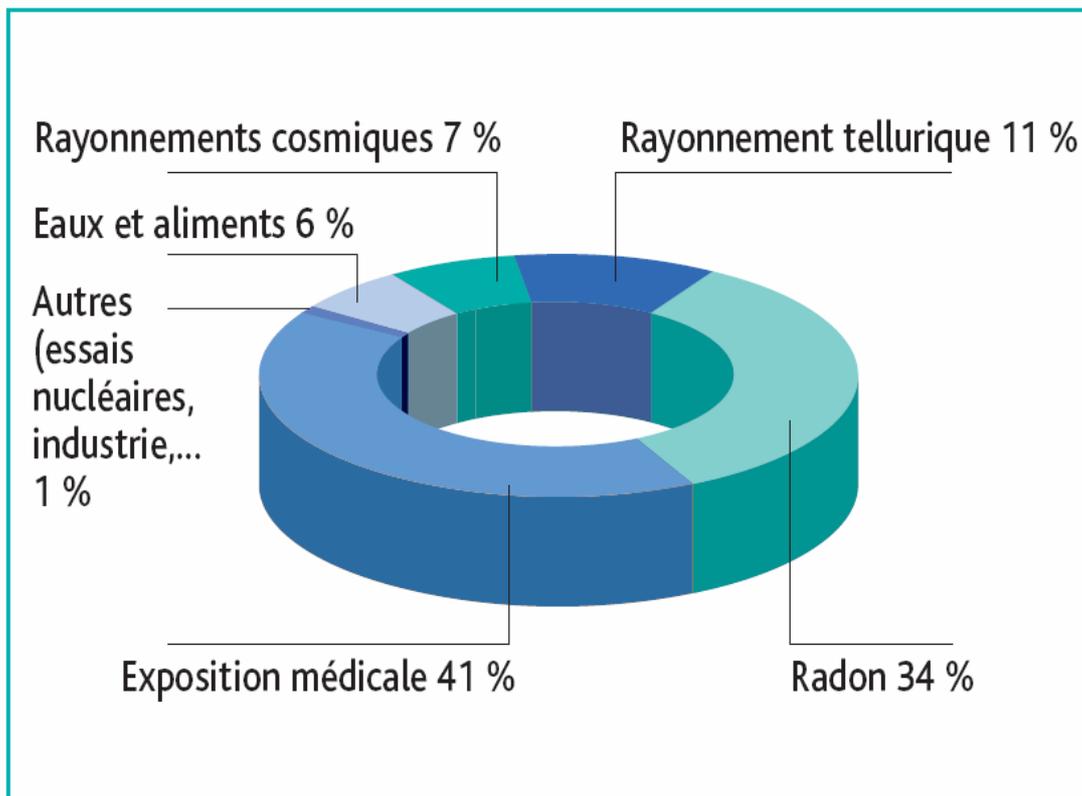


Figure 89 : Les sources de radioactivité en France

XI.4.2 LES SOURCES D'EXPOSITION PROVENANT DES APPLICATIONS DES RAYONNEMENTS IONISANTS

L'irradiation médicale constitue la source d'exposition la plus importante du fait du développement de la radiothérapie, de la médecine nucléaire et des cures thermales (certaines eaux minérales sont riches en radium et en thorium). Dans les pays industrialisés, une personne reçoit chaque année en moyenne une dose de 1,6 mSv. La moyenne mondiale est de 0,6 mSv par an et par personne.

Les applications techniques et industrielles constituent également une source de radioactivité. Les industries minières extractives, les retombées atmosphériques des essais militaires ou, plus quotidiennement, l'exposition aux rayonnements émis par les téléviseurs ou les écrans informatiques, entraînent une dose moyenne de 0,1 mSv par personne et par an. L'ensemble des filières de production d'électricité d'origine nucléaire compte pour moins de 0,01 mSv par personne et par an.

XI.5. LES RAYONNEMENTS IONISANTS

Les rayonnements 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.

XI.5.1 LES DIFFERENTS RAYONNEMENTS IONISANTS

Les rayonnements ionisants regroupent :

- **Les ions lourds de haute énergie** (rayonnement cosmique, accélérateurs de particules) ;
- **Les ondes électromagnétiques les plus énergétiques, soit les rayonnements X et gamma.** 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 émettre 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 2 protons et de 2 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 et/ou diverses particules. Les neutrons sont aussi présents aux altitudes de vol des avions long courrier et subsoniques et participent à la dose totale reçue par le personnel navigant. Les rayonnements neutroniques ont une énergie variable, il faut parfois recourir à des matériaux légers contenant notamment des atomes d'hydrogène pour les arrêter.

XI.5.2 LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Parmi les 340 atomes différents présents dans la nature, 70 sont radioactifs (on les appelle radionucléides) et sont présents dans tous les milieux de l'environnement. Les rayonnements ionisants sont émis lors de la désintégration de ces radionucléides qui donne naissance à de nouveaux éléments, radioactifs ou non. Ils sont appelés ionisants car l'énergie qu'ils génèrent est suffisamment importante pour ioniser les molécules. Cette énergie peut de même entraîner des modifications de la matière vivante, au niveau cellulaire où ces rayonnements induisent des lésions.

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction de la dose reçue et de différents facteurs tels que :

- la source (activité ou intensité de fonctionnement, nature, énergie et efficacité biologique du rayonnement) ;
- le mode d'exposition (temps, fractionnement, débit) ;
- la cible (tissus ou organes touchés ou corps entiers, âge et radiosensibilité de l'individu).

Il existe deux types d'effets biologiques :

- **Les effets déterministes**, dûs essentiellement à la destruction massive des cellules de l'organisme, apparaissent à partir d'une dose seuil, variable selon l'organe ou le tissu, et sont d'autant plus sévères que la dose est élevée. En fonction de la dose et selon l'organe touché, le délai d'apparition des symptômes varie de quelques heures (nausées, radiodermites) à plusieurs mois (cancers). Des effets secondaires peuvent être observés des années après une irradiation (fibroses, cataracte).
- **Les effets aléatoires (ou stochastiques)**, associés à la transformation des cellules plus qu'à leur destruction, sont fondamentalement différents des précédents. Ici, c'est la probabilité d'apparition de l'effet qui augmente avec la dose. Le délai d'apparition après l'exposition, ou temps de latence, est de plusieurs années. Il s'agit principalement de leucémies et de cancers solides (du poumon, de la thyroïde, des voies digestives et urinaires, etc). Une pathologie radioinduite n'a pas de signature particulière.

Deux approches sont utilisées pour étudier les différents effets biologiques : l'épidémiologie et l'expérimentation sur des molécules ou cellules d'organismes vivants.

XI.5.3 LES MODES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS

Selon la manière dont les rayonnements atteignent l'organisme, on distingue deux modes d'exposition : externe ou interne.

L'exposition externe de l'homme aux rayonnements provoque une irradiation externe. Elle a lieu lorsque celui-ci se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical ...). L'exposition externe peut concerner tout l'organisme ou une partie seulement de celui-ci. Elle cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire des rayonnements.

L'exposition interne (contamination interne) est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Elles ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau, et se distribuent dans l'organisme. On parle de contamination interne. Celle-ci ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle et décroissance radioactive.

XII. NOTIONS DE RADIOPROTECTION

Trois unités principales sont utilisées en radioprotection, chacune servant respectivement à quantifier trois grandeurs qui dépendent de l'activité d'une source, de son énergie et des effets biologiques susceptibles d'être engendrés si une exposition à cette dernière se produit :

- **L'activité (A) :**

L'activité représente le nombre de désintégrations nucléaires qui ont lieu dans une quantité de matière donnée par unité de temps. Elle s'exprime en Becquerel (Bq) dans le système international : 1 Bq = une désintégration par seconde.

- **La dose absorbée (H):**

Elle correspond à la quantité d'énergie (exprimée en joules) cédée par les particules ionisantes à une unité de masse (exprimée en kilogrammes) de la matière rencontrée. Le gray (Gy) est l'unité de mesure internationale de la dose absorbée. Il a été défini de la manière suivante : $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$. Le gray peut être utilisé pour exprimer la dose reçue de tous les types de rayonnements, dans n'importe quel milieu. Lorsqu'on exprime une dose en gray, on doit donc préciser le milieu dans lequel l'énergie est cédée.

Le gray par heure (Gy/h) permet de mesurer le débit de dose absorbée, c'est-à-dire l'énergie communiquée à un milieu par unité de temps. Le gray est une unité du Système international.

- **La dose équivalente (H) et la dose efficace (E) :**

La dose équivalente est égale à la dose absorbée multipliée par un facteur de pondération (W_R) qui tient compte du type de rayonnement (ex : 20 pour le rayonnement alpha et 1 pour les rayonnements bêta et gamma). Pour tenir compte des effets biologiques relatifs à chaque type de rayonnement, on exprime une dose équivalente, dont l'unité internationale est le sievert (Sv).

La dose efficace est une dose biologique très utilisée en radioprotection, qui sert à évaluer l'exposition d'une personne individuelle aux rayonnements. Elle tient compte de la sensibilité des tissus affectés. L'unité de dose efficace est le sievert comme pour la dose équivalente.

Page intentionnellement blanche

XIII. CONTACTS

Laboratoire de Veille Radiologique de l'Environnement

Adresse postale :

IRSN/DEI/SESURE/LVRE

31, rue de l'Ecluse

BP n° 40035

78116 LE VESINET CEDEX

Page intentionnellement blanche

XIV. INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Implantations des sites de l'IRSN	19
Figure 2: Salle de télésurveillance de l'IRSN.....	25
Figure 3 : Réception, enregistrement et traitement des échantillons dans les laboratoires de l'IRSN	26
Figure 4 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2005 et zoom sur la répartition hors matrice aérosols	27
Figure 5 : Prélèvement d'eau de surface dans la Seine	31
Figure 6 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire français.....	32
Figure 7 : Activité volumique en carbone 14 dans les rejets liquides d'un CNPE (données IRSN & EDF).....	33
Figure 8 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine d'enrichissement - (données IRSN).....	34
Figure 9 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible nucléaire - (données IRSN).....	34
Figure 10 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'un CNPE - (données IRSN)	35
Figure 11 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé - (données IRSN).....	35
Figure 12 : Activité alpha globale dans les eaux prélevées dans le ruisseau des Sagnes entre janvier 2000 et juillet 2006	41
Figure 13: Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les sédiments prélevés au confluent du Rhône et du canal de Donzère-Mondragon (SR 170 ROV).....	52
Figure 14 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech.....	55
Figure 15 : Activité en ^{137}Cs mesurée entre janvier et juin 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Gironde en aval du CNPE du Blayais	58
Figure 16 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation de la Loire en aval du CNPE de Belleville (SD 149 LOV)	60
Figure 17 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre	62
Figure 18 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantations prélevées dans la Loire, en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)	63
Figure 19 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV).....	65
Figure 20 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)	67
Figure 21 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)	71
Figure 22 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône, en aval du CNPE de	73
Figure 23 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas	74

Figure 24 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV).....	76
Figure 25 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV).....	79
Figure 26 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz.....	81
Figure 27 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN).....	84
Figure 28 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM) ..	87
Figure 29 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün (SD 73 CAV) ..	87
Figure 30 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2005 au voisinage du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA) ..	90
Figure 31 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM).....	92
Figure 32 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM).....	94
Figure 33 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV).....	96
Figure 34 : Activités des isotopes du plutonium mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV).....	96
Figure 35 : Activité en ^{241}Am mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le canal marin du CNPE de Gravelines ..	97
Figure 36 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV) ..	99
Figure 37 : Activités en ^{137}Cs et en ^{90}Sr mesurées dans les sédiments de rivières prélevés en 2005 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague ..	105
Figure 38 : Activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les sédiments de rivières prélevés en 2005 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague ..	105
Figure 39 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Beaumont ..	108
Figure 40 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Herqueville (point A12) ..	108
Figure 41 : Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux prélevés en 2005 à Herqueville (point A12) ..	109
Figure 42 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 sur le long du littoral du Cotentin ..	111
Figure 43 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin ..	113
Figure 44 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin.....	113
Figure 45 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les algues prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin ..	114
Figure 46 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin.....	115

Figure 47 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin	116
Figure 48 : Activité annuelle moyenne en ^{60}Co mesurée dans les patelles prélevées en 2005 sur le littoral du Cotentin	116
Figure 49 : Activité en ^3H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2005 sur le site de Marcoule (Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet)	118
Figure 50 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments du Rhône, à l'Ecluse d'Avignon (point SR 50 RO7) et à Roquemaure (point SR 50 RO6)	119
Figure 51: Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments de la Voire à Chalette-sur-Voire - Centre ANDRA de Soulaines (SR 96 VOI)	125
Figure 52 : Activité en ^{137}Cs en 2005 mesurée dans les sédiments de la Durance - CEN de Cadarache (SR 63 DUV) ...	129
Figure 53: Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments de l'Isère - Centre de Grenoble (SR 77 ISV)	131
Figure 54 : Activité en ^3H mesurée en 2005 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay	134
Figure 55 : Activité en strontium 90 mesurée dans les eaux de l'aqueduc des Mineurs à Saclay au cours de la période 2000-2005	134
Figure 56 : Activités en ^{60}Co et ^{137}Cs mesurées en 2005 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)	135
Figure 57 : Activités des isotopes du Plutonium mesurées dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)	136
Figure 58 : Activité en ^3H mesurée en 2005 dans les eaux de pluies recueillies sur le Centre de Valduc.....	138
Figure 59: Activité en ^3H mesurée en 2005 dans l'air atmosphérique dans l'environnement du Centre de Valduc	138
Figure 60 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2005 dans la grande rade de Brest (SM 111 MN)	141
Figure 61 : Activités en $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 dans la rade de Cherbourg (SM 109 MN)	143
Figure 62 : Photos d'une station Téléhydro (vue générale et détaillée de la sonde).....	147
Figure 63 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) représentant le rayonnement gamma naturel (15 minutes d'intégration)	148
Figure 64 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic d'iode 131 (15 minutes d'intégration)	148
Figure 65 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic de technétium 99 métastable (15 minutes d'intégration)	149
Figure 66 : photo d'une sonde Téléray (détecteur Geiger Müller).....	150
Figure 67 : Evolution du débit de dose en fonction de l'altitude	153
Figure 68 : Evolution du débit de dose par type d'implantation	153
Figure 69 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose	154
Figure 70 : photo d'un dispositif DTL	155
Figure 71 : photo des stations de prélèvement d'aérosols du site du Vésinet (IRSN) et détail de la tête de prélèvement et du dispositif porte-filtre	157
Figure 72 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol ».....	159

Figure 73 : Activités volumiques moyennes en ^7Be mesurées en 2005 par le réseau « Air au sol »	163
Figure 74 : photo d'une balise SARA	163
Figure 75 : Activités moyennes annuelles du radon 220 et du radon 222 mesurées par les stations du réseau SARA en 2005.	165
Figure 76 : Valeurs moyennes annuelles du rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ mesuré par les stations SARA en 2003, 2004 et 2005.	165
Figure 77 : photo d'une station hydrotéléray.....	169
Figure 78 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées dans la Garonne à Ambès (SD 116 GA)	171
Figure 79 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2005 dans la Gironde à Vitrezay (SR 186)	172
Figure 80 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation de la Loire aux Ponts-de-Cé (SD 46 LOV).....	173
Figure 81 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments prélevés dans le Rhône à Grigny (SR 78 RO).....	174
Figure 82 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)	176
Figure 83 : Activités en ^{131}I et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées à Croissy sur Seine (SD 15 SE)	179
Figure 84 : Activités en ^{131}I et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 à Porcheville (SD 190 SE)	180
Figure 85 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN.....	195
Figure 86 : Page d'accueil du site Internet TÉLÉRAY	196
Figure 87 : Illustration du site Internet EAU.....	196
Figure 88 : Fission de noyaux d'uranium par bombardement de neutrons.....	202
Figure 89 : Les sources de radioactivité en France.....	205

XV. INDEX DES CARTES

Carte 1 : Sommaire cartographique	11
Carte 2 : Implantation des sites du cycle du combustible surveillés	37
Carte 3 : Schéma du plan de prélèvements dans les eaux de surface du secteur minier de la division de la Crouzille .	39
Carte 4 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne	53
Carte 5 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire	59
Carte 6 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône.....	69
Carte 7 : Implantation du CNPE de Nogent- sur- Seine.....	77
Carte 8 : Implantation des CNPE de Chooz	80
Carte 9 : Implantation des CNPE de Cattenom.....	83
Carte 10 : Implantation des CNPE de Fessenheim	85
Carte 11 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche	89
Carte 12 : Implantation des sites de recherche et d'étude, et des bases navales nucléaires	127
Carte 13 : Plan de l'environnement du CEA de Saclay et des eaux surveillées	133
Carte 14 : Implantation des stations du réseau Téléhydro	147
Carte 15: Implantation des sondes du réseau Téléray	151
Carte 16 : Interprétation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2005 par le réseau Téléray	152
Carte 17 : Interprétation cartographique des données du réseau de DTL en France pour l'année 2005.....	156
Carte 18 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS).....	158
Carte 19 : Interprétation cartographique des moyennes trimestrielles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire	159
Carte 20 : Implantation des stations du réseau SARA	164
Carte 21 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie	166
Carte 22 : Implantation des stations hydrotéléray et des hydrocollecteurs	167
Carte 23 : Implantation des stations du réseau Hydrotéléray.....	168
Carte 24 : Implantation des stations de suivi continental terrestre de l'IRSN	181
Carte 25 : Implantation des points de prélèvements d'eau de mer	187
Carte 26 : Implantation des stations de prélèvements de lait	191
Carte 27 : Répartition des régions de prélèvements de blé.....	192
Carte 28 : Sommaire cartographique	225

Page intentionnellement blanche

XVI. INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de données collectées en 2005 par les réseaux de télésurveillance.....	25
Tableau 2 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV).....	40
Tableau 3 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'étang de la Cruzille (point R2 58 VNV).....	40
Tableau 4 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV) .	40
Tableau 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU).....	41
Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le ruisseau Le Ritord (point R7 58 RIT) à Razes, en aval de l'étang de Gouillet.....	42
Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac.....	42
Tableau 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 à la sortie de l'usine des eaux à Limoges (point R3 58 USL).....	43
Tableau 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la Besbre (point R2 89 BE).....	43
Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR).....	44
Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 aux points P10 89 (puits Guiboux), P11 89 (puits Bernigaud) et P16 89 (puits Gonin)	44
Tableau 12 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné	45
Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges.....	46
Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le lac artificiel de Malvési (point W2 65 LCA)	47
Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le canal de Tauran (point R4 65 TAV)	48
Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le canal de Cadariège (point R8 65 CDG)	48
Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans la résurgence de l'Oeillat (point R7 65 RES)	48
Tableau 18 : Résultats d'analyse de végétaux (conifères) prélevés en 2005 dans l'environnement du site de Malvési...	49
Tableau 19 : Résultats d'analyse de végétaux (herbe et tamaris) prélevés en 2005 dans l'environnement du site de Malvési.....	49
Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2005 à la station Nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA)	50
Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2005 à la station des Genêts du site de Pierrelatte (PH 62 PRL).....	50
Tableau 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte.....	51
Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte	51
Tableau 24 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R3 62 GAF dans la Gaffière en aval du CNPE du Triscastin	51

Tableau 25 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 dans l'environnement du site de Pierrelatte	52
Tableau 26 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RO 159 CAM sur la Garonne en amont du CNPE de Golfech	54
Tableau 27 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 159 GAV - sur la Garonne en aval du CNPE de Golfech	54
Tableau 28 : Résultats d'analyse des mousses prélevées en 2005 à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	56
Tableau 29 : Résultats d'analyse des myriophylles prélevées en 2005 dans la Garonne à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech	56
Tableau 30 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	56
Tableau 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 138 sur la Gironde en aval du CNPE du Blayais	57
Tableau 32 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE du Blayais.....	58
Tableau 33 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 149 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Belleville.....	60
Tableau 34 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 par un hydrocollecteur au point R1 149 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Belleville	60
Tableau 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 85 sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre	61
Tableau 36 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 98 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux.....	63
Tableau 37 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R2 98 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux	63
Tableau 38 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 52 sur la Loire en amont du CNPE de Chinon	64
Tableau 39 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R3 52 sur la Loire en aval du CNPE de Chinon ..	65
Tableau 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux	66
Tableau 41 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 169 VIV dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux	66
Tableau 42 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)	67
Tableau 43 : Activité en ¹⁴ C mesurée en 2005 dans les poissons prélevés dans l'environnement du CNPE de Civaux ...	68
Tableau 44 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE de Civaux	68
Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 47 sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey ..	70
Tableau 46 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey.....	70
Tableau 47 : Activité en ^{110m} Ag mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV).....	71
Tableau 48 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R0 155 ROM sur le Rhône en amont du CNPE de Saint-Alban	72
Tableau 49 : Résultats d'analyse des eaux prélevées au point R1 155 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban	72

Tableau 50 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Saint Alban	73
Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 157 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Cruas.	74
Tableau 52 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée en 2005 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas	75
Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 75 CAV (Canal de Donzère-Mondragon) en aval du CNPE du Tricastin	76
Tableau 54 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P5 75, dans l'environnement du CNPE du Tricastin	77
Tableau 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 151 SEM sur la Seine en amont du CNPE de Nogent-sur-Seine	78
Tableau 56 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 151 SEV sur la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine	78
Tableau 57 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2005 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV).....	79
Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 83 sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz	81
Tableau 59 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R2 83 sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz, à Rancennes	81
Tableau 60 : Activités en ⁶⁰ Co et ^{110m} Ag mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)	82
Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R0 144 sur la Moselle en amont du CNPE de Cattenom (Haute-Ham)	83
Tableau 62 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 144 en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle.....	84
Tableau 63 : Activités en ⁵⁸ Co et ⁶⁰ Co mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN)	85
Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P4 48 du CNPE de Fessenheim.....	86
Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux prélevées à Kembs dans le Grand Canal d'Alsace au point RO 70 CAM en amont du CNPE de Fessenheim.....	86
Tableau 66 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 à Vogelgrün dans le Grand Canal d'Alsace au point R1 73 CAV en aval du CNPE de Fessenheim	87
Tableau 67 : Activité en ⁵⁸ Co mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM) et à Vogelgrün (SD 73 CAV).....	88
Tableau 68 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM). ..	88
Tableau 69 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 145 - conduite sous-marine du CNPE de Flamanville.....	90
Tableau 70 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 146 (eaux sous-marines du CNPE de Paluel) ..	91
Tableau 71 : Activités en ⁵⁴ M n, ⁵⁸ Co et ^{110m} Ag mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2005 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM).....	92
Tableau 72 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point RF 153 - conduite sous-marine du CNPE de Penly	93

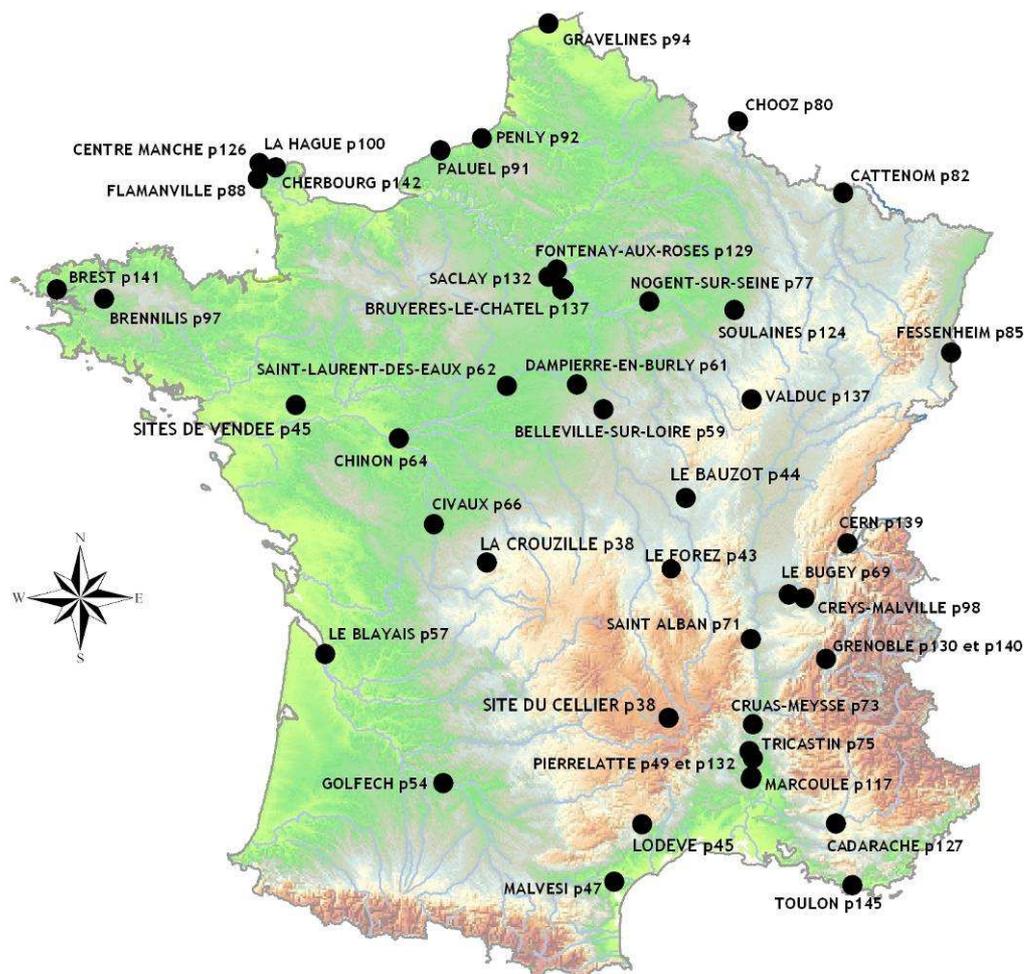
Tableau 73 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point M1 84 (canal marin) du CNPE de Gravelines ...	95
Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2005 au point P1 84 dans l'environnement du CNPE de Gravelines	95
Tableau 75 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du CNPE du Brennilis	98
Tableau 76 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 au point R1 60 sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville	98
Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux de pluie recueillies en 2005 dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	101
Tableau 78 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	102
Tableau 79 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W2 87 (ouest) dans l'environnement du site de la Hague	102
Tableau 80 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	102
Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées au point RO 87 (Nord Est, limnigraphe) sur le site de la Hague	103
Tableau 82 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Digulleville dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	103
Tableau 83 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source RecBoc) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	103
Tableau 84 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague.....	104
Tableau 85 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du centre AREVA de la Hague.....	104
Tableau 86 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P1 87 (piézomètre 106) du site AREVA de la Hague	106
Tableau 87 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P2 87 (piézomètre 222) du site AREVA de la Hague	106
Tableau 88 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P3 87 (piézomètre 326) du site AREVA de la Hague	106
Tableau 89 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P4 87 (piézomètre 358) du site AREVA de la Hague	106
Tableau 90 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées au point P5 87 (piézomètre 702) du site AREVA de la Hague	107
Tableau 91 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2005	107
Tableau 92 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la baie d'Ecalgrain (M 111 JBG)	110
Tableau 93 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans l'anse des Moulinets (M 110 MLN)	110
Tableau 94 : Activités en ⁶⁰ Co et ¹³⁷ Cs mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 sur le long du littoral du Cotentin	112
Tableau 95 : Activités moyennes annuelles mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2005 au large de l'anse des Moulinets	112

Tableau 96 : Activités en ^{90}Sr , ^{131}I et ^{106}Ru mesurées dans les algues marines prélevées en 2005 le long du littoral du Cotentin	115
Tableau 97 : Activités en ^{106}Ru , $^{110\text{M}}\text{Ag}$ et ^{137}Cs mesurées dans les patelles prélevées sur le littoral du Cotentin	117
Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans le Rhône en amont du centre AREVA de Marcoule (R1 50 ROM)	118
Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée dans le Rhône en aval du centre AREVA de Marcoule (R3 50 ROV)	119
Tableau 100 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le contre canal du Rhône, à Codolet	120
Tableau 101 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le Rhône à Caderousse.....	120
Tableau 102 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Roquemaure.....	120
Tableau 103 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon.....	120
Tableau 104 : Activités moyennes annuelles des sédiments prélevés dans le Rhône à Port Saint Louis	121
Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P1 59 SES - site AREVA de Marcoule.....	121
Tableau 106 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P2 59 COD - site AREVA de Marcoule.....	121
Tableau 107 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P9 59 CAD - site AREVA de Marcoule	121
Tableau 108 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P10 59 MON - site AREVA de Marcoule	122
Tableau 109 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P11 59 ORA - site AREVA de Marcoule	122
Tableau 110 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P13 59 MRC - site AREVA de Marcoule	122
Tableau 111 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P14 59 MRC - site AREVA de Marcoule	122
Tableau 112 : Résultats d'analyse de l'eau du puits P15 59 MRC - site AREVA de Marcoule	122
Tableau 113 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2005 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du centre de Marcoule	123
Tableau 114 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2005 au sud du site de Marcoule, dans les vignes.....	123
Tableau 115 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans les Noues d'Amance, à proximité du centre ANDRA (R1 96 NDA)	125
Tableau 116 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Voire, à proximité du centre ANDRA (R2 96 VOI)	125
Tableau 117 : Résultats d'analyse des végétaux aquatiques prélevés dans l'environnement du centre ANDRA de Soulaines.....	126
Tableau 118 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM)	128
Tableau 119 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2005 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV)	128
Tableau 120 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEN de Grenoble	130
Tableau 121 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEN de Grenoble	130
Tableau 122 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEN de Grenoble.....	131
Tableau 123 : Activité en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les sédiments de l'Isère - CEN de Grenoble (SR 77 ISV)	131

Tableau 124 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans 3 piézomètres du site de Saclay (P41 23, P42 23 et P44 23)	136
Tableau 125 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2005 dans l'environnement du Centre de Valduc.....	139
Tableau 126 : Résultats d'analyse des eaux du puits P 612 prélevées dans l'environnement du CERN.....	139
Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2005 dans le Drac (RDI DRM), en amont de l'ILL.....	140
Tableau 128 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Brest (M 122 MN)	141
Tableau 129 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Cherbourg (M 109 MN)	142
Tableau 130 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg	143
Tableau 131 : Résultats d'analyse des mollusques prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg	144
Tableau 132 : Résultats d'analyse des crustacés prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg.....	144
Tableau 133 : Résultats d'analyse des algues prélevés en 2005 dans la grande rade de Cherbourg	144
Tableau 134 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 dans la grande rade de Toulon (M 111 MN)...	145
Tableau 135 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols « AS »	160
Tableau 136 : Résultats d'analyse alpha globale des filtres aérosols « AS »	162
Tableau 137 : Résultats d'analyse des eaux de pluies collectées en 2005 sur des sites hors influence des INB.....	166
Tableau 138 : Résultats des mesures obtenues par les stations du réseau Hydrotéléray en 2005 (cumul des spectres de deux heures).	170
Tableau 139 : Résultats d'analyse des eaux de la Garonne à la station d'Ambès (point R2 116 GA)	171
Tableau 140 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire à la station des Ponts-de-Cé (point R1 46 LOV)	173
Tableau 141 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire à la station de Nantes (point R 168 LO)	173
Tableau 142 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône à la station de Génissiat (point R1 139 RO).....	175
Tableau 143 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône à la station de Vallabrègues (point R1 135 RO)	176
Tableau 144 : Résultats d'analyse des boues de décantation prélevées en 2005 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)	177
Tableau 145 : Résultats d'analyse des eaux du Rhin à la station de Seltz (point R1 136 RIV)	177
Tableau 146 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à la station de Croissy-sur-Seine (point R1 15 SE)	178
Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à la station de Porcheville (point R1 190 SE)	179
Tableau 148 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine à Conflans-Ste-Honorine (point R1 621 SE)	180
Tableau 149 : Résultats d'analyse des sols (stations de suivi continental)	182
Tableau 150 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr dans les sols (stations de suivi continental)	182
Tableau 151 : Résultats d'analyse en ¹³⁷ Cs dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental).....	183
Tableau 152 : Résultats d'analyse en ⁷ Be dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)	183
Tableau 153 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr des végétaux terrestres (stations de suivi continental)	183

Tableau 154 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr des laits de la station de Bellenaves	184
Tableau 155 : Résultats d'analyse de ^{90}Sr des os de lapin (stations de suivi continental)	184
Tableau 156 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer	185
Tableau 157 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer	185
Tableau 158 : Résultats des analyses en ^{234}U et ^{238}U réalisées sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)	185
Tableau 159 : Résultats des analyses en $^{239+240}\text{Pu}$ réalisées sur des prélèvements de terre de rizière en Camargue.. ..	186
Tableau 160 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 sur le littoral Manche et Mer du Nord	188
Tableau 161 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 sur le littoral atlantique	188
Tableau 162 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2005 en Atlantique dans les Antilles	189
Tableau 163 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées sur le littoral méditerranéen.....	189
Tableau 164 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en baie de Seine.....	190
Tableau 165 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr dans les blés des régions administratives.....	193
Tableau 166 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr du lait de la ration du Vésinet	194
Tableau 167 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr de la ration du Vésinet.....	194
Tableau 168 : Résultats d'analyse en ^{14}C de la ration du Vésinet.....	194
Tableau 169: Résultats d'analyse en ^{234}U et ^{238}U de la ration du Vésinet.....	194

Accès direct aux résultats de la surveillance environnementale des sites industriels nucléaires français



Accès direct aux résultats de la surveillance générale du territoire français

Page 150 : LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Page 167 : LE MILIEU CONTINENTAL

Page 187 : LE LITTORAL

Page 190 : LES CONSTITUANTS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

Carte 28 : Sommaire cartographique