

IRSNINSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

BILAN DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT FRANÇAIS EN 2006

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DE L'IRSN

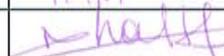
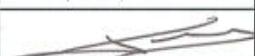
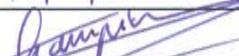
Système de management
par la qualité IRSN certifié**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'INTERVENTION
SERVICE D'ÉTUDE ET DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITÉ
DANS L'ENVIRONNEMENT**

Demandeur	
Référence de la demande	
Numéro de la fiche programme	

**BILAN DE L'ETAT RADIOLOGIQUE
 DE L'ENVIRONNEMENT FRANÇAIS
 EN 2006**

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

Rapport DEI/SESURE n° 2007-72

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur	Chef du SESURE	Directeur de la DEI	Directeur Général
Noms	Voir liste	N. CHAPTAL-GRADOZ	J.M. PERES	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	06/11/2007	07/11/2007	7/11/2007	14/11/2007	20/11/2007
Signatures					

Auteurs :

Nom	Organisme
CHITRY Frédéric	IRSN/DEI/SESURE
CUENDET Pascal	
D'AMICO Donato	
DEBAYLE Christophe	
GUILLEVIC Jérôme	
LE BAIL Claude	
LEPRIEUR Fabrice	
PIERRARD Olivier	
FAYOLLE Corinne	
LOYEN Jeanne	IRSN/DEI/STEME

Les auteurs remercient :

- leurs collègues techniciens de l'IRSN au Laboratoire de veille radiologique de l'environnement, au Laboratoire de Traitement des Echantillons, au Laboratoire de Mesure Nucléaire et au Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville pour la réalisation au quotidien du programme de surveillance radiologique du territoire (télésurveillance, prélèvements, traitements et mesures des échantillons...),
- l'ensemble des correspondants du laboratoire répartis sur le territoire national et contribuant aux prélèvements réguliers d'échantillons (administrations locales, exploitants du nucléaire, laboratoires privés, particuliers, fermiers...).

Contact :

Pour toute information complémentaire, vous pouvez contacter :

IRSN/DEI/SESURE/LVRE

31 rue de l'Ecluse

BP 40035

78116 Le Vésinet Cedex

- SOMMAIRE -

I. AVANT PROPOS.....	11
II. RAPPEL DES MISSIONS DE L'IRSN.....	13
III. MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS.....	16
IV. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT.....	17
IV.1. LES OBJECTIFS DE LA VEILLE RADIOLOGIQUE.....	17
IV.2. ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE ET MOYENS ALLOUES	17
IV.2.1 <i>Les réseaux de télésurveillance</i>	19
IV.2.2 <i>Les réseaux de prélèvements</i>	20
IV.3. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR LE CHOIX DES STATIONS DE SURVEILLANCE	23
IV.3.1 <i>Choix des stations de prélèvements</i>	23
IV.3.2 <i>Choix des matrices environnementales</i>	24
IV.3.3 <i>Plan d'analyse</i>	25
IV.3.4 <i>Préparation et conditionnement des échantillons</i>	26
IV.3.5 <i>Radiochimie et mesures physiques</i>	27
V. EVENEMENTS RADIOLOGIQUES DETECTES EN 2006.....	30
V.1. ELEVATION GENERALE DU NIVEAU D'ACTIVITE BETA GLOBALE DANS LES AEROSOLS EN JANVIER 2006.....	30
V.2. DETECTION D'UNE ACTIVITE ELEVEE DUE AU TRITIUM DANS L'ATMOSPHERE DANS L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE VALDUC EN AVRIL 2006.....	34
V.3. ELEVATION DU DEBIT DE DOSE SUR LA STATION TELERAY DE LYON SAINT-EXUPERY LE 15 SEPTEMBRE 2006.....	35
VI. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES SITES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE	36
VI.1. LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE.....	36
VI.2. LA SURVEILLANCE DES EFFLUENTS RADIOACTIFS	37
VI.3. LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT A PROXIMITE DES SITES NUCLEAIRES	40
VI.4. PRESENTATION DES RESULTATS.....	40
VI.5. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES ANCIENS SITES MINIERS.....	41
VI.5.1 <i>Site du Cellier (12)</i>	42
VI.5.2 <i>Division minière de la Crouzille (87)</i>	42
VI.5.3 <i>Site du Forez (42)</i>	46
VI.5.4 <i>Site du Bauzot (71)</i>	47
VI.5.5 <i>Site de Lodève (34)</i>	47
VI.5.6 <i>Site de Vendée (44)</i>	48
VI.6. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AMONT DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE	49
VI.6.1 <i>Site de Malvesi (11)</i>	49
VI.6.2 <i>Site de Pierrelatte (26)</i>	49
VI.7. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRALES NUCLEAIRES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE	53
VI.7.1 <i>Bassin versant de la Garonne (82, 33)</i>	53
VI.7.2 <i>Bassin versant de la Loire (18, 45, 41, 37, 86)</i>	57
VI.7.3 <i>Bassin versant du Rhône (01, 38, 07, 26)</i>	66
VI.7.4 <i>Bassin versant de la Seine - Nogent-sur-Seine (10)</i>	72
VI.7.5 <i>Bassin versant de la Meuse - Chooz (08)</i>	74
VI.7.6 <i>Bassin versant de la Moselle - Cattenom (57)</i>	76

VI.7.7 Bassin versant du Rhin - Fessenheim (68).....	79
VI.7.8 Le littoral de la Manche (50, 76, 59).....	82
VI.7.9 Installations à l'arrêt (29, 38).....	89
VI.8. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUÉES EN AVAL DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE.....	91
VI.8.1 Site de la Hague (50).....	91
VI.8.2 Site de Marcoule (30).....	107
VI.9. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE STOCKAGE DES DECHETS.....	112
VI.9.1 Centre de stockage de Soullaines (10).....	113
VI.9.2 Centre de stockage de la Manche (50).....	113

VII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DES BASES NAVALES NUCLEAIRES 114

VII.1. LES CENTRES DE RECHERCHE.....	114
VII.1.1 CEA - centre de Cadarache (13).....	114
VII.1.2 CEA - centre de Fontenay-aux-Roses (92).....	116
VII.1.3 CEA - centre de Grenoble (38).....	117
VII.1.4 CEA - centre de Valhro - Sites de Pierrelatte (26) et Marcoule (30).....	118
VII.1.5 CEA - centre de Saclay (91).....	118
VII.1.6 CEA - centre de Bruyères-le-Châtel (91).....	123
VII.1.7 CEA - centre de Valduc (21).....	123
VII.1.8 CERN - Prévessin (01).....	126
VII.1.9 Institut Laue Langevin - Grenoble (38).....	127
VII.2. LES BASES NAVALES NUCLEAIRES.....	127
VII.2.1 Brest (29).....	127
VII.2.2 Cherbourg (50).....	129
VII.2.3 Toulon (83).....	131

VIII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES REJETS RADIOACTIFS DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE..... 132

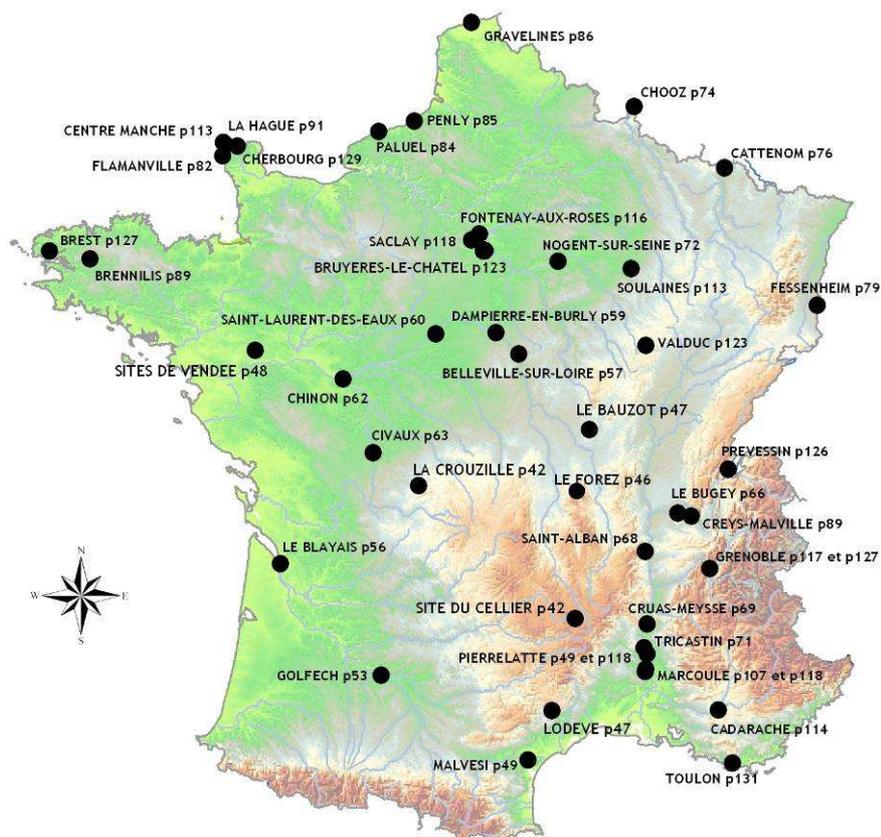
VIII.1. UTILISATION DES RADIONUCLEIDES EN MEDECINE NUCLEAIRE.....	132
VIII.2. LE RESEAU TELEHYDRO.....	132
VIII.2.1 Principe de fonctionnement.....	133
VIII.2.2 Résultats acquis en 2006.....	135

IX. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE..... 136

IX.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE.....	136
IX.1.1 L'air.....	136
IX.1.2 Les aérosols atmosphériques.....	144
IX.1.3 Les eaux de pluies.....	154
IX.2. LE MILIEU CONTINENTAL.....	156
IX.2.1 Les cours d'eau (fleuves et rivières).....	156
IX.2.2 Les stations de suivi continental terrestre.....	167
IX.2.3 Cas particulier des rizières de Camargue.....	171
IX.3. LE LITTORAL.....	173
IX.3.1 Les eaux de mer.....	173
IX.4. LES CONSTITUANTS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE.....	175
IX.4.1 Le lait.....	175
IX.4.2 Le blé.....	177
IX.4.3 La ration alimentaire.....	178

X. DIFFUSION DES DONNEES SUR INTERNET	180
X.1. LE SITE TELERAY	180
X.2. LE SITE EAU	181
X.3. LE SITE AEROSOL	182
XI. GLOSSAIRE.....	183
XII. ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS	186
XII.1. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?.....	186
XII.2. LA PERIODE RADIOACTIVE D'UN ELEMENT	186
XII.3. D'OU VIENT LA RADIOACTIVITE ?.....	187
<i>XII.3.1 Les sources d'exposition naturelle.....</i>	<i>187</i>
<i>XII.3.2 Les sources d'exposition provenant des applications des rayonnements ionisants... 188</i>	<i>188</i>
XII.4. LES RAYONNEMENTS IONISANTS.....	188
<i>XII.4.1 Les différents rayonnements ionisants.....</i>	<i>188</i>
<i>XII.4.2 Les effets biologiques des rayonnements ionisants</i>	<i>189</i>
<i>XII.4.3 Les modes d'exposition aux rayonnements</i>	<i>189</i>
XIII. NOTIONS DE RADIOPROTECTION.....	191
XIV. INDEX DES FIGURES.....	192
XV. INDEX DES CARTES	195
XVI. INDEX DES TABLEAUX.....	196

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 136 : LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Page 156 : LE MILIEU CONTINENTAL

Page 173 : LE LITTORAL

Page 175 : LES CONSTITUANTS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

I. AVANT PROPOS

La surveillance radiologique de l'environnement français est une mission permanente de l'IRSN dans le cadre des politiques publiques de sûreté nucléaire et de radioprotection, participant à garantir au mieux la protection des populations. Cette mission a pour objectif de contribuer au contrôle des rejets radioactifs, et de vérifier les niveaux radiologiques de l'environnement en exploitant des dispositifs permanents d'alerte. Cette surveillance 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 2006, 31000 prélèvements ont été effectués, donnant lieu à plus de 58 000 analyses. Pour les réseaux de télésurveillance, environ 19 millions de mesures gamma ambiant, 114 000 mesures sur les aérosols et 347 000 dans les eaux ont été réalisées.

Afin de répondre aux objectifs fixés, le choix d'implantation des stations de surveillance prend en compte la présence des termes sources potentiels tels que les installations nucléaires. 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 possible qui permettent de s'assurer de l'absence de risque sanitaire.

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.

En 2006, du point de vue qualitatif, les niveaux de radioactivité mesurés par le dispositif de surveillance de l'IRSN sont restés dans la gamme habituellement observée. Néanmoins, les réseaux de surveillance de l'IRSN ont détecté à trois reprises une élévation inhabituelle de la radioactivité dont l'une est d'origine artificielle. Ces événements sont décrits au chapitre V.

Par ailleurs en 2006, du point de vue technique, les premières études de modernisation technique du réseau de télésurveillance Téléray et du réseau de surveillance automatisée des aérosols ont débuté. Ce projet s'étalera sur plusieurs années.

Enfin, en termes d'information du public, l'IRSN a poursuivi la diffusion des résultats de télémessure de la radioactivité gamma ambiante ainsi que ceux de la mesure de la radioactivité dans les eaux, boues et sédiments sur le site internet www.irsn.org, rubrique « radioactivité dans l'environnement ». En complément, le présent bilan est diffusé chaque année à 400 correspondants (préfectures, DRASS, DDASS, CLI, associations...) sous format papier ou CD ROM. En outre, ce bilan peut être téléchargé à la même rubrique.

L'édition 2006 constitue la troisième parution du bilan annuel de l'état radiologique de l'environnement, pour laquelle une attention particulière a été apportée à l'amélioration du délai de publication. Pour fournir un meilleur éclairage sur les métiers relatifs à la surveillance radiologique de l'environnement à l'IRSN, deux paragraphes ont également été intégrés au chapitre IV pour expliciter les techniques de préparation et de mesure des échantillons en laboratoire.

Je vous souhaite une agréable lecture de ce bilan, en souhaitant qu'il réponde à vos attentes, et en vous remerciant par avance de nous faire part de vos commentaires et suggestions d'améliorations en complétant le formulaire joint à cet effet.

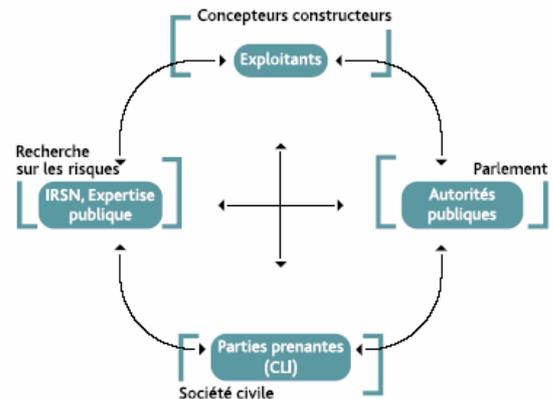
Jacques Repussard
Directeur Général

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 prévention des risques nucléaires repose sur quatre piliers complémentaires :

- **Les exploitants** sont responsables de la sûreté 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** déterminent les politiques de sûreté nucléaire et de radioprotection. Elles organisent et mettent en œuvre le contrôle.
- **L'IRSN, pôle public d'expertise** sur les risques nucléaires, 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 hommes et de l'environnement aux rayonnements. L'expertise de l'IRSN repose sur ses activités de recherche, conçues le plus souvent dans un cadre international, qui lui assurent les moyens d'investigation 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 à caractère Industriel et Commercial (EPIC) rattaché aux ministres chargés de l'écologie, de la recherche, de la santé, de la défense et de l'industrie.

Son budget (290 M€ en 2006) est financé à hauteur de 85 % 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 1500 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 activités nucléaires civiles ou de défense :

- **la sûreté des installations nucléaires** (on en dénombre environ 250, dont 58 réacteurs EDF et 85 installations intéressant la défense, parmi lesquelles le porte-avions *Charles de Gaulle* et 10 sous-marins),
- **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 de boisson et de la chaîne alimentaire,
- **la protection des matières nucléaires 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 déployer 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 radioactivité dans l'environnement, de cartographier ces rejets 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 nucléaire :

- **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.

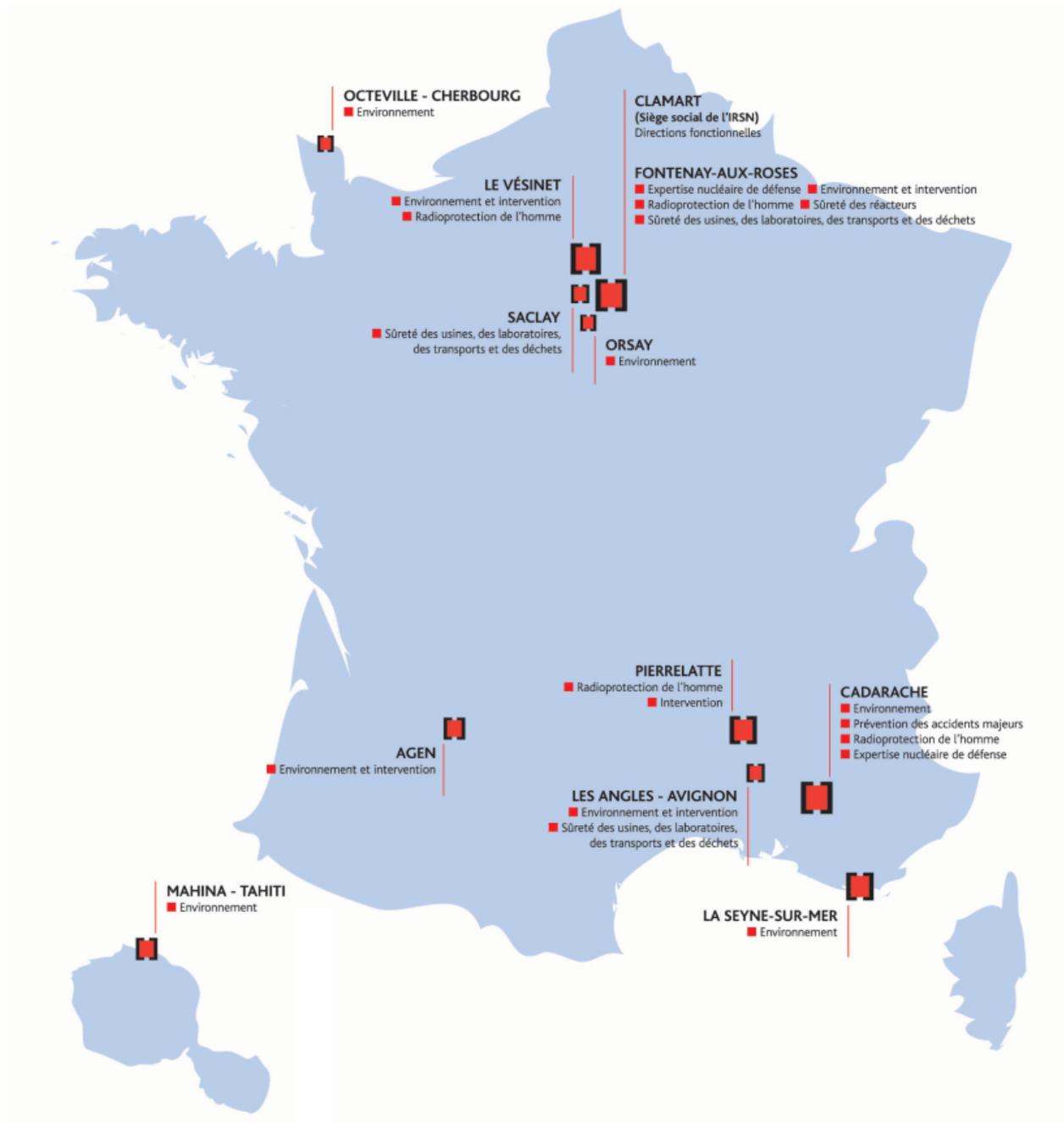


Figure 1 : Implantations des sites de l'IRSN

III. MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS

Ce rapport annuel a été élaboré dans l'objectif 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 la radioactivité (CNPE, 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 ou des protocoles 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 ;
- 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 appliqués pour des raisons géographiques, historiques ou à titre d'étude.

La majeure partie 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 au dos de la couverture de ce document).

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 10) et en fin de rapport (page 201) : il permet de visualiser facilement l'ensemble des stations de surveillance sur le territoire français et de retrouver aisément les pages recherchées.

IV. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

IV.1. LES OBJECTIFS DE LA VEILLE RADIOLOGIQUE

La surveillance radiologique du territoire français est 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 à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

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

- mesurer 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 ;
- participer au contrôle des rejets radioactifs et contribuer à l'évolution de la réglementation dans ce domaine ;
- observer l'évolution spatiale et temporelle de la radioactivité dans l'environnement afin d'établir les contributions des différentes sources de radionucléides ;
- 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 : installations nucléaire du cycle du combustible (Chapitre VI), sites de recherches et d'études et bases navales (chapitre VII), services de médecine nucléaire (chapitre VIII) ;
- la surveillance générale du territoire, depuis les diverses composantes de l'environnement jusqu'à l'homme (chapitre IX).

Pour chaque compartiment étudié, l'IRSN dispose ainsi 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).

Les résultats de l'année 2006 sont donc présentés selon cette logique.

IV.2. ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE ET MOYENS ALLOUES

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

- la mesure continue in situ par des systèmes autonomes permettant la transmission en temps réel des résultats (réseaux de télésurveillance) ;

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

- le traitement et la mesure en laboratoire d'échantillons prélevés dans différents compartiments de l'environnement (réseaux de prélèvements).

Les positions des stations de mesure et des points de prélèvements 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 homogène du territoire national.

Pour couvrir l'ensemble du territoire, les prélèvements d'échantillons et les opérations de maintenance des stations de télémesure sont réalisés par les équipes de l'IRSN mais également 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 ;
- des institutions locales et des services déconcentrés de l'état : mairies, préfectures, directions régionales et/ou 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, ...).

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 (chapitre IX.1.1.1) ;
- **SARA** : réseau dédié à la surveillance en continu de la radioactivité des aérosols atmosphériques (chapitre IX.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 (chapitre IX.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 (chapitre VIII.2).

Un serveur centralisé reçoit automatiquement les données de ces quatre réseaux et les stocke. La salle de télésurveillance située au Vésinet est dédiée aux échanges et à la consultation des données ainsi qu'au pilotage des réseaux en situation d'urgence radiologique.

Tableau 1 : Nombre de mesures collectées en 2006 par les réseaux de télésurveillance

Réseau	Nombre de mesures /an
Téléray (180 stations)	19 000 000
SARA (13 stations)	114 000
Hydrotéléray (7 stations)	31 000
Téléhydro (9 stations)	316 000



Figure 2 : Salle de télésurveillance de l'IRSN

L'année 2006 a été le point de départ d'une modernisation en profondeur des réseaux de télémessure de la radioactivité. En pratique, il est prévu de rénover l'ensemble de la chaîne d'acquisition allant des capteurs jusqu'aux bases de données, ainsi que le logiciel de supervision des réseaux de télésurveillance.

L'objectif est de passer de réseaux physiquement disjoints aujourd'hui à une infrastructure unique pilotée par un système de centralisation garantissant une meilleure pérennité et une plus grande modularité pour les évolutions ultérieures. Cette phase doit durer jusqu'en 2010.



Figure 3 : Inter-comparaison de sondes de mesure du débit de dose en Allemagne

Ainsi, les réseaux SARA et Téléhydro seront modernisés sur la base de développements de nouvelles balises plus performantes et plus compactes. Ces prototypes seront ensuite testés et qualifiés.

Les futures sondes du réseau Téléray seront sélectionnées sur la base de tests techniques parmi les appareils disponibles sur le marché. Seul le réseau Hydrotéléray ne fait pas l'objet d'une rénovation à l'heure actuelle.

Les données collectées par l'ensemble de ces appareils seront ensuite intégrées dans une même interface de supervision.

IV.2.2 LES RESEAUX DE PRELEVEMENTS

Les réseaux de surveillance par prélèvements de l'IRSN sont constitués par plus de 600 points de prélèvements manuels et stations de prélèvements automatisées.

Ces prélèvements concernent :

- les effluents rejetés sous formes gazeuse, aérosols ou liquide par les installations,
- 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 - appelé réseau DTL) ;
 - le compartiment terrestre (prélèvements d'eaux de surface continentales, de matières en suspension (MES), de boues de décantations, sédiments, sols, végétaux, et de produits de la chaîne alimentaire (lait, blé, riz, ration alimentaire) ;
 - le compartiment marin (prélèvements d'eaux de surface marines, de faune et flore aquatique).

En 2006, 31 000 prélèvements de 29 types différents ont été effectués sur l'ensemble du territoire français. Ils ont donné lieu à plus de 58 000 analyses.



Figure 4 : Prélèvements d'échantillons d'eaux



Figure 5 : Réception et enregistrement des échantillons dans les laboratoires de l'IRSN

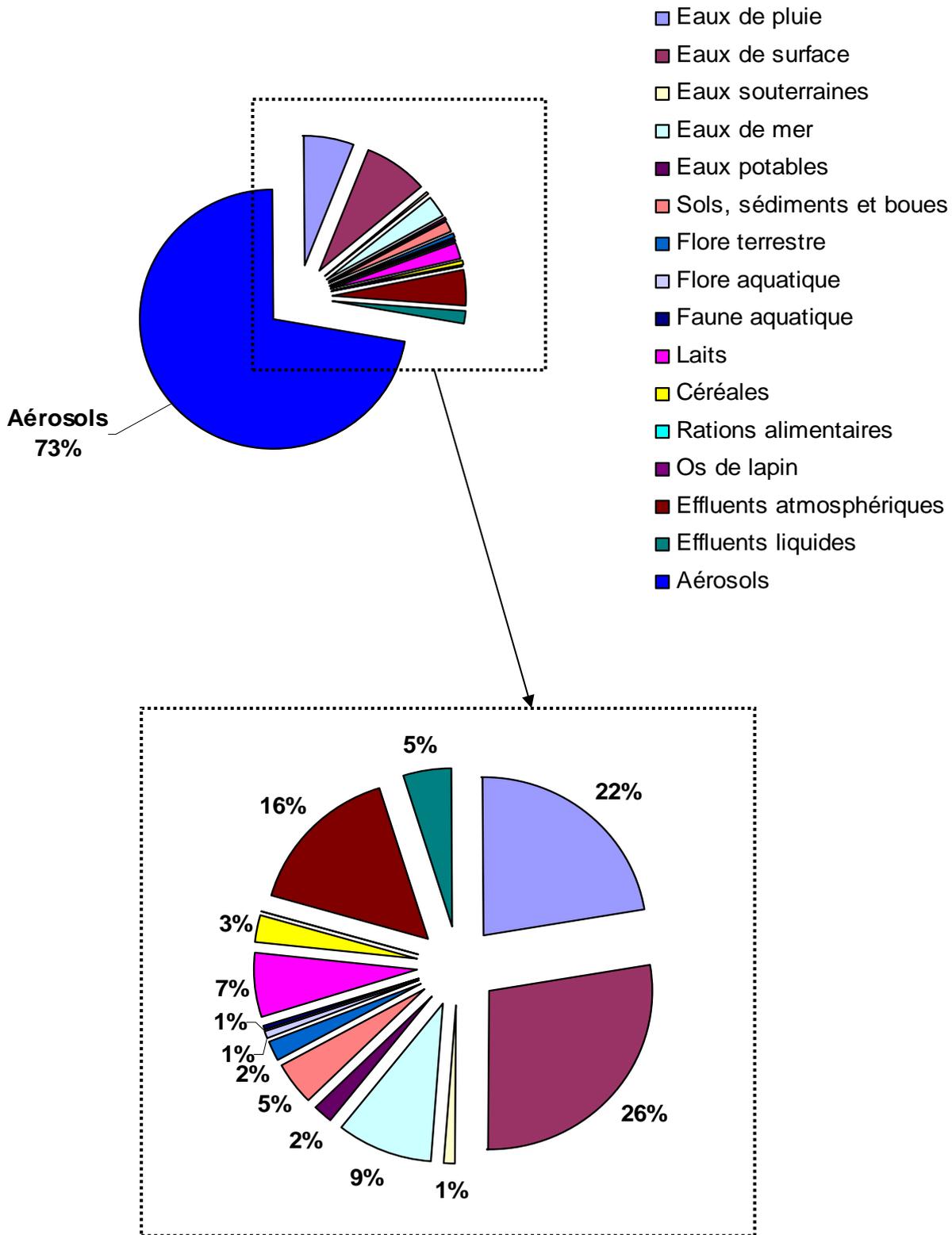


Figure 6 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2006 et zoom sur la répartition hors matrice des aérosols

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

Les rejets d'éléments contaminants, radioactifs ou non, dans les milieux récepteurs continentaux et marins présentent des caractéristiques et des mécanismes de transfert similaires. 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 bio-indicateurs 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 conditionne la représentativité et la validité des mesures dépend de la stratégie d'échantillonnage adoptée. Pour chaque milieu étudié, 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 COMPARTIMENT TERRESTRE

Dans le compartiment 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 éloignées de toute activité nucléaire significative. Ces stations permettent d'évaluer la composante radiologique 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 COMPARTIMENT AQUATIQUE CONTINENTAL

Dans ce compartiment, 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. Les échantillons d'eau sont donc prélevés à la fois en amont et en aval d'un site surveillé, pour déterminer, par comparaison des résultats, la contribution effective de cette installation.

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 COMPARTIMENT 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 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 compartiments 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 COMPARTIMENT TERRESTRE

Milieux/Produits	Justification	Moyens IRSN
Air	Milieu récepteur des rejets atmosphériques. Les particules et les gaz radioactifs présents dans l'air délivrent une dose à l'homme par irradiation externe et interne (inhalation)	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 la radioactivité par dépôt 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 important de 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 chaque mois

IV.3.2.2 COMPARTIMENT 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 (M.E.S.)	Les M.E.S. sont des supports privilégiés des radionucléides. Leur mobilité contribue à la contamination des berges, des plages ou des terres après des épisodes de crues	M.E.S.
Sédiments	Les sédiments sont de bons intégrateurs de contamination, et constituent un réservoir de contamination du milieu aquatique par des phénomènes de désorption	Sédiments
Poissons	Régulièrement consommés par l'homme, les poissons sont de bons intégrateurs des radionucléides	Poissons
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 COMPARTIMENT 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 (M.E.S.)	Les M.E.S. sont des supports privilégiés des radionucléides. Leur mobilité contribue à la contamination des berges, des plages ou des terres après des épisodes de crues	M.E.S.
Sédiments	Les sédiments sont de bons intégrateurs de radionucléides et constituent un réservoir de contamination du milieu aquatique par des phénomènes de désorption	Sédiments
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
Mollusques	De par leur mode de nutrition, les mollusques marins sont de bons bio-indicateurs de surveillance à long terme, qu'ils soient filtreurs ou brouteurs	Mollusques
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 préparé et conditionné en fonction des analyses radiologiques auxquelles il va être soumis.

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 VI.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.

IV.3.4 PREPARATION ET CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

La mesure de la radioactivité sur un échantillon débute par sa préparation physique. Celle-ci va du simple conditionnement en container de géométrie normalisée à une préparation plus élaborée comme le séchage, la calcination complète ou la lyophilisation de l'échantillon. Dans la plupart des cas, l'analyse ne nécessite pas d'utiliser l'intégralité de l'échantillon. Celui-ci est alors homogénéisé préalablement afin que la prise pour essai n'induisse pas de biais sur la représentativité de la mesure.

Les différents types de préparation des échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Milieux/Produits	Types de préparation	Etats du produit	Types de mesures réalisées
Air	Fixation des poussières	Filtre collodionné Cartouche de piège à iode	Spectrométrie gamma Comptages globaux (α , β)
Eaux de pluie Eaux de Mer Eaux de Rivières	Homogénéisation Mélange Filtration Evaporation	Eau brute Eau filtrée Matières en suspension	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha Comptages globaux (α , β) Strontium 90 Tritium
Sols Boues Sédiments	Séchage Broyage Homogénéisation Calcination	Produit frais Produit sec Cendres	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha Comptages globaux (α , β) Strontium 90 C élémentaire, carbone 14
Productions végétales Céréales	Séchage Broyage Homogénéisation Calcination Lyophilisation	Produit frais Produit sec	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha Tritium libre Strontium 90 Comptages globaux (α , β) C élémentaire, carbone 14 Strontium + Terres Rares
Lait	Homogénéisation	Produit lyophilisé	
Poissons Crustacés Mollusques Algues	Séparation de la chair Séchage Broyage Homogénéisation Lyophilisation Calcination	Phase liquide Cendres	
Os de lapin	Séchage Broyage Calcination	Produit sec Cendres	Comptages globaux (β) Strontium 90 Calcium
Ration alimentaire	Découpage Séchage Broyage Homogénéisation Calcination	Produit sec Cendres	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha C élémentaire, carbone 14 Strontium 90

L'IRSN assure également l'archivage d'une partie des échantillons analysés (filtres d'air), en vue d'une éventuelle analyse ultérieure par des moyens complémentaires ou plus performants.



Figure 7 : Préparation de coquilles Saint Jacques dans les laboratoires de l'IRSN

IV.3.5 RADIOCHIMIE ET MESURES PHYSIQUES

Chaque échantillon est transmis au laboratoire de métrologie pour y être analysé.

La nécessité de concentrer l'échantillon ou d'extraire les radionucléides à mesurer implique la mise en œuvre d'une plate-forme technique répartie sur environ 2 500 m² qui permet de réaliser au meilleur niveau de qualité tout ou partie des étapes conduisant à la caractérisation des radionucléides présents dans un échantillon.

Après la préparation préliminaire (séchage, broyage, calcination...) présentée précédemment, les laboratoires de radiochimie réalisent des traitements poussés aboutissant généralement à la concentration ou à la séparation des radionucléides recherchés. Ces laboratoires disposent de moyens de traitement physico-chimique des échantillons (sorbonnes, fours, systèmes de filtration, évaporateurs automatiques, balances de précision, centrifugeuses, bombes à combustion...) ainsi que des moyens d'analyses physico-chimiques (absorption atomique, ICP-AES, fluorimètre).

À l'issue de cette phase, les échantillons sont mis sous forme de sources et transmis aux laboratoires de mesure nucléaire. Un parc de plus de 200 compteurs ou spectromètres (compteurs proportionnels alpha-bêta, compteurs alpha à photomultiplicateurs, compteurs à scintillation liquide, détecteurs gamma de type germanium avec passeurs d'échantillons, détecteurs gamma de type NaI, chambres à grille avec passeur et semi-conducteurs) permet la détection des rayonnements alpha, bêta ou gamma.

La qualité des mesures effectuées est assurée par l'utilisation de traceurs ou de sources étalons de référence spécifiques en termes d'activité, de densité et de nature, et réalisés au sein de l'Institut.

La compétence est démontrée par les bons résultats obtenus aux essais inter-laboratoires et reconnue par l'accréditation COFRAC et la participation active aux groupes de travail liés à la normalisation des méthodes.

Le référentiel d'accréditation suivi est la norme NF EN ISO/CEI 17025. Les domaines couverts par les accréditations sont :

- l'« analyse en laboratoire des radionucléides présents dans tous types d'échantillons de l'environnement » (programme n° 135 du COFRAC) ;
- l'« analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : radionucléides » (programme n° 99-4 du COFRAC).

La palette des compétences métrologiques mises en œuvre pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement peut se résumer comme suit :

- Mesures alpha-bêta globales pour le suivi des filtres d'aérosols et des eaux ;
- Mesure du ^{226}Ra ;
- Mesure des émetteurs bêta (^3H , ^{14}C , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{241}Pu , ^{210}Pb ...) ;
- Mesure des émetteurs de rayonnements gamma naturels ou artificiels (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{125}Sb , ^{131}I , ^{129}I , ^{40}K , ^7Be , ^{210}Pb , ^{234}Th , ^{214}Pb , ^{222}Rn ...) ;
- Mesure des émetteurs alpha tels que plutonium, ^{241}Am et ^{244}Cm , uranium, thorium et ^{210}Po ;
- Mesure des éléments stables tels que K, Na, Ca, Fe, Sr, Ni, Pb, U.

Plus de 30 000 échantillons sont analysés chaque année, ce qui conduit à environ 100 000 mesures de radioactivité.



Figure 8 : Traitement en vue de la mesure du radium 226 dans les eaux

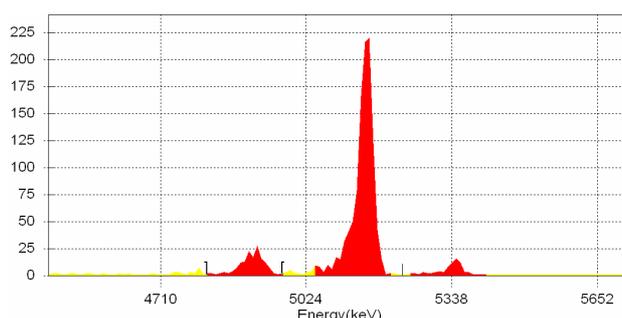


Figure 9 : Spectre des isotopes du polonium dans une eau suite à la radiochimie séparative



Figure 10 : Mesure d'échantillons de lait sur une chaîne de spectrométrie gamma

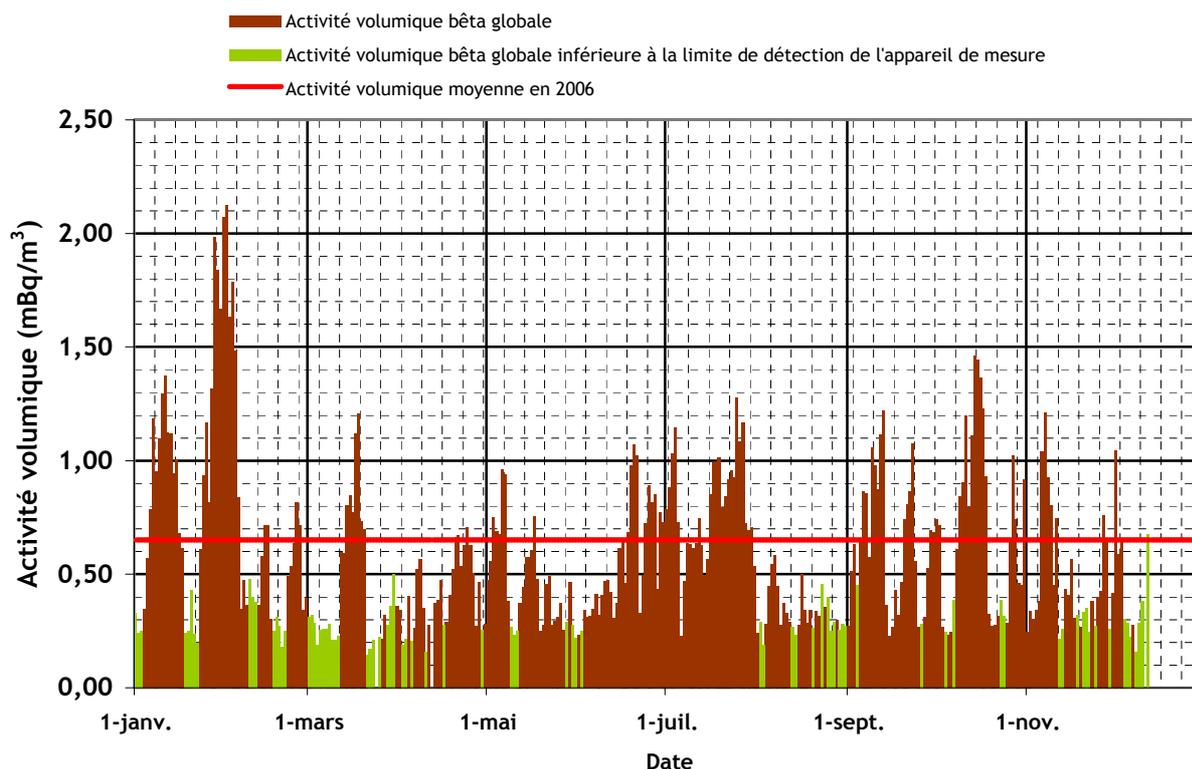


Figure 11 : Activité volumique bêta globale mesurée au-cours de l'année 2006 sur les filtres aérosols du CNPE de Tricastin

En outre, le 27 janvier, l'ingénieur d'astreinte du réseau Télecay a constaté une augmentation du débit de dose gamma sur plusieurs sites de la vallée du Rhône. Son enquête a montré qu'aucun incident ne s'était produit sur une installation nucléaire (Figure 12, Figure 13).

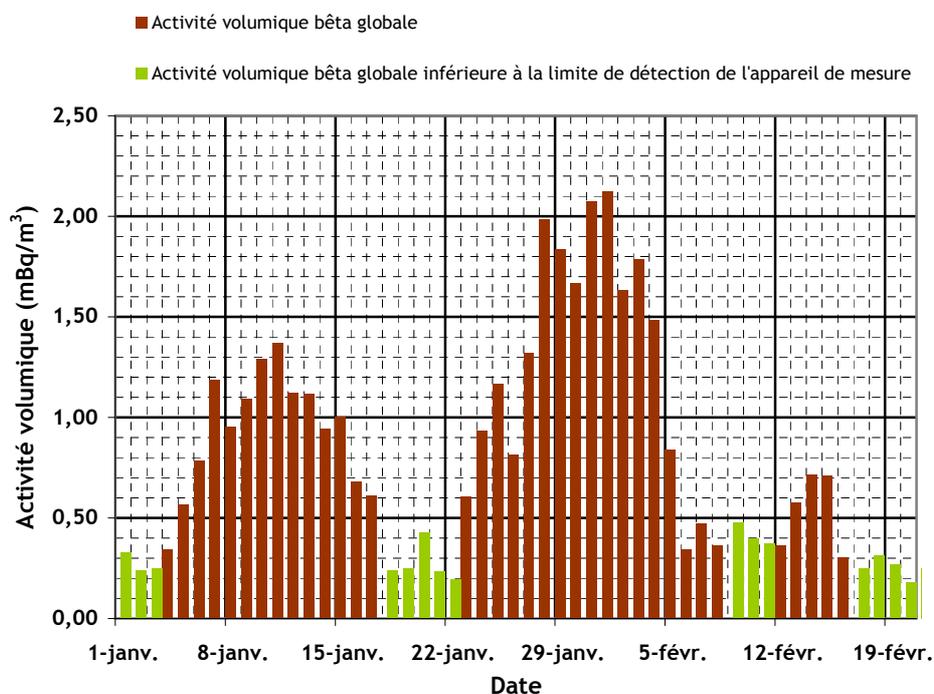


Figure 12 : Activité volumique bêta globale mesurée sur les filtres aérosols du CNPE de Tricastin

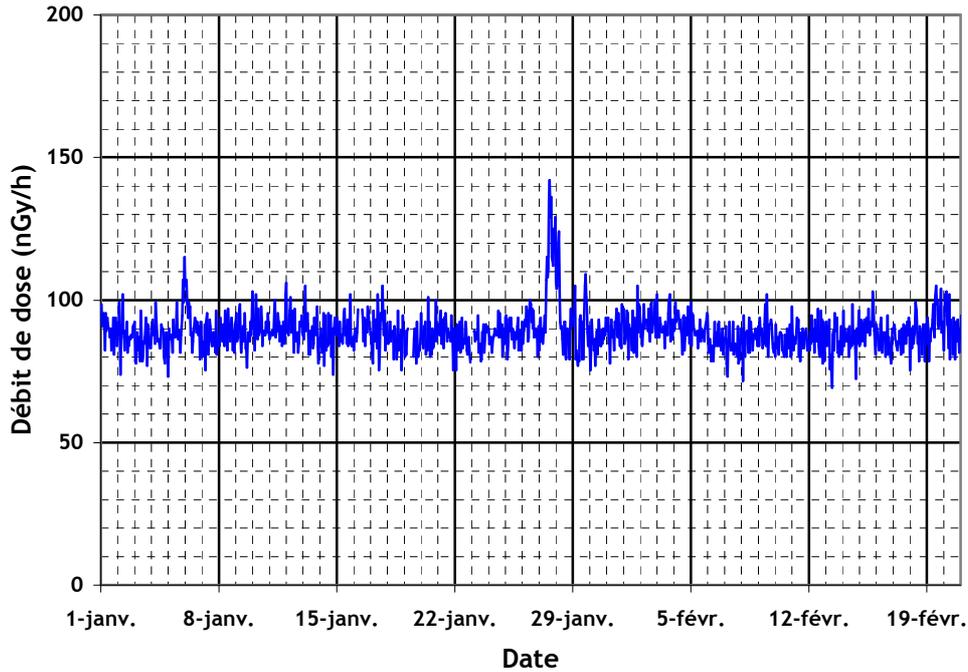


Figure 13 : Débit de dose mesuré sur le CNPE de Tricastin par la sonde Téléray

Les analyses effectuées sur les prélèvements d'aérosols n'ont révélé la présence d'aucun radioélément artificiel (Tableau 2). Les radioéléments naturels susceptibles d'être à l'origine de l'augmentation de l'activité bêta globale (plomb 210, béryllium 7...) n'ayant pas été mesurés significativement (activité en-dessous de la limite de détection) sur tous les prélèvements, une spectrométrie gamma a été effectuée sur des regroupements de plusieurs prélèvements d'un même site.

Ces nouvelles mesures n'ont mis en évidence aucun radionucléide artificiel. Par contre, l'activité du plomb 210 (radionucléide naturel issu de la désintégration du radon 222), mesurée cette fois significativement sur chacun des regroupements (Tableau 3), explique complètement les valeurs d'activité bêta globale.

Tableau 2 : Résultats des mesures complémentaires effectuées sur les prélèvements d'aérosols dont l'activité bêta globale était supérieure à 2,5 mBq/m³ (Résultats exprimés en mBq/m³)

Date (du début de prélèvement)	SITE	Activité bêta globale	Activité alpha globale	137Cs	210Pb	7Be
30/01/2006	BELLENAVES	2,86 ± 0,26	0,219 ± 0,049	< 0,78		
31/01/2006	BELLENAVES	2,51 ± 0,23	0,251 ± 0,054	< 0,61		
01/02/2006	CREYS-MALVILLE	2,68 ± 0,25	0,102 ± 0,036	< 0,44	< 4,49	< 4,25
01/02/2006	EURODIF	2,91 ± 0,27	0,160 ± 0,048	< 0,45	< 4,27	< 5,35
31/01/2006	EURODIF	2,59 ± 0,24	< 0,341	< 0,46	< 4,67	< 4,62
28/01/2006	LYON	2,63 ± 0,24	0,121 ± 0,040	< 0,53		
31/01/2006	LYON	3,04 ± 0,29	0,201 ± 0,054	< 0,83		
03/02/2006	LYON	2,67 ± 0,25	< 0,264	< 0,72		
01/02/2006	MONTFAUCON	2,51 ± 0,22	0,110 ± 0,032	< 0,50		
01/02/2006	MARCOULE	2,90 ± 0,27	0,188 ± 0,053	< 0,50	< 4,75	< 4,70
31/01/2006	MARCOULE	2,55 ± 0,25	< 0,281	< 0,47	< 4,54	4,40 ± 2,29
29/01/2006	MARCOULE	2,59 ± 0,25	0,172 ± 0,049	< 0,46	< 4,66	4,72 ± 2,31
03/02/2006	MARCOULE	2,57 ± 0,66	0,183 ± 0,052	< 0,47	3,29 ± 1,81	3,93 ± 2,29
31/01/2006	MONTELMAR	2,51 ± 0,22	0,193 ± 0,042	< 0,55		
01/02/2006	PHENIX	2,66 ± 0,27	0,173 ± 0,058	< 0,59	< 5,32	< 6,31

Dans les tableaux 2 et 3, aucun radioélément artificiel n'est mesuré. Pour information, seule la limite de détection pour le césium 137 est donnée.

Tableau 3 : Résultats des mesures de spectrométrie gamma sur des regroupements de plusieurs prélèvements d'un même site (résultats exprimés en mBq/m³)

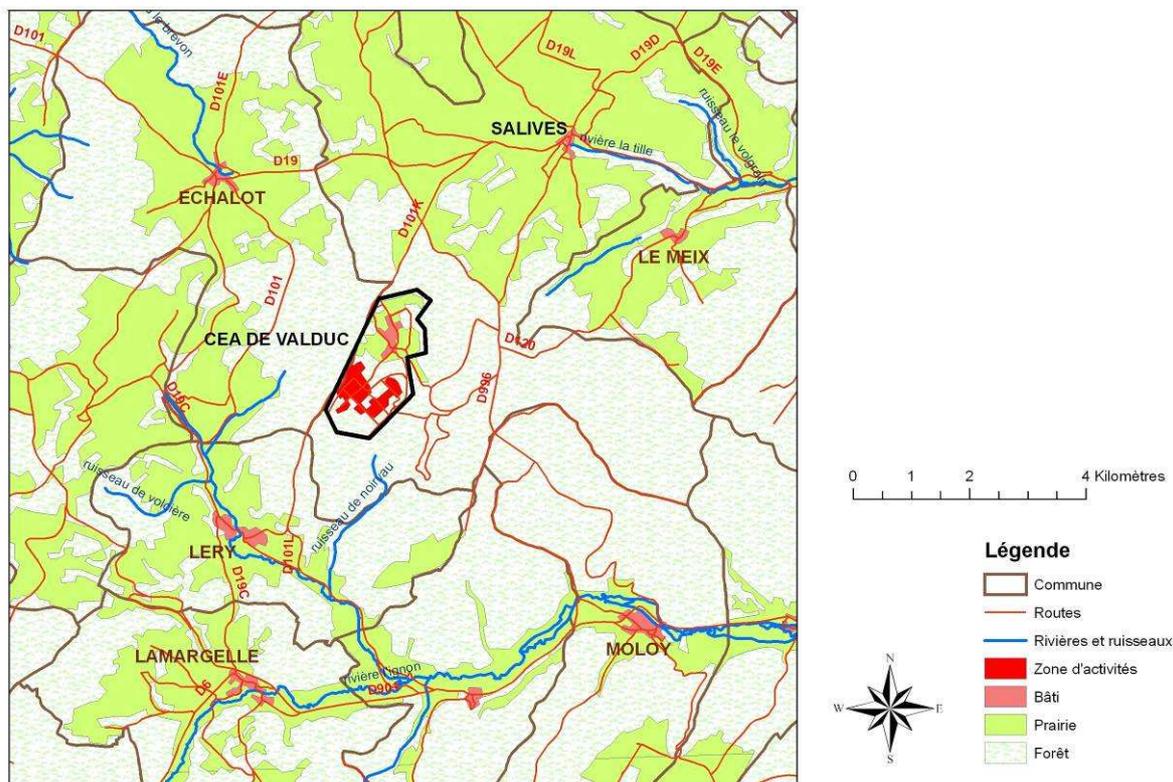
Date (période du regroupement)	SITE	Activité bêta globale	137Cs	210Pb	7Be
27/01/2006 9h00 02/02/2006 14h00	BELLENAVES	2,4 ± 0,24	< 0,062	3,4 ± 0,48	4,0 ± 0,72
29/01/2006 9h00 05/02/2006 10h05	CREYS-MALVILLE	2,1 ± 0,21	< 0,068	2,4 ± 0,62	2,4 ± 0,43
29/01/2006 10h05 04/02/2006 10h40	EURODIF	2,3 ± 0,23	< 0,058	2,7 ± 0,41	4,3 ± 0,69
28/01/2006 8h00 04/02/2006 8h45	LYON	2,5 ± 0,25	< 0,079	3,1 ± 0,53	4,4 ± 0,84
29/01/2006 8h30 02/2/2006 8h30	MONTFAUCON	2,1 ± 0,21	< 0,1	3,1 ± 0,62	5,0 ± 0,96
28/01/2006 9h00 05/02/2006 9h00	MARCOULE	2,4 ± 0,24	< 0,069	2,6 ± 0,44	4,1 ± 0,74
28/01/2006 8h30 02/02/2006 8h35	MONTELMAR	2,2 ± 0,22	< 0,083	2,8 ± 0,50	3,8 ± 0,76
28/01/2006 9h00 04/02/2006 9h00	PHENIX	2,2 ± 0,22	< 0,11	2,4 ± 0,62	3,5 ± 1,0

En conclusion, compte tenu des analyses effectuées sur les prélèvements d'aérosols, la hausse de l'activité volumique bêta globale constatée sur le territoire métropolitain au-cours de la période du 23 janvier 2006 au 6 février 2006 est vraisemblablement due aux conditions climatiques rencontrées.

Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que, lors de mauvaises conditions de dispersion dans les basses couches de l'atmosphère, les concentrations en radon et celles de ses descendants ont tendance à augmenter. Les chutes de neige ou les périodes qui les précèdent peuvent créer ces phénomènes et favoriser l'accumulation de radon au niveau du sol. Cette hypothèse est confirmée par le calcul des rétro-trajectoires effectué par le laboratoire d'études radioécologiques du milieu continental et marin de l'IRSN sur les sites les plus impactés par l'évènement de fin janvier 2006. Celles-ci ont montré une origine continentale de la masse d'air. La vitesse moyenne de déplacement était relativement faible (moins de 100 km/jour) et par conséquent défavorable pour la dispersion.

V.2. DETECTION D'UNE ACTIVITE ELEVEE DUE AU TRITIUM DANS L'ATMOSPHERE DANS L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE VALDUC EN AVRIL 2006

Dans le cadre de la surveillance radiologique du site du CEA de Valduc, l'IRSN procède à des prélèvements d'aérosols, d'eau de pluie et de vapeur d'eau à la station de Mont Armet (commune de Salives), située sous les vents dominants au nord-est du site (Carte 3).



Carte 3 : Environnement proche du CEA de Valduc

L'activité en tritium du prélèvement de vapeur d'eau de la période du 3 au 9 avril 2006 était de $6,9 \text{ Bq/m}^3$, ce qui correspond à la valeur la plus élevée observée en ce point depuis le début de la surveillance par l'IRSN en mai 1996 (Figure 14).

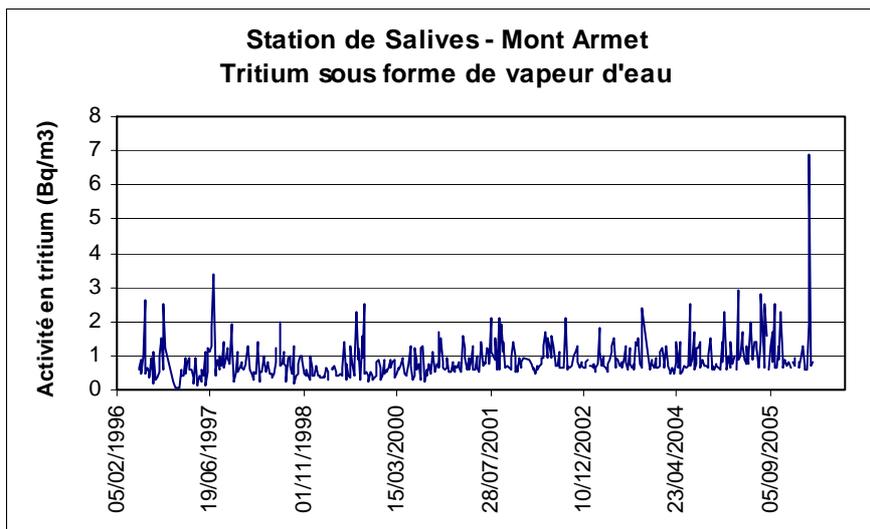


Figure 14 : Chronique de l'activité en tritium dans l'atmosphère dans l'environnement du CEA de Valduc depuis 1996

Cette activité inhabituelle en tritium atmosphérique mesurée par l'IRSN était la conséquence de l'incident de rejet gazeux en tritium du 8 avril 2006 au bâtiment 018 du CEA de Valduc, déclaré par l'exploitant au Délégué à la Sûreté Nucléaire de Défense (DSND). Il s'agissait d'un rejet de 4,8 TBq de tritium (0,333 GBq/s durant 4 heures), et le vent était dans le cône de direction vers Salives ce jour-là. L'exploitant a déclaré avoir obtenu une valeur de 6,2 Bq/m³ pour une période de prélèvement sensiblement égale à celle de l'IRSN.

V.3. ELEVATION DU DEBIT DE DOSE SUR LA STATION TELERAY DE LYON SAINT-EXUPERY LE 15 SEPTEMBRE 2006

Un violent orage a induit une forte élévation du débit de dose dans la région de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry le 15 septembre 2006, conduisant à un déclenchement d'alarme. Aussitôt, une équipe de l'IRSN a été dépêchée sur place afin de réaliser des contrôles complémentaires, notamment sur les eaux de pluie. Aucune activité significative n'a été relevée, et l'obtention des échos radars de Météo France a permis de confirmer l'origine naturelle de cet événement.

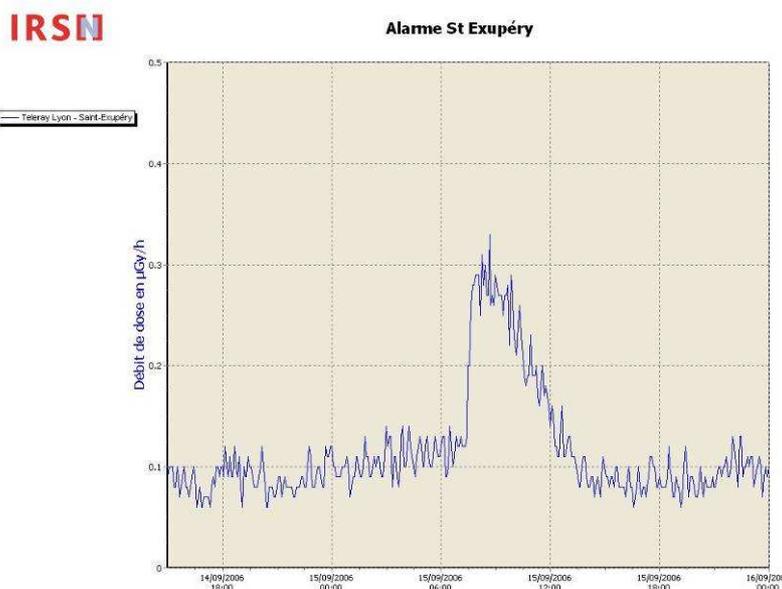


Figure 15 : Débit de dose ($\mu\text{Gy/h}$) à la station Téléray de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry le 15 septembre 2006

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

VI.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 utilisé 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 utilisé.

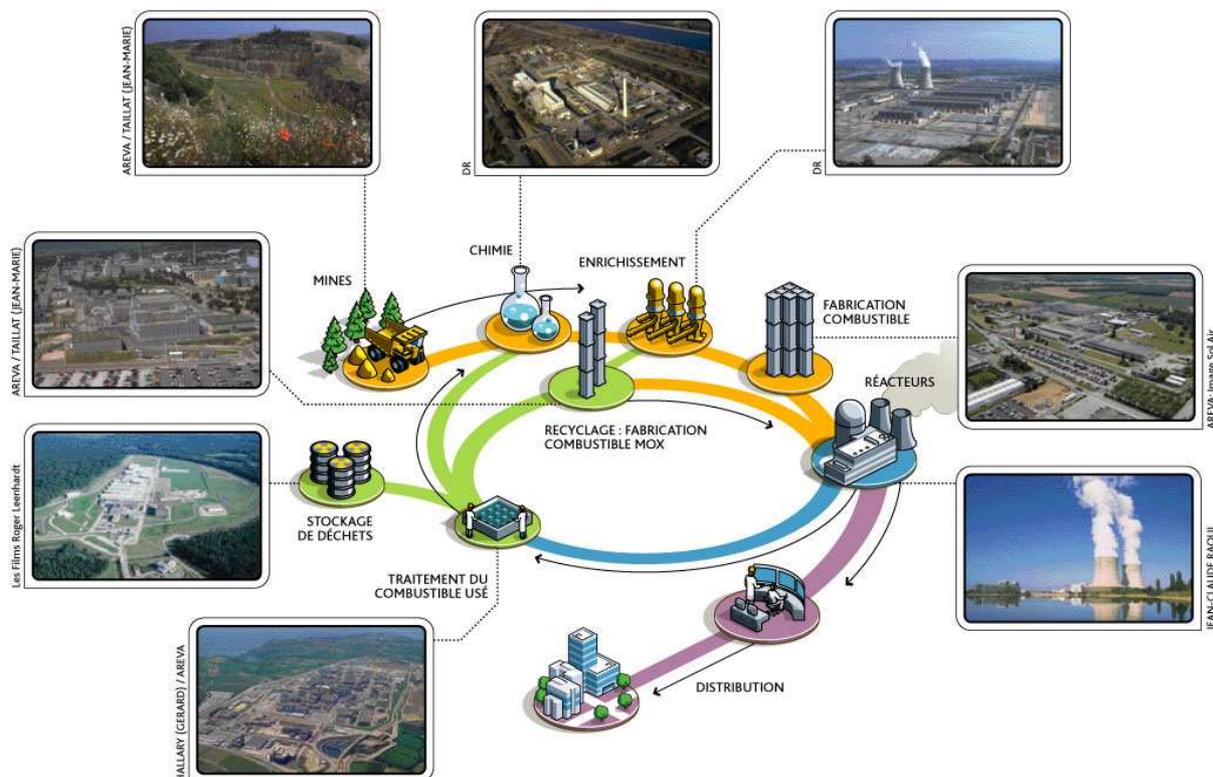


Figure 16 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire

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

Les installations du cycle du combustible rejettent en fonctionnement normal des effluents radioactifs liquides et gazeux dans des conditions qui doivent respecter les prescriptions

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

réglementaires fixant les limites annuelles et les conditions de rejet ainsi que les contrôles à effectuer.

Dans ce cadre, l'IRSN intervient en tant qu'expert des autorités françaises et contribue à la surveillance du respect de ces prescriptions par les exploitants. Les installations du cycle du combustible nucléaire font ainsi l'objet de la part de l'IRSN 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.

VI.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 :

- 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 ci-dessous (Figure 17) 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 par l'IRSN depuis 1998 pour l'ensemble du parc électronucléaire français.

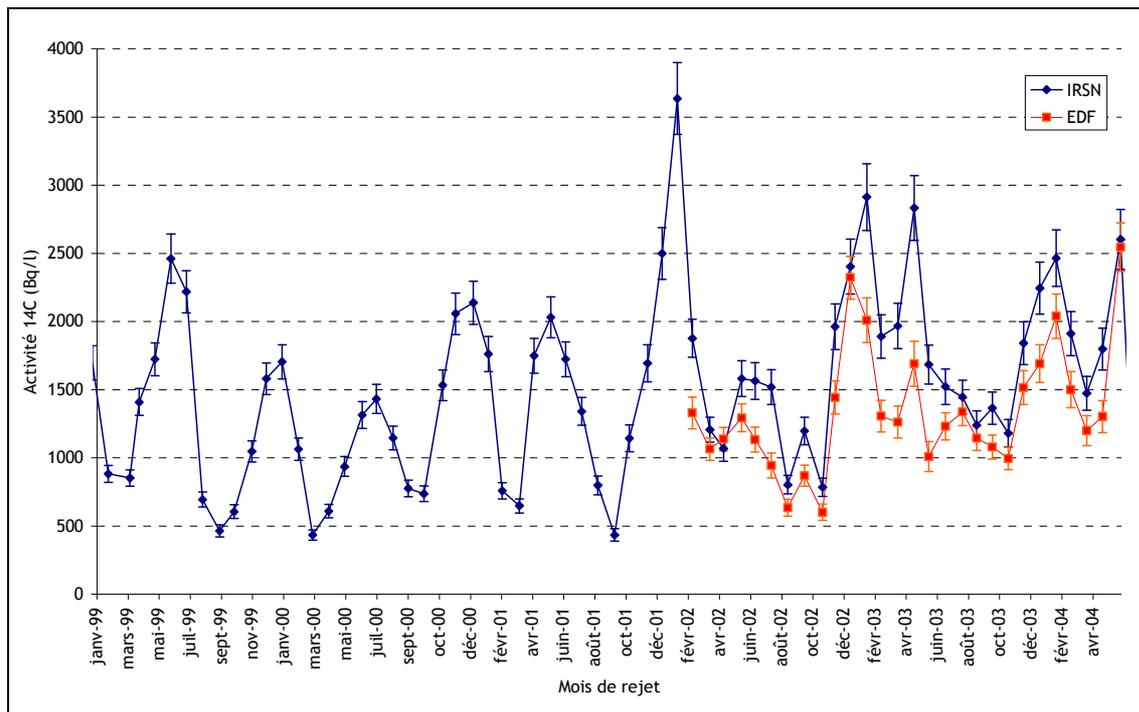


Figure 17 : Activité volumique en carbone 14 dans les rejets liquides d'un CNPE (données IRSN & EDF)

- 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 rejetés dans les effluents liquides, 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 « moxé », l'installation amont peut présenter des traces de transuraniens (plutonium notamment) dans ses rejets.

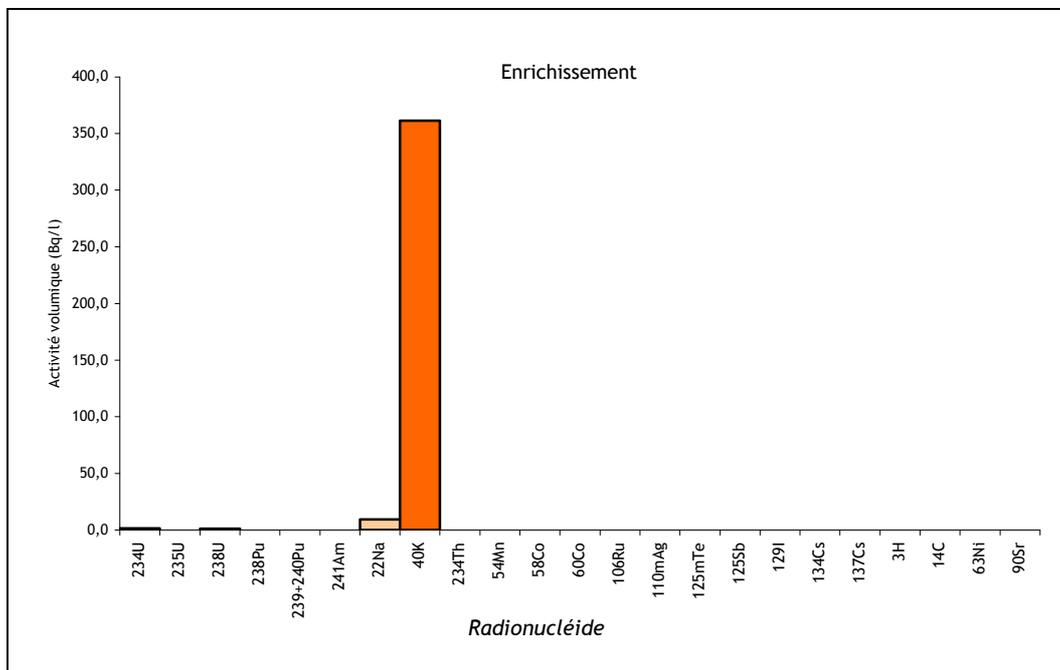


Figure 18 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine d'enrichissement - (données IRSN)

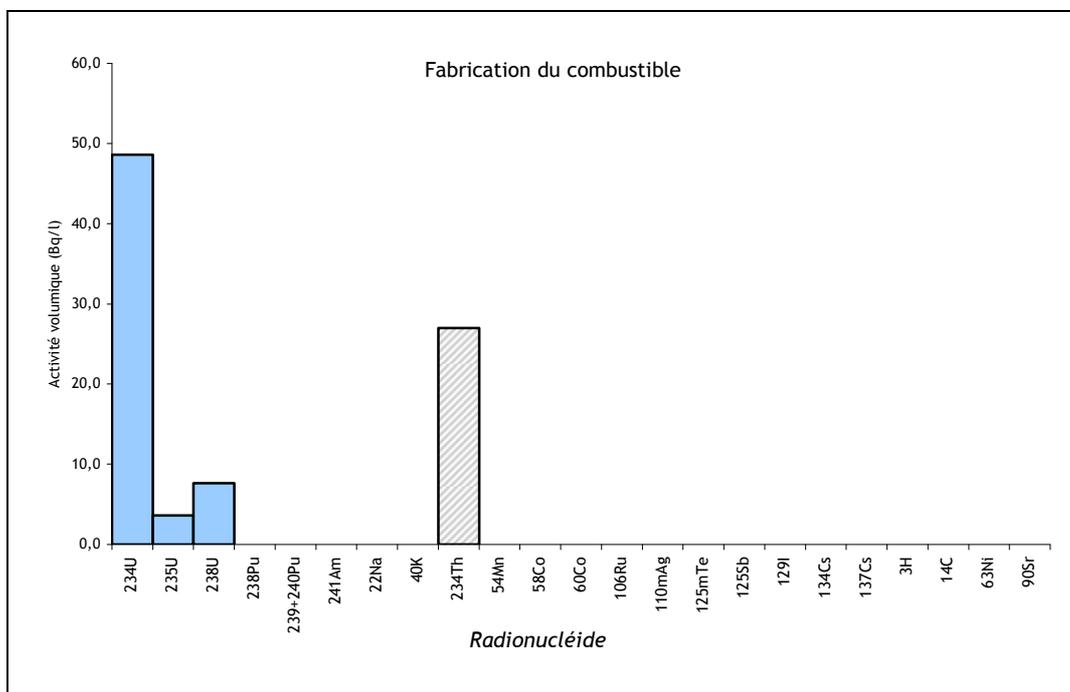


Figure 19 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible nucléaire (données IRSN)

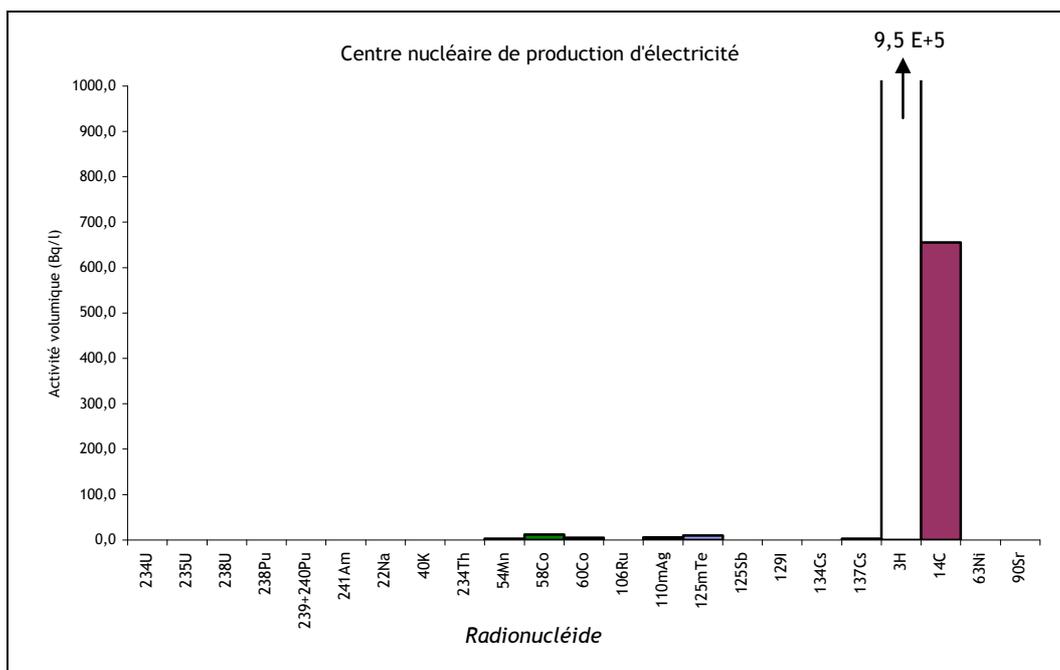


Figure 20 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'un CNPE (données IRSN)

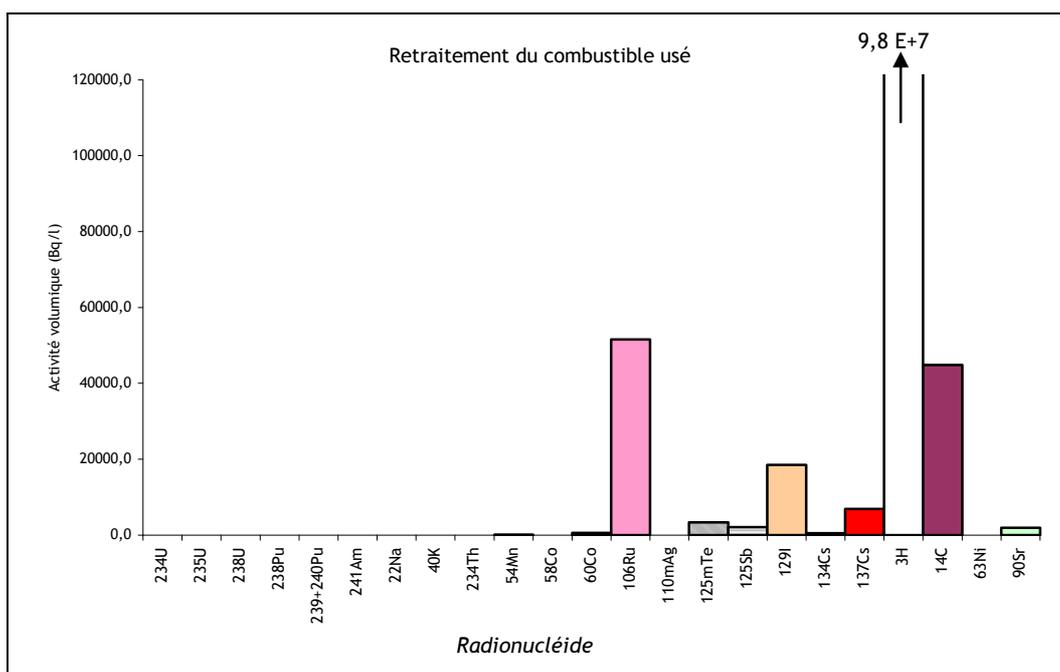


Figure 21 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé (données IRSN)

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.

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.

VI.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 :

- la détection précoce d'un incident ou d'un événement radiologique par le biais des balises de télésurveillance (Téléray, ...) de l'IRSN et de l'exploitant ;
- 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 :

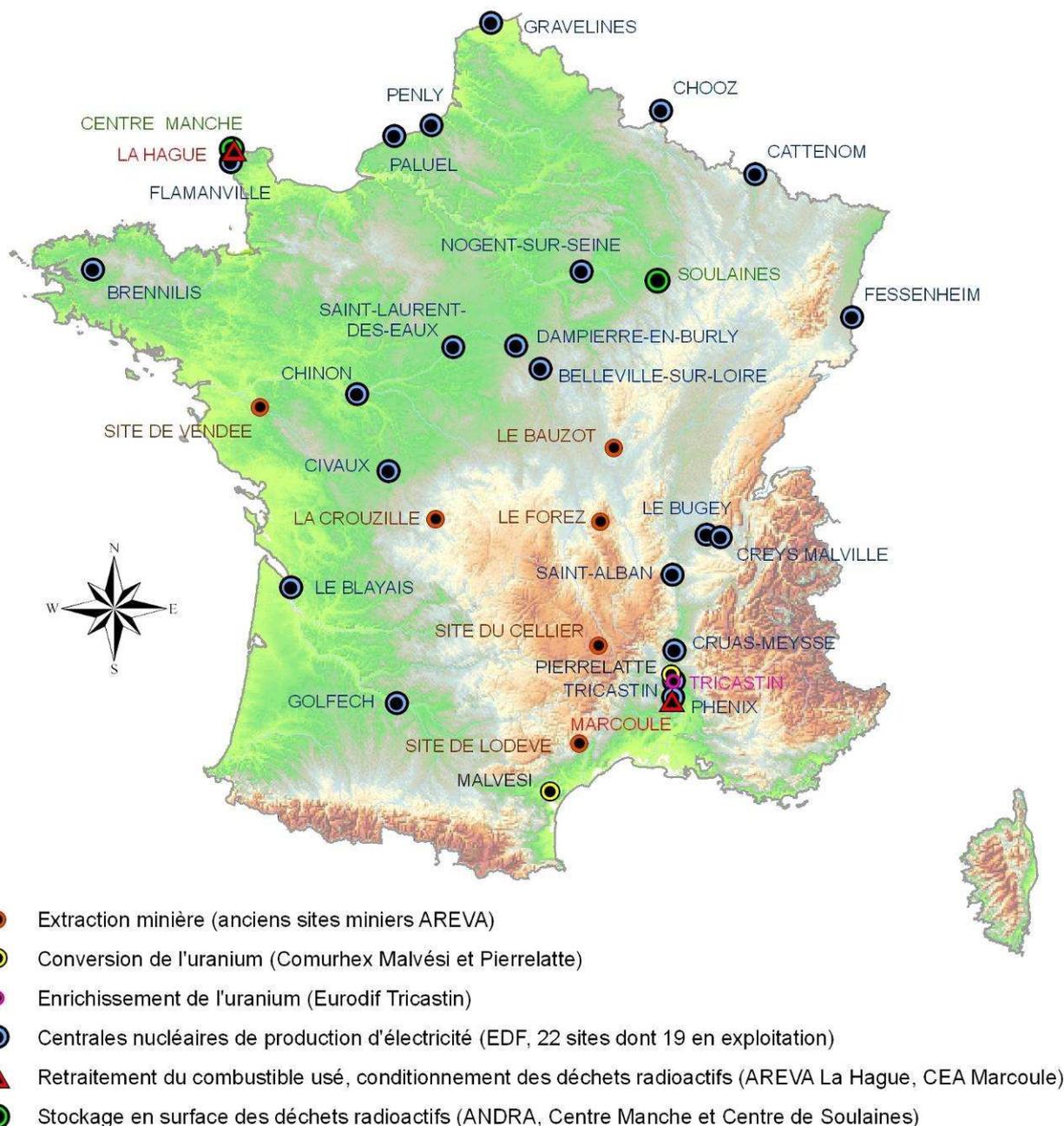
- la mesure dans l'air du rayonnement gamma ambiant par une sonde Téléray et le déploiement de dosimètres thermoluminescents (DTL) ;
- le prélèvement de l'air, au niveau du sol, sous les vents dominants de l'installation surveillée ;
- le prélèvement des eaux de pluies sous les vents dominants par un 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.

VI.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 2006 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 4 : Implantation des sites du cycle du combustible surveillés

VI.5. RESULTATS DE LA 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, située à Jouac, a fermé en 2001. En fin d'exploitation, l'environnement doit être réaménagé pour réduire au maximum 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, et surtout le radium et le radon, dont il convient de limiter l'impact radiologique. La gestion des résidus miniers est soumise à la réglementation concernant 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 surveillance de l'IRSN est basée sur le contrôle des voies de transfert de l'uranium et de ses descendants par diffusion dans le domaine aquatique (collecte et analyse d'échantillons d'eaux de rivière, de sédiments, de végétaux aquatiques, de poissons). Seules les mines les plus importantes font l'objet de cette surveillance particulière par l'IRSN.

VI.5.1 SITE DU CELLIER (12)

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

VI.5.1.1 SEDIMENTS ET VEGETAUX AQUATIQUES

La présence significative de radionucléides naturels descendants de la chaîne de l'uranium 238 et du thorium 232 a été décelée dans les prélèvements de sédiments et de végétaux aquatiques réalisés en septembre 2006.

Tableau 4 : Résultats d'analyse des sédiments et des végétaux aquatiques prélevés dans Le ruisseau « la Fouillouse »

		Sédiments	Végétaux aquatiques
²²⁶ Ra	Bq/kg sec	1100 ± 280	150 ± 40
²²⁸ Th		130 ± 30	2,5 ± 0,8
²³⁰ Th		300 ± 60	6,6 ± 1,3
²³² Th		110 ± 20	-
²³⁴ U		7100 ± 1400	650 ± 190
²³⁸ U		7100 ± 1400	650 ± 190

Les concentrations mesurées dans les sédiments et les végétaux aquatiques prélevés en 2006 sur ce site sont typiques des valeurs habituellement observées à proximité des anciens sites miniers. Les activités mesurées en ²²⁶Ra sont supérieures d'un facteur 3 dans les sédiments et d'un facteur 21 dans les végétaux aquatiques par rapport à celles mesurées en 2004. Cependant, le nombre très limité d'échantillons prélevés (1 par compartiment tous les 2 ans) ne permet pas de confirmer une hausse générale du marquage de l'environnement. De tels niveaux d'activité avaient déjà été constatés pour les échantillons prélevés en 1997 (activité de ²²⁶Ra : 810 ± 73 Bq/kg sec dans les sédiments).

VI.5.1.2 POISSONS

La présence de radium 226 a également été décelée dans les truites (poissons entiers éviscérés) prélevées en septembre avec une valeur de 0,55 ± 0,10 Bq/kg frais. Cette activité reste stationnaire par rapport à celles des prélèvements des années 2002 et 2004.

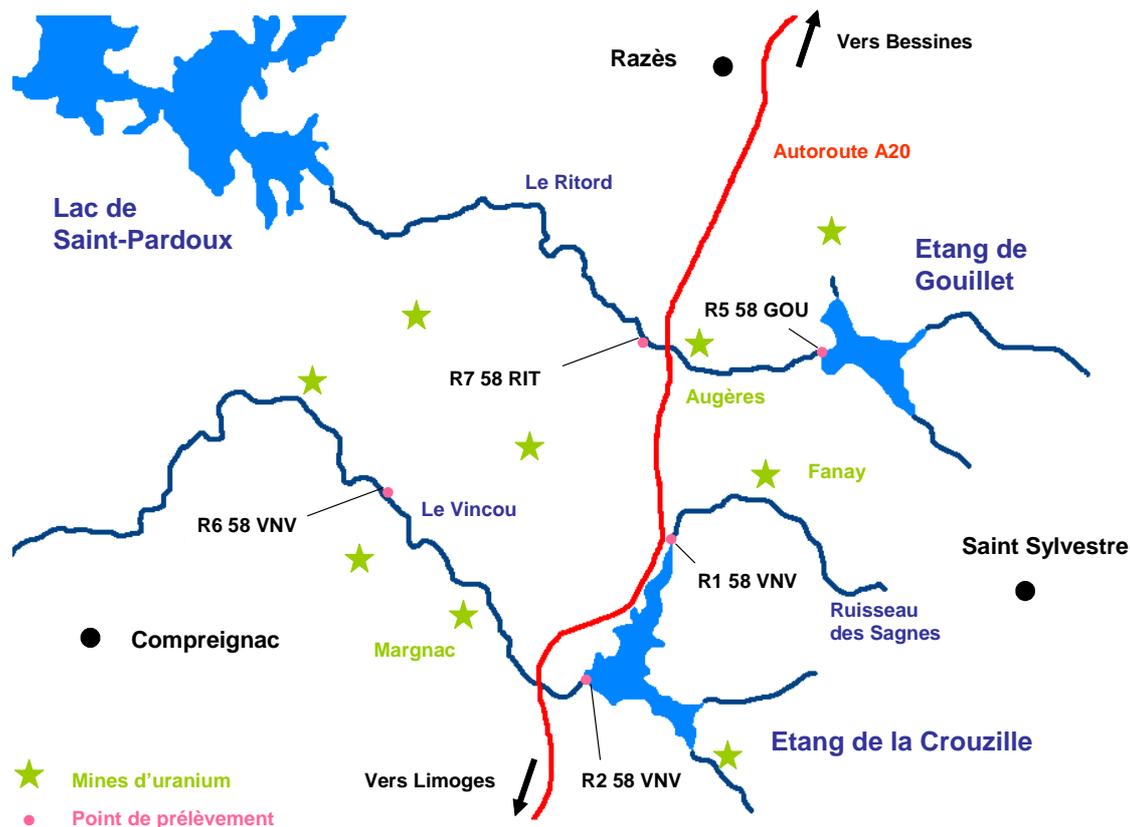
VI.5.2 DIVISION MINIERE DE LA CROUZILLE (87)

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 Cruzille 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.

VI.5.2.1 EAUX DE SURFACE



Carte 5 : Schéma du plan de prélèvements dans les eaux de surface du secteur minier de la division de la Cruzille

Secteur de l'étang de la Cruzille

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 (voir carte 5). Un prélèvement d'échantillon d'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).

La comparaison des activités des isotopes naturels de l'uranium et du radium dans ces 3 prélèvements d'eau met en évidence un marquage des eaux de surface dû à l'activité minière passée. La moyenne de l'activité alpha globale dans l'eau du ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre est supérieure d'un facteur 4 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 2 à celle mesurée dans l'eau de l'étang de la Cruzille. Pour ces trois points de prélèvements, les niveaux d'activité alpha globale sont supérieurs aux recommandations du CSP 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 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	0,140 ± 0,020	0,340 ± 0,041	0,218	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,120 ± 0,020	0,590 ± 0,071	0,357	12/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,140 ± 0,022	0,590 ± 0,071	0,360	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	10,4 ± 1,6	47,2 ± 5,6	29	12/12
	α global	Bq/l	0,52 ± 0,08	1,40 ± 0,22	0,93	12/12
	β global	Bq/l	0,37 ± 0,05	1,40 ± 0,08	0,94	12/12
	K	mg/l	< 1,0	1,1 ± 0,1	-	1/12

Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'étang de la Crouzille (point R2 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	0,081 ± 0,018	0,058	8/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,053 ± 0,010	0,140 ± 0,018	0,101	12/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,052 ± 0,010	0,150 ± 0,020	0,105	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	4,2 ± 0,8	11,6 ± 1,6	8,2	12/12
	α global	Bq/l	0,04 ± 0,01	0,35 ± 0,04	0,24	12/12
	β global	Bq/l	0,19 ± 0,04	1,50 ± 0,09	0,42	12/12
	K	mg/l	< 1,0	1,2 ± 0,1	-	3/12

Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	0,045 ± 0,010	0,038	3/4
	²³⁸ U	Bq/l	0,054 ± 0,010	0,110 ± 0,014	0,080	4/4
	²³⁴ U	Bq/l	0,058 ± 0,011	0,110 ± 0,014	0,082	4/4
	Equivalent U pondéral	µg/l	4,5 ± 0,8	8,8 ± 1,1	6,5	4/4
	α global	Bq/l	0,05 ± 0,01	0,22 ± 0,04	0,14	4/4
	β global	Bq/l	0,16 ± 0,04	0,31 ± 0,05	0,25	4/4
	K	mg/l	1,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,6	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Secteur de l'étang de Gouillet

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 (voir carte 5). Un premier prélèvement est réalisé à l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU), et un second dans le Ritord à Razès (point R7 58 RIT), en aval de l'étang.

La comparaison des activités alpha globales moyennes dans les eaux de l'étang de Gouillet et dans celles du Ritord à Razès met en évidence un marquage des eaux de surface (augmentation d'un facteur 8 entre l'amont et l'aval du site minier d'Augères). L'activité alpha globale dans le Ritord à Razès s'explique par la présence d'isotopes naturels de l'uranium et du radium, et le niveau d'activité alpha globale moyenne (0,23 Bq/l), bien que supérieur aux recommandations du CSP pour les eaux de boisson (0,1 Bq/l), reste dans la gamme des niveaux observés en secteur sous influence minière.

Tableau 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	1/12
	U pondéral	µg/l	0,3 ± 0,1	3,2 ± 0,6	1,0	10/12
	α global	Bq/l	0,019 ± 0,004	0,049 ± 0,012	0,032	12/12
	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/12
	K (mg/l)	mg/l	< 0,1	< 0,1	-	0/12

Tableau 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau Le Ritord (point R7 58 RIT) à Razès, en aval de l'étang de Gouillet

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,035	0,081 ± 0,014	0,061	10/11
	²³⁸ U	Bq/l	0,030 ± 0,010	0,073 ± 0,015	0,056	11/11
	²³⁴ U	Bq/l	0,027 ± 0,009	0,084 ± 0,017	0,057	11/11
	Equivalent U pondéral	µg/l	2,3 ± 0,8	6,3 ± 1,3	4,5	11/11
	α global	Bq/l	0,13 ± 0,03	0,42 ± 0,06	0,23	11/11
	β global	Bq/l	< 0,13	0,35 ± 0,06	0,29	10/11
	K	mg/l	1,4 ± 0,1	3,5 ± 0,2	2,8	11/11

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Secteur de Bessines

La Gartempe est une rivière qui longe la zone minière de Bessines. Un prélèvement est réalisé mensuellement 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 du CSP pour les eaux de boisson (respectivement 0,1 et 1 Bq/l).

Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/12
	U pondéral	µg/l	0,69 ± 0,14	2,00 ± 0,40	1,08	8/12
	α global	Bq/l	0,020 ± 0,007	0,041 ± 0,011	0,031	12/12
	β global	Bq/l	< 0,10	0,15 ± 0,04	0,14	6/12
	K (mg/l)	mg/l	2,1 ± 0,1	3,6 ± 0,2	2,8	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.5.2.2 RESSOURCES EN EAU POTABLE

L'alimentation en eau potable de la ville de Limoges repose sur des réserves en eaux de surface situées dans les monts d'Ambazac au nord-est de Limoges (notamment les étangs de Gouillet, de la Crouzille et du Mazeaud). Toutes ces réserves sont proches des anciennes mines d'uranium. À Limoges, l'usine de traitement des eaux située en amont de la ville effectue quotidiennement un mélange de ces eaux de surface avant traitement. Les prélèvements d'eau de l'IRSN sont réalisés et analysés mensuellement à la sortie de l'usine des eaux avant alimentation de la ville.

Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à la sortie de l'usine des eaux à Limoges (point R3 58 USL)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	0,045 ± 0,008	-	3/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,013 ± 0,003	0,063 ± 0,009	0,028	12/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,012 ± 0,004	0,064 ± 0,009	0,029	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	1,0 ± 0,3	5,1 ± 0,7	2,3	12/12
	α global	Bq/l	0,047 ± 0,012	0,110 ± 0,015	0,071	12/12
	β global	Bq/l	< 0,1	0,21 ± 0,04	0,15	6/12
	K	mg/l	< 1,0	1,8 ± 0,1	1,4	10/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les résultats des mesures d'activités alpha et bêta globales sont inférieurs aux valeurs guides du CSP pour les eaux de boisson (respectivement de 0,1 et 1 Bq/l).

VI.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 de travaux souterrains, et une autre 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 l'évacuateur de crue du site.

Tableau 12 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	0,170 ± 0,043	-	2/12
	²³⁸ U	Bq/l	< 0,012	0,210 ± 0,029	0,067	11/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,013 ± 0,004	0,200 ± 0,028	0,064	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	1,2 ± 0,3	8,4 ± 0,9	3,6	11/12
	α global	Bq/l	0,031 ± 0,007	0,310 ± 0,053	0,112	12/12
	β global	Bq/l	< 0,11	0,32 ± 0,05	0,20	9/12
	K	mg/l	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,0	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

L'activité alpha globale moyenne présente un niveau supérieur à la valeur guide de 0,1 Bq/l recommandée par le CSP pour les eaux de boisson. Elle reste 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 du CSP de 1 Bq/l.

VI.5.4 SITE DU BAUZOT (71)

Le site du Bauzot, situé sur la commune d'Issy-l'Evêque (Saône-et-Loire), comprenait une mine souterraine d'uranium, une mine à ciel ouvert et un dépôt de déchets industriels 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'Evêque.

Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 aux points P10 89 (puits Guiboux), P11 89 (puits Bernigaud) et P16 89 (puits Gonin)

		Puits Guiboux	Puits Bernigaud	Puits Gonin	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	0,087 ± 0,012	0,071 ± 0,014
	²³⁸ U	Bq/l	< 0,009	0,34 ± 0,06	0,034 ± 0,006
	²³⁴ U	Bq/l	< 0,009	0,30 ± 0,06	0,035 ± 0,006
	Equivalent U pondéral	µg/l	< 0,7	25,6 ± 4,8	2,8 ± 0,5
	α global	Bq/l	0,03 ± 0,01	0,43 ± 0,07	0,16 ± 0,03
	β global	Bq/l	0,51 ± 0,06	0,93 ± 0,07	1,35 ± 0,08
	K	mg/l	16 ± 1	18 ± 1	39 ± 2

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

VI.5.5 SITE DE LODEVE (34)

Le site de Lodève, situé au Bosc (Hérault), comprenait des mines d'uranium souterraines 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, des prélèvements quotidiens d'aérosols atmosphériques sont réalisés. Les autres prélèvements réalisés auparavant ont été abandonnés suite au désengagement de la DDASS de l'Hérault.

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

VI.5.6 SITE DE VENDEE (44)

Le site de Vendée, situé 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 où 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 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,039	-	0/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,021 ± 0,004	0,110 ± 0,015	0,050	12/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,021 ± 0,004	0,110 ± 0,015	0,054	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	1,9 ± 0,4	15,8 ± 1,7	6,4	12/12
	α global	Bq/l	0,041 ± 0,010	0,140 ± 0,021	0,086	12/12
	β global	Bq/l	0,26 ± 0,05	0,58 ± 0,04	0,40	12/12
	K	mg/l	8,1 ± 0,4	16,0 ± 0,8	11,3	12/12

Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,030	-	0/12
	U pondéral	µg/l	0,4 ± 0,1	4,2 ± 0,8	1,5	10/12
	α global	Bq/l	< 0,024	0,070 ± 0,018	0,050	7/12
	β global	Bq/l	0,21 ± 0,04	0,44 ± 0,05	0,30	12/12
	K	mg/l	5,7 ± 0,3	12,0 ± 0,6	8,4	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 le CSP pour la potabilité des eaux. On note cependant une teneur en uranium 3 à 4 fois supérieure dans l'eau de la Moine par rapport à celle de l'eau de la Sèvre Nantaise. Cela s'explique par la proximité immédiate de la Moine par rapport à l'ancienne mine.

VI.6. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AMONT DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE

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' UO_2 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 (UF_6) obtenu par conversion des concentrés miniers.

La France dispose de 2 usines de la société COMURHEX (groupe AREVA) travaillant en série pour produire l' UF_4 et l' UF_6 . A Malvésy près de Narbonne, les concentrés sont transformés en UF_4 . À Pierrelatte, dans la vallée du Rhône, une seconde usine assure la conversion de l' UF_4 en UF_6 .

L'uranium arrive ensuite à l'usine d'enrichissement EURODIF (également à Pierrelatte) sous forme d' UF_6 solide. Les trois isotopes de l'uranium (de masse 234, 235 et 238) sont séparés sélectivement lors du passage de l' UF_6 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 des sites de Malvésy et Pierrelatte 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 de l'Isère, le site FBFC de Romans-sur-Isère (fabrication des assemblages combustible pour les centrales nucléaires dites "à eau légère") ne fait provisoirement plus l'objet d'une surveillance de l'environnement.

VI.6.1 SITE DE MALVESI (11)

Jusqu'à fin 2005, des prélèvements mensuels d'eau de surface et de végétaux terrestres ont été réalisés. Début 2006, la surveillance radiologique de l'environnement du site de Malvésy a été arrêtée suite à l'abandon des prélèvements par la DDASS de l'Aude. Depuis, l'IRSN a mis en place un nouveau partenariat pour une reprise des prélèvements en août 2007.

VI.6.2 SITE DE PIERRELATTE (26)

L'environnement des sites du Tricastin et de Pierrelatte, très proches géographiquement (voir paragraphes VI.7.3.4 et VII.1.4), 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, sédiments en aval, eaux souterraines).

VI.6.2.1 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 des installations (voir données au paragraphe IX.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 IX.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 16 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2006 à la station Nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	³ H	Bq/l	< 9,0	21,0 ± 4,0	-	1/9
	²³⁸ Pu	Bq/l	< 0,0012	< 0,0074	-	0/9
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	< 0,0009	< 0,0026	-	0/9
	²⁴¹ Am	Bq/l	< 0,0011	< 0,0027	-	0/9
	α global	Bq/l	< 0,017	< 0,023	-	1/9
	β global	Bq/l	< 0,10	0,13 ± 0,04	-	1/9

Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2006 à la station des Genêts du site de Pierrelatte (PH 62 PRL)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	³ H	Bq/l	< 9,0	21,0 ± 4,0	-	1/10
	²³⁸ Pu	Bq/l	< 0,0010	< 0,0066	-	0/10
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	< 0,0008	< 0,0026	-	0/10
	²⁴¹ Am	Bq/l	< 0,0014	< 0,0021	-	0/10
	α global	Bq/l	< 0,017	0,031 ± 0,009	-	3/10
	β global	Bq/l	< 0,10	0,86 ± 0,07	-	4/10

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

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

VI.6.2.2 EAUX DE SURFACE

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

Tableau 18 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte

Eau filtrée	α global	Bq/l	0,030 ± 0,010
	β global	Bq/l	< 0,12
	K	mg/l	1,9 ± 0,1

Tableau 19 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte

Eau filtrée	α global	Bq/l	0,032 ± 0,010
	β global	Bq/l	< 0,12
	K	mg/l	2,0 ± 0,1

Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R3 62 GAF dans la Gaffière en aval du CNPE du Tricastin

Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03
	²³⁴ U	Bq/l	0,14 ± 0,02
	²³⁸ U	Bq/l	0,11 ± 0,02
	α global	Bq/l	0,19 ± 0,04
	β global	Bq/l	0,25 ± 0,04
	K	mg/l	3,9 ± 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 le CSP 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'est mise en évidence entre l'amont et l'aval du site.

VI.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.

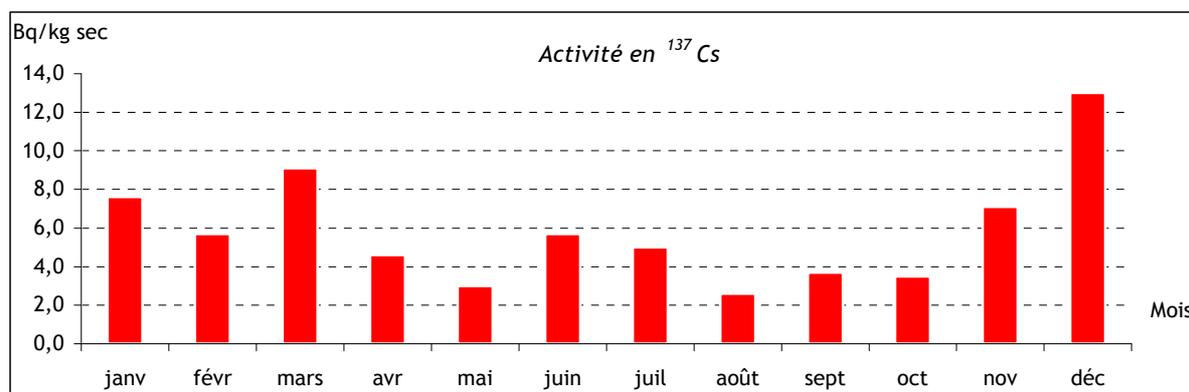


Figure 22: Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les sédiments prélevés au confluent du Rhône et du canal de Donzère-Mondragon (SR 170 ROV)

Des traces de césium 137 ont été décelées dans tous les prélèvements analysés (Figure 22). 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 2006.

VI.6.2.4 EAUX SOUTERRAINES

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

Le prélèvement au point P3 n'a pas pu être réalisé pour cause d'inaccessibilité.

Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 dans l'environnement du site de Pierrelatte

			S 62 URE	S8 62 PRL	S16 62 PRL	P 62EP	S24 62 PRL	P3 62 PRL
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,1	< 0,097	0,27 ± 0,05	< 0,10	0,40 ± 0,05	-
	α global	Bq/l	-	-	-	-	0,39 ± 0,07	-
	²³⁴ U	Bq/l	-	-	-	-	0,27 ± 0,04	-
	²³⁸ U	Bq/l	-	-	-	-	0,23 ± 0,04	-
	K	mg/l	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	5,4 ± 0,3	1,7 ± 0,1	1,6 ± 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 le CSP pour l'eau destinée à la consommation (0,1 Bq/l). Cette activité s'explique par la présence des isotopes 238 et 234 de l'uranium, émetteurs alpha, dont la présence est imputable aux activités des installations nucléaires du site. 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 eaux collectées aux autres points de prélèvement.

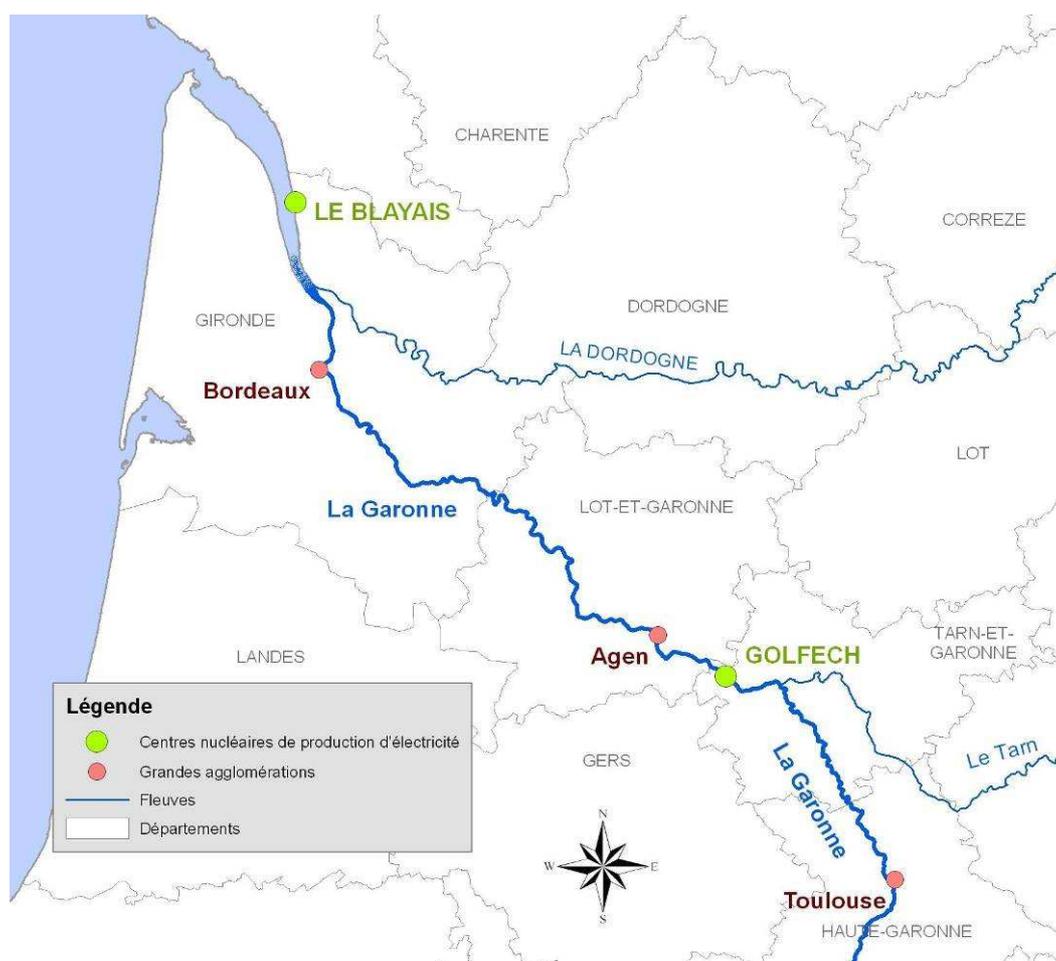
VI.7. RESULTATS DE SURVEILLANCE DES CENTRALES NUCLEAIRES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE

Le parc français de 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 d'un 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 d'un site est imposée à EDF dès la mise en service de l'installation et pendant toute sa durée de vie 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 d'une part des analyses sur les rejets liquides et gazeux, et d'autre part des contrôles du milieu récepteur spécifiques à chaque site (rayonnement gamma, activité 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).

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



Carte 6 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne

VI.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 et 1991).

L'environnement proche du CNPE de Golfech fait l'objet de la surveillance suivante : 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. À cela s'ajoutent des prélèvements de sédiments, ainsi que de végétaux terrestres et aquatiques.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 159 CAM sur la Garonne en amont du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,12 ± 0,03	0,11	3/6
	α global	Bq/l	< 0,013	< 0,025	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 7,9	< 8,1	-	0/6
	K	mg/l	1,7 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,2	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 23 ± 3 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 159 GAV sur la Garonne en aval du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,09 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,10	6/6
	α global	Bq/l	< 0,011	< 0,021	-	0/6
	^3H	Bq/l	6,1 ± 1,0	23,0 ± 3,0	10,2	6/6
	K	mg/l	1,9 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,4	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.1.1.3. Boues de décantation et sédiments

Des traces de césium 137 ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Garonne prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé en aval du CNPE à Saint-Romain-le-Noble (Figure 23).

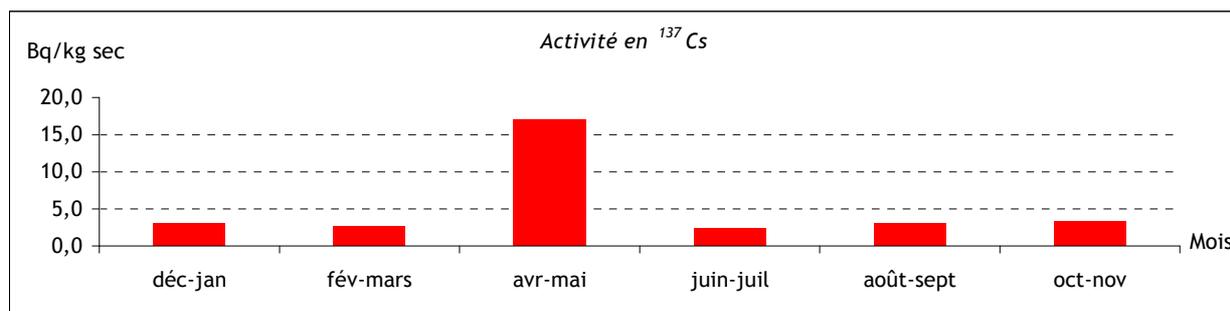


Figure 23 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech (SD 159 GAV)

Ces activités avec une valeur maximale de 17 Bq/kg sec déjà relevée les 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 tous les mélanges analysés en 2006.

Comme pour les boues de décantation et pour les mêmes raisons, des traces de césium 137, ont été décelées dans tous les prélèvements mensuels de sédiments de la Garonne à Lamagistère avec une valeur minimale de $0,55 \pm 0,24$ Bq/kg sec et une valeur maximale de $7,4 \pm 0,9$ Bq/kg sec.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

VI.7.1.1.4. Végétaux terrestres et aquatiques

Des prélèvements mensuels de végétaux terrestres (herbe, 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, ont été décelées dans l'un des 3 prélèvements d'herbe ($0,34 \pm 0,19$ Bq/kg frais) et pour 6 des 7 prélèvements de mousses effectués à Saint-Nicolas-de-la-Grave (Tableau 24).

Tableau 24 : Résultats d'analyse des mousses prélevées en 2006 à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moy.
Mousses	¹³⁷ Cs	Bq/kg frais	$0,47 \pm 0,26$	$2,6 \pm 0,8$	0,86

Quant aux feuilles et mousses provenant de Lamagistère, les activités en césium 137 y sont restées inférieures à nos limites de détection, de même que les activités des autres radionucléides mesurés.

Concernant les myriophylles, on relève uniquement parmi les radionucléides recherchés :

- des traces de césium 137, dans 3 des 10 prélèvements effectués à Lamagistère (valeur maximale de $0,35 \pm 0,19$ Bq/kg frais en janvier) et dans 3 des 12 prélèvements effectués à Saint-Nicolas-de-la-Grave (valeur maximale de $0,23 \pm 0,15$ Bq/kg frais en janvier) ;
- des traces d'iode 131, dans pratiquement tous les prélèvements effectués à Lamagistère et Saint-Nicolas-de-la-Grave (Tableau 25).

Tableau 25 : Résultats d'analyse des myriophylles prélevés en 2006 dans la Garonne dans l'environnement du CNPE de Golfech

			Lamagistère			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Myriophylles	¹³¹ I	Bq/kg frais	0,52 ± 0,26	3,0 ± 0,4	1,4	8/10

			Saint-Nicolas-de-la-Grave			
			Min.	Max.	Moyenne	*
Myriophylles	¹³¹ I	Bq/kg frais	0,58 ± 0,30	3,5 ± 0,4	1,8	10/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces valeurs sont liées à la proximité de centres hospitaliers qui utilisent couramment l'iode 131 pour des actes diagnostics ou curatifs. Une éventuelle contribution des rejets du CNPE de Golfech n'est cependant pas exclue, mais elle ne peut pas être mise en évidence compte tenu des apports exogènes situés en amont.

VI.7.1.1.5.Lait de vache

Les activités en iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection dans les prélèvements mensuels de lait effectués dans une ferme à Merles. Une faible activité en strontium (méthode Sr + TR, voir Glossaire au chapitre XI) a été décelée pour 6 des 12 prélèvements analysés (Tableau 26).

Tableau 26 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,083 ± 0,018	0,17 ± 0,04	0,11

VI.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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.1.2.2.Eaux de surface

Suite au changement d'implantation de l'hydrocollecteur IRSN courant 2005 en aval du CNPE, les prélèvements ont été interrompus en 2006 et devraient reprendre courant 2007.

VI.7.1.2.3.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 22 prélèvements analysés en 2006, une faible activité en strontium (méthode Sr + TR) a été décelée dans 13 d'entre eux (voir Tableau 27).

Tableau 27 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE du Blayais

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,089 ± 0,024	0,21 ± 0,04	0,12

Les activités en iode 131, césium 134 et césium 137 sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés.

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



Carte 7 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire

VI.7.2.1 BELLEVILLE-SUR-LOIRE (18)

Le CNPE de Belleville-sur-Loire est situé 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 et 30 km en amont de Gien. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1987 et 1988).

L'environnement proche du CNPE 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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. On note toutefois la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de $21,0 \pm 3,6$ Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 28 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 149 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Belleville-sur-Loire

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	$0,14 \pm 0,04$	0,13	3/6
	α global	Bq/l	< 0,027	< 0,033	-	1/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,05	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	$2,9 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,3$	4,0	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 29 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 149 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,13 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,04$	0,16	4/6
	α global	Bq/l	< 0,022	$0,036 \pm 0,010$	0,032	4/6
	^3H	Bq/l	< 9,4	$21,0 \pm 3,6$	17,6	5/6
	K	mg/l	$3,6 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,3$	4,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.1.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont mesurées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Châtillon-sur-Loire (Figure 24).

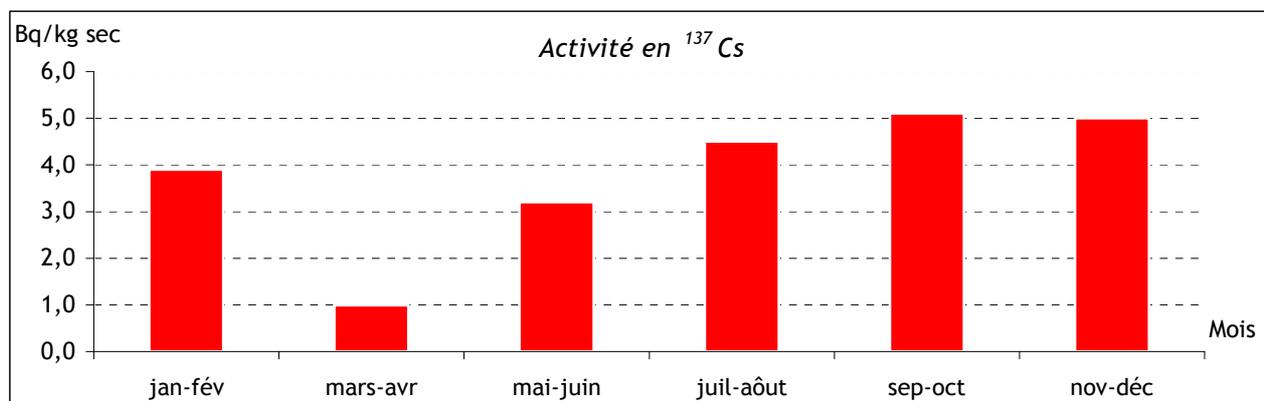


Figure 24 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation de la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire (SD 149 LOV)

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 dans le mélange de juillet et août ($1,5 \pm 0,5$ Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection, et ce pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.2.1.4. Lait de vache

Pour les 5 prélèvements analysés en 2006 provenant d'une ferme à Neuvy-sur-Loire, les activités relevées en iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode Sr + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

VI.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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.2.2.2. Eaux de surface

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval du CNPE ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 43 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 30 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 85 sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,12 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,04$	0,16	5/6
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,032	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 11	43 ± 4	29	5/6
	K	mg/l	$3,4 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,2$	4,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Ouzouer-sur-Loire (Figure 25).

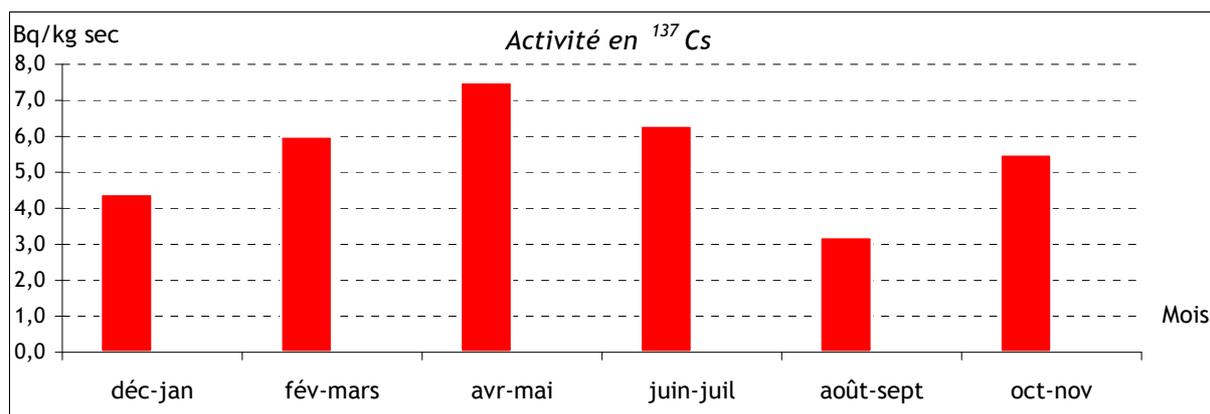


Figure 25 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly (SD 85 LOV)

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 d'autres radionucléides artificiels présents dans les boues de décantation en aval du CNPE a été relevée :

- le cobalt 58 pour le mélange de juin - juillet ($6,7 \pm 2,6$ Bq/kg sec),
- le cobalt 60 pour 2 des 6 mélanges (valeur maximale de $3,6 \pm 1,2$ Bq/kg sec),
- l'argent 110 métastable pour 2 des 6 mélanges (valeur maximale de $7,4 \pm 2,2$ Bq/kg sec),
- le plutonium 239+240 pour le mélange d'août - septembre ($0,68 \pm 0,15$ Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

VI.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). 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, Téléray, aérosols, eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eaux de surface en amont et en aval, boues de décantation en aval).

VI.7.2.3.1. 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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 98 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,13 \pm 0,04	0,20 \pm 0,04	0,16	6/6
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,032	0,027	3/6
	K	mg/l	3,4 \pm 0,2	4,7 \pm 0,2	4,2	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval du CNPE ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 27,0 \pm 3,8 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 32 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 98 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,14	0,16 \pm 0,04	0,15	3/6
	α global	Bq/l	< 0,023	0,039 \pm 0,011	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 9,1	27,0 \pm 3,8	19,6	5/6
	K	mg/l	3,9 \pm 0,1	4,9 \pm 0,3	4,4	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.3.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Muides-sur-Loire (Figure 26).

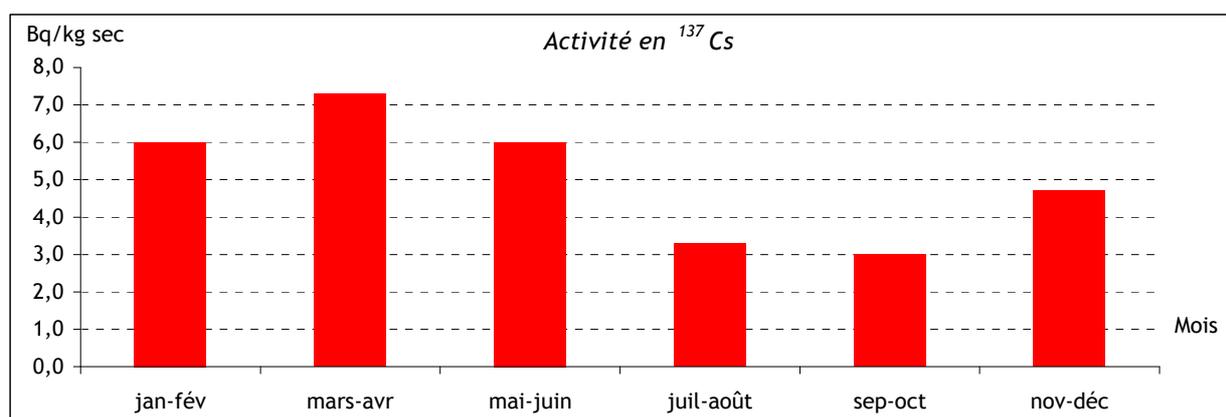


Figure 26 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantations prélevées dans la Loire, en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)

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 à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.2.4 CHINON (37)

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 et 1987) et 3 anciennes tranches UNGG arrêtées, démantelées ou en cours de démantèlement.

L'environnement proche du CNPE de Chinon 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 33 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 52 LOM dans la Loire en amont du CNPE de Chinon

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,13 \pm 0,04	0,21 \pm 0,03	0,16	5/6
	α global	Bq/l	0,022 \pm 0,007	0,032 \pm 0,010	0,027	5/6
	K	mg/l	3,6 \pm 0,2	4,9 \pm 0,2	4,3	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 40 \pm 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 34 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R3 52 LOV dans la Loire en aval du CNPE de Chinon

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,12 \pm 0,04	0,21 \pm 0,04	0,16	6/6
	α global	Bq/l	< 0,023	0,034 \pm 0,011	0,029	4/6
	^3H	Bq/l	< 9	40 \pm 4	25	4/6
	K	mg/l	3,5 \pm 0,2	4,7 \pm 0,2	4,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.4.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Candes-Saint-Martin (Figure 27).

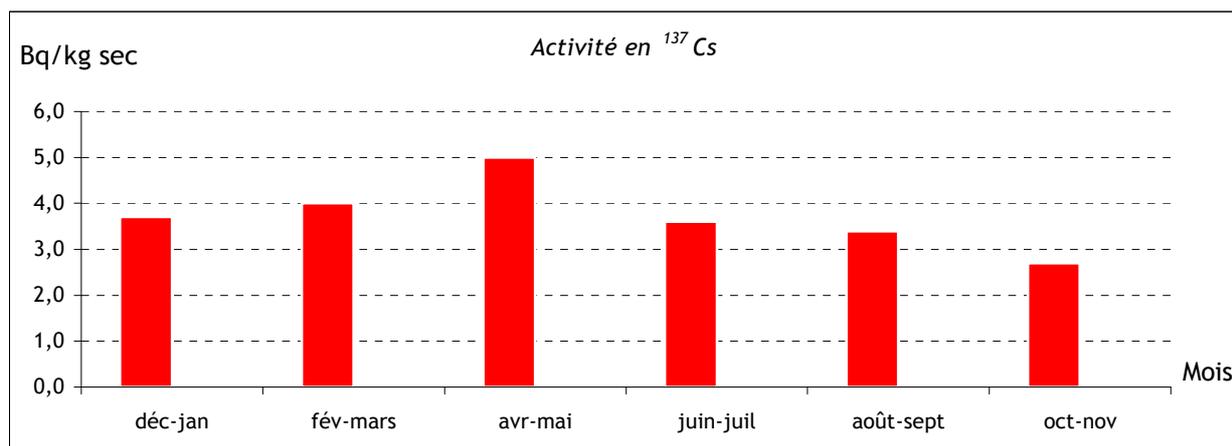


Figure 27 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV)

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'août - septembre 2006 (2,4 + 0,8 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.2.4.4. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Brehemont, les activités relevées en iode 131, césium 134, césium 137 et en strontium 90 (méthode Sr + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

VI.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 végétaux terrestres, sols, végétaux aquatiques, poissons et coquillages.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,11 \pm 0,02	0,14 \pm 0,03	0,13	4/6
	α global	Bq/l	< 0,014	< 0,022	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 7,9	< 8,2	-	0/6
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	3,80 \pm 0,2	2,8	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 26,0 \pm 1,8 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 36 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 169 VIV dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,09 \pm 0,03	0,14 \pm 0,03	0,12	6/6
	α global	Bq/l	< 0,015	< 0,021	-	0/6
	^3H	Bq/l	8,3 \pm 1,0	26,0 \pm 1,8	18,4	6/6
	K	mg/l	2,2 \pm 0,1	3,4 \pm 0,2	2,9	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.5.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées 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 28).

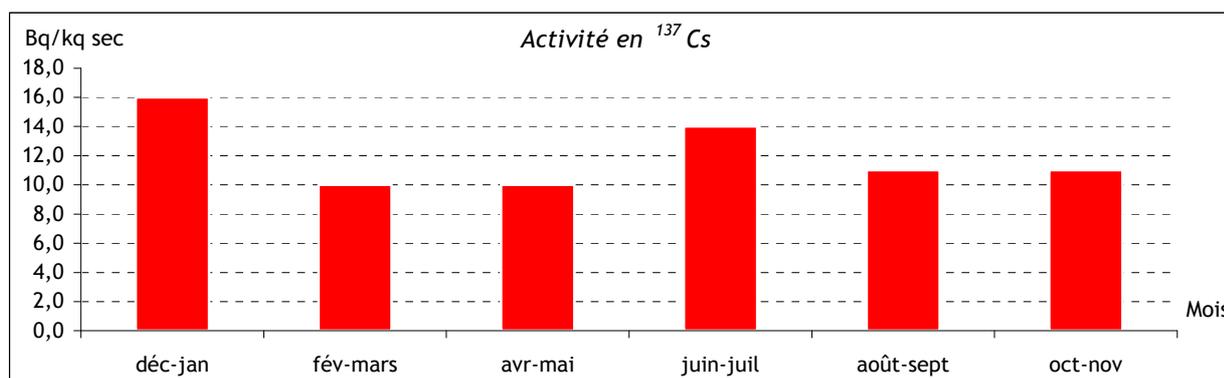


Figure 28 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)

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 60, produits d'activation présents dans les rejets liquides du CNPE, ont été relevées dans 2 des 5 mélanges analysés avec une valeur maximale de 3,2 \pm 1,6 Bq/kg sec pour celui de décembre - janvier.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.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 à nos limites de détection.

Pour les feuilles d'arbre, la présence de carbone 14 est détectée dans tous les prélèvements analysés (Tableau 37).

Tableau 37 : Activités en ^{14}C mesurées en 2006 dans les feuilles d'arbre prélevées dans l'environnement du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne
Végétaux	^{14}C	Bq/kg de C élémentaire	140 ± 30	220 ± 60	170

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

Le prélèvement de mousses de mars révèle des traces de césium 137 (16 ± 2 Bq/kg sec). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

Des traces de strontium 90 ($2,7 \pm 0,4$ Bq/kg sec) et de césium 137 ($7,4 \pm 1,0$ Bq/kg sec) ont été décelées dans le prélèvement annuel de sol effectué en mars. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

VI.7.2.5.5. Végétaux aquatiques, poissons et coquillages

Deux prélèvements annuels de végétaux aquatiques (myriophylles et jussies), un prélèvement annuel de poissons (gardons, chevesnes et poissons chats) et de coquillages (corbiculae fluviatis) sont réalisés dans la Vienne à proximité de Cubord.

Seul le prélèvement de jussies effectué en août révèle des traces de césium 137 ($0,24 \pm 0,14$ Bq/kg frais)

La présence de carbone 14 en activité excédentaire par rapport à la normale a été décelée pour les 2 échantillons de végétaux aquatiques analysés (Tableau 38).

Tableau 38 : Activités en ^{14}C mesurées en 2006 dans les végétaux aquatiques prélevés dans l'environnement du CNPE de Civaux

Jussies	^{14}C	Bq/kg de C élémentaire	390 ± 90
Myriophylles	^{14}C	Bq/kg de C élémentaire	600 ± 100

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

Pour le prélèvement de poissons effectué en mai, on relève des traces de césium 137 ($0,18 \pm 0,10$ Bq/kg frais) ainsi que la présence de carbone 14 (760 ± 91 Bq/kg de C élémentaire). Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

Pour le prélèvement de coquillages effectué en août, toutes les activités des radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos limites de détection.

VI.7.2.5.6. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à La Chapelle Viviers, les activités en tritium, iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

De faibles activités en strontium 90 (méthode Sr + TR) ont été décelées pour 7 des 12 prélèvements analysés (Tableau 39).

Tableau 39 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,098 ± 0,029	0,14 ± 0,04	0,12

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



Carte 8 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône

N.B. : Le CNPE de Creys-Malville est en phase de démantèlement (chapitre VI.7.9.2).

VI.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). À cela s'ajoute un prélèvement d'eaux souterraines.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 47 ROV sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,13	-	0/6
	α global	Bq/l	0,024 \pm 0,008	0,039 \pm 0,011	0,032	6/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	12,0 \pm 3	-	2/6
	K	mg/l	1,6 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,1	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.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 41 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	< 0,15	-	0/2
	^3H	Bq/l	< 9,8	< 12,0	-	0/2
	K	mg/l	2,8 \pm 0,1	3,0 \pm 0,1	2,9	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.3.1.4. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont relevées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Loyettes (Figure 29).

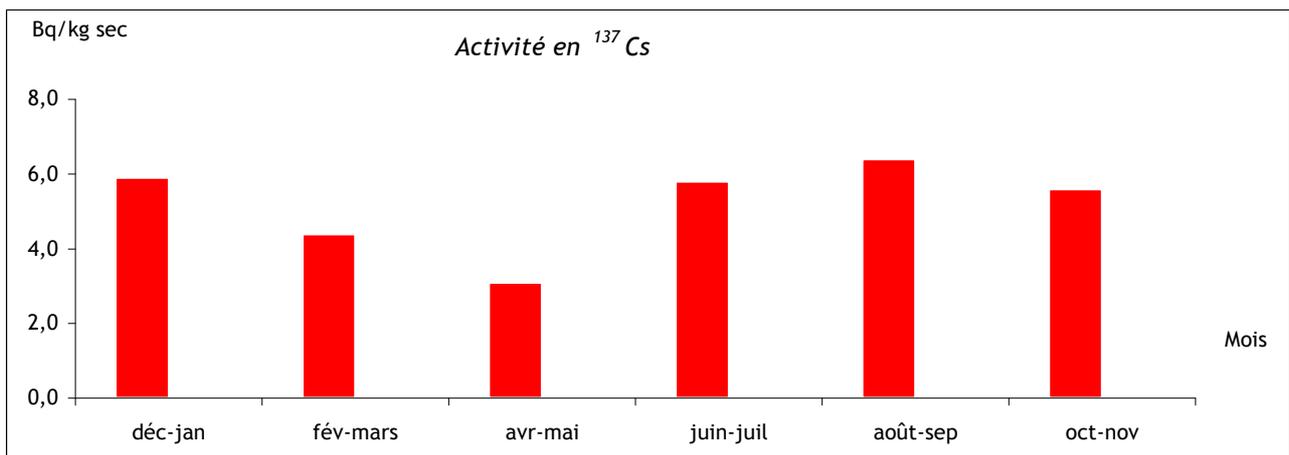


Figure 29 : Activités en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)

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 sont mesurées en cobalt 58, cobalt 60 et argent 110 métastable, autres radionucléides artificiels présents dans les rejets liquides chroniques du CNPE (Tableau 42).

Tableau 42 : Activités en ⁵⁸Co, ⁶⁰Co et ^{110m}Ag mesurées en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Boues de décantation	⁵⁸ Co	Bq/kg sec	0,96 ± 0,56	1,8 ± 0,7	1,4	3/6
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,46 ± 0,26	1,3 ± 0,4	0,76	4/6
	^{110m} Ag	Bq/kg sec	0,85 ± 0,49	5,1 ± 1,0	3,0	5/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.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, 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 prélevées sous les vents dominants, eaux de surface et boues de décantation en aval).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.3.2.2. Eaux de surface

La surveillance des eaux de surface est assurée par des prélèvements d'eau du Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2006.

Tableau 43 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 155 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,13	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,025	0,039 \pm 0,011	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	2,3 \pm 0,1	2,9 \pm 0,2	2,5	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.3.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées 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 30).

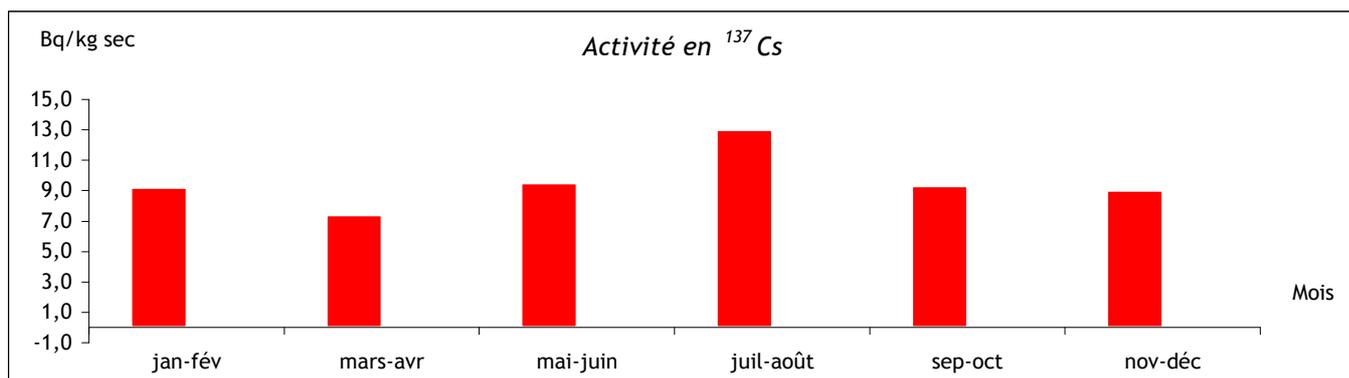


Figure 30 : Activités en ^{137}Cs mesurées en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône, en aval du CNPE de Saint-Alban (SD 155 ROV)

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 2 autres radionucléides artificiels présents dans les boues de décantation en aval du CNPE :

- le cobalt 58 pour le mélange de juillet - août (2,4 \pm 1,2 Bq/kg sec),
- le cobalt 60 pour 2 des mélanges analysés avec une valeur maximale de 1,9 \pm 0,6 Bq/kg sec pour celui de juillet - août.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.3.3 CRUAS-MEYSSE (07)

Le CNPE de Cruas-Meyssse se situe dans le département de l'Ardèche, sur la rive droite du Rhône, à proximité de Montélimar 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, eaux de surface et boues de décantation en aval).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.3.3.2. Eaux de surface

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

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval révèlent la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de $15,0 \pm 3,2$ Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 44 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 157 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Cruas.

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,15	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,026	$0,035 \pm 0,011$	0,031	4/6
	^3H	Bq/l	< 11,0	$15,0 \pm 3,2$	13,7	3/6
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,2$	2,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.3.3.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rochemaure (Figure 31).

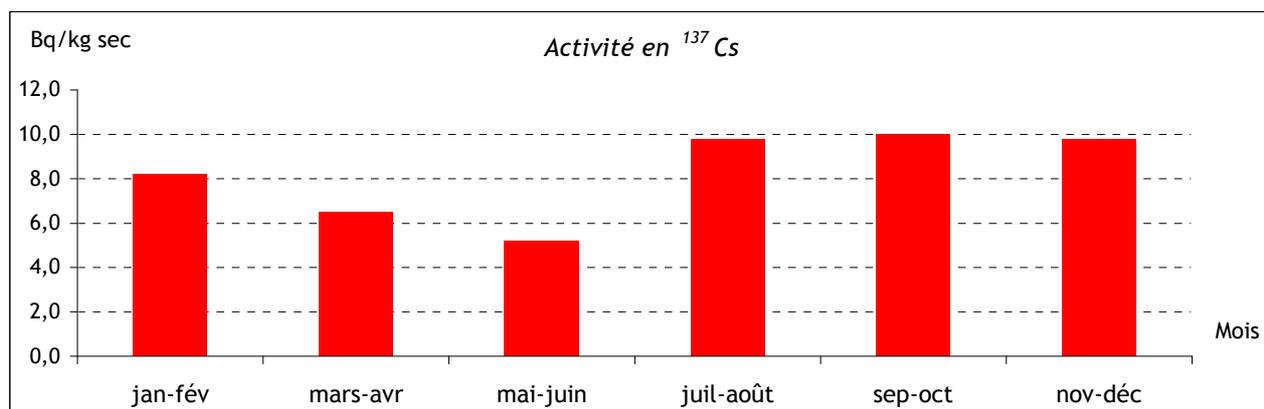


Figure 31 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas (SD 157 ROV)

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.

Une faible activité en cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent de manière chronique dans les rejets liquides du CNPE, a été relevée pour 2 des mélanges de boues analysés avec une valeur maximale de $1,5 \pm 0,5$ Bq/kg sec pour celui de juillet - août.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.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), à laquelle s'ajoute un prélèvement d'eaux souterraines.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 VI.7.3.3.2).

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

Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 75 CAV (Canal de Donzère-Mondragon) en aval du CNPE du Tricastin

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,14	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,023	$0,035 \pm 0,011$	0,032	3/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	$14,0 \pm 3,1$	-	1/6
	K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	2,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.3.4.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du canal de Donzère-Mondragon prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bollène (Figure 32).

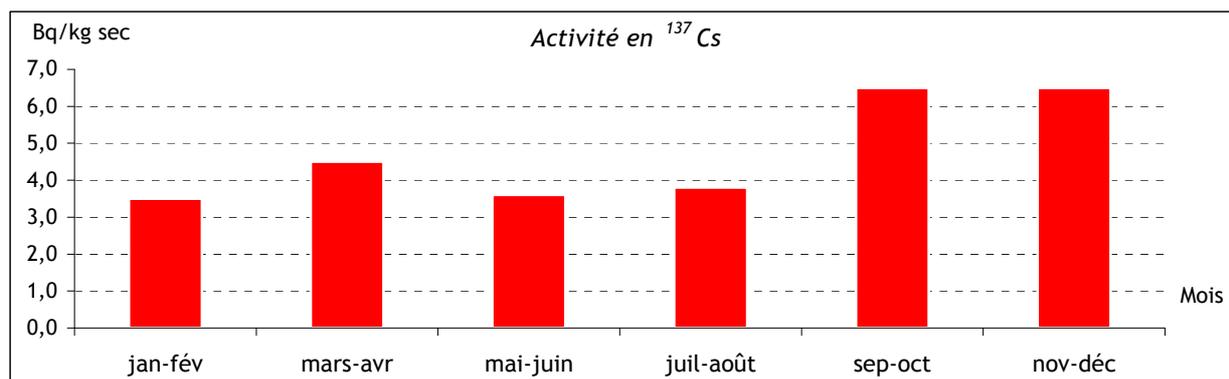


Figure 32 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV)

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 à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.3.4.4. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2006, hormis un marquage en tritium dû au CNPE.

Tableau 46 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P5 75, dans l'environnement du CNPE du Tricastin

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,16 ± 0,04	0,16 ± 0,04	0,16	2/2
	³ H	Bq/l	21,0 ± 3,8	32,0 ± 3,5	26,5	2/2
	K	mg/l	3,4 ± 0,2	3,7 ± 0,2	3,6	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

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



Carte 9 : 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. Il se situe à 60 km à l'ouest de Troyes et 70 km à l'est de Melun. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1987 et 1988).

L'environnement proche du CNPE de Nogent-sur-Seine 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).

VI.7.4.1 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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.4.2 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées sur les eaux de la Seine prélevées en aval du CNPE ont mis en évidence la présence de tritium, notamment lors de la période juillet-août (activité moyenne de 68 ± 5 Bq/l) et septembre-octobre (activité moyenne de 65 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE. L'activité maximale en tritium (92 ± 7 Bq/l) a été détectée au cours de la période du 19 au 24 août 2006.

Tableau 47 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 151 SEV sur la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,13	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,026	$0,058 \pm 0,013$	-	1/6
	^3H	Bq/l	$19,0 \pm 3,4$	$68,0 \pm 5,4$	44,2	6/6
	K	mg/l	$2,1 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,2$	2,5	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.4.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Seine prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Nogent-sur-Seine (Figure 33).

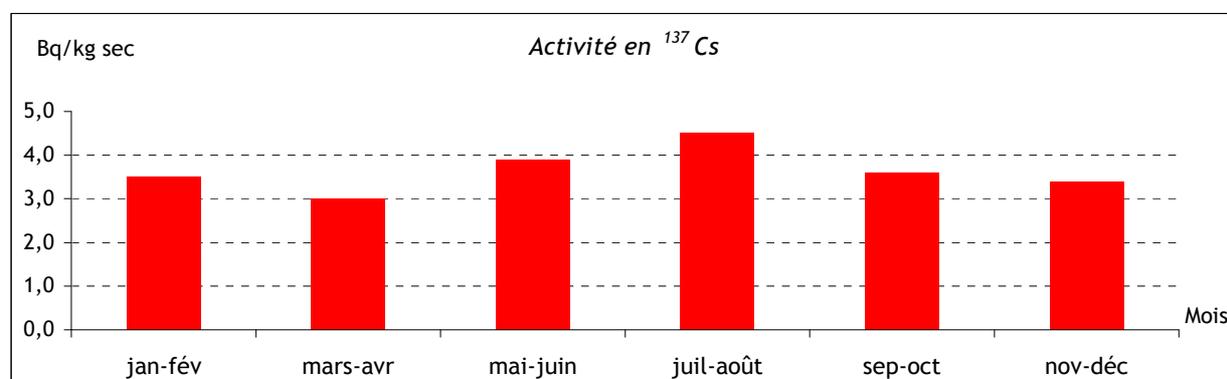


Figure 33 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)

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 de deux autres radionucléides artificiels présents de manière chronique dans les rejets liquides du CNPE ont été relevées dans les boues de décantations :

- le cobalt 58 pour le mélange de novembre - décembre ($1,3 \pm 0,6$ Bq/kg sec),
- le cobalt 60 pour 5 des 6 mélanges analysés (Tableau 48).

Tableau 48 : Activité en ^{60}Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Boues de décantation	^{60}Co	Bq/kg sec	$0,77 \pm 0,32$	$9,7 \pm 0,8$	2,7	5/6

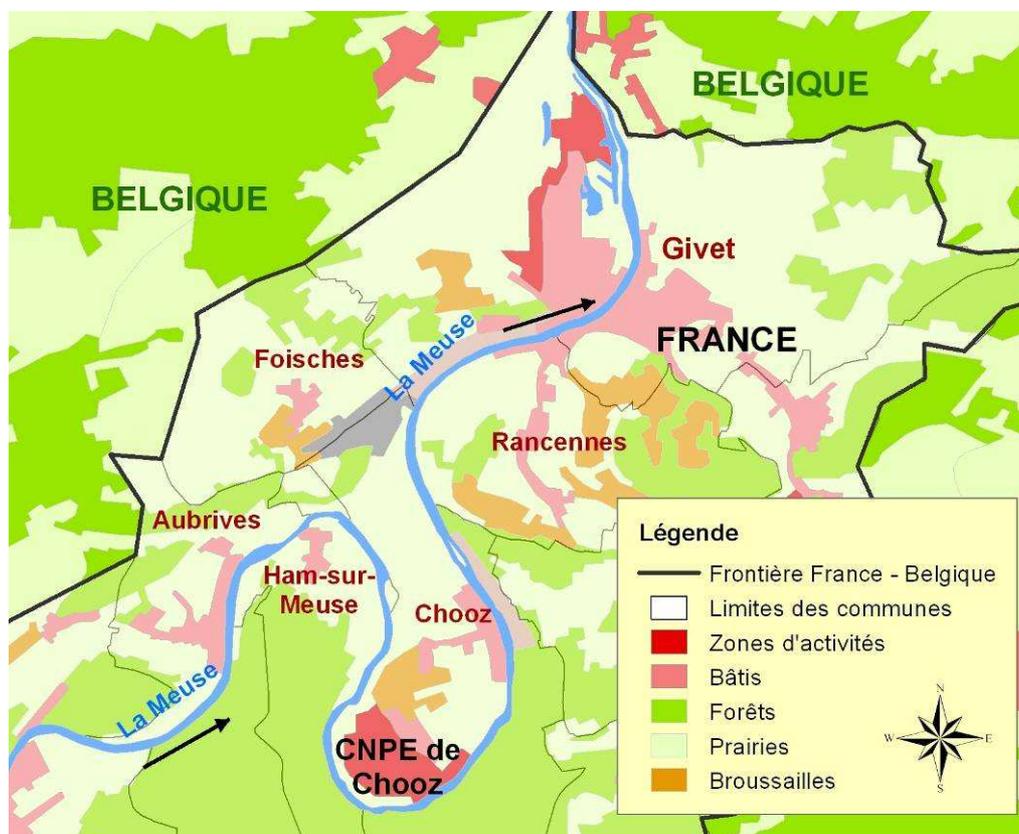
* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.4.4 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Marcilly-sur-Seine, les activités en iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode SR + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

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



Carte 10 : Implantation du 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 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 49 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 83 MEM sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	0,13	3/6
	α global	Bq/l	< 0,020	< 0,027	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	2,5 \pm 0,1	3,9 \pm 0,2	3,2	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 22 \pm 3 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 50 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 83 MEV sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz, à Rancennes

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,15 \pm 0,04	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,024	0,054 \pm 0,015	-	1/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,9	22,0 \pm 3,3	19,0	4/6
	K	mg/l	2,7 \pm 0,1	4,2 \pm 0,2	3,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.5.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Meuse prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rancennes (Figure 34).

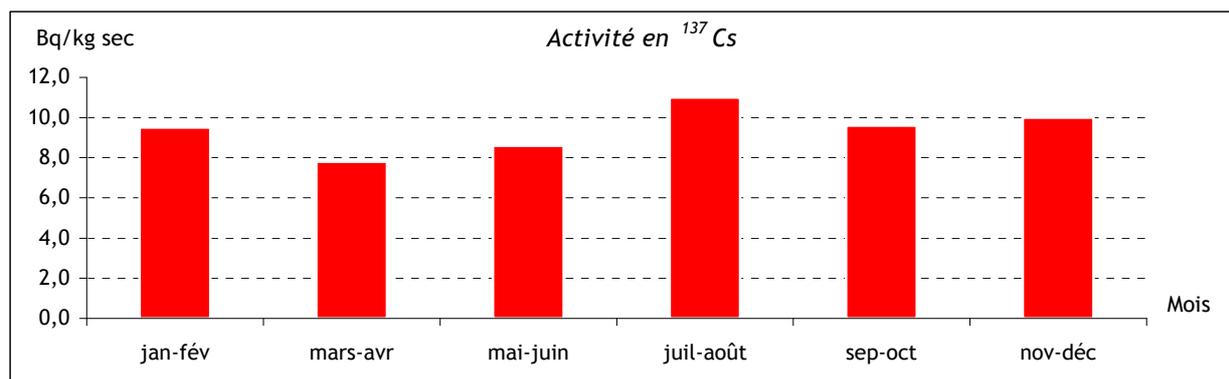


Figure 34 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)

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 deux autres radionucléides artificiels produits d'activation présents dans les rejets liquides chroniques du CNPE :

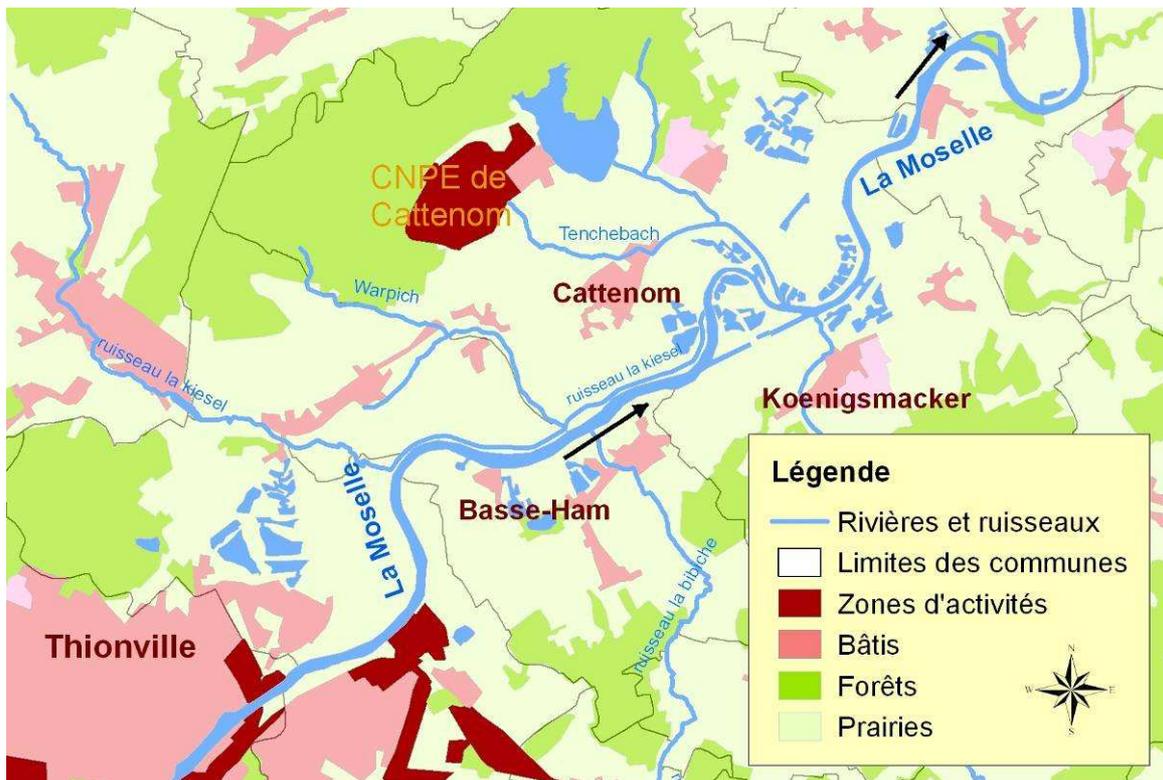
- le cobalt 58 pour 2 des mélanges avec une valeur maximale de $4,8 \pm 0,8$ Bq/kg sec dans le mélange de juillet - août,
- l'argent 110 métastable pour 2 des mélanges avec une valeur maximale de $2,7 \pm 1,0$ Bq/kg sec dans le mélange de septembre - octobre.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.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, non loin des frontières allemande et luxembourgeoise. Le CNPE comporte 4 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1986, 1987, 1990 et 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 11 : Implantation du CNPE de Cattenom

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.6.2 EAUX DE SURFACE

Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 144 MOM sur la Moselle en amont du CNPE de Cattenom, à Haute-Ham

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,19 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,23	5/6
	α global	Bq/l	< 0,029	< 0,038	-	0/6
	²³⁴ U	Bq/l	-	0,009 ± 0,003	-	1/1
	²³⁸ U	Bq/l	-	< 0,011	-	0/1
	²²⁶ Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	³ H	Bq/l	< 9,0	< 12,0	-	0/6
	K	mg/l	7,2 ± 0,3	9,7 ± 0,4	7,9	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 52 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 144 MOV en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,17 ± 0,05	< 0,27	0,21	5/6
	α global	Bq/l	< 0,031	< 0,073	-	1/6
	^{234}U	Bq/l	-	0,011 ± 0,003	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	0,010 ± 0,003	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	12,0 ± 5	57,0 ± 5	33,7	6/6
	K	mg/l	6,2 ± 0,3	8,1 ± 0,4	7,0	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 51).

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 52).

VI.7.6.3 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation de la Moselle prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Berg-sur-Moselle (Figure 35).

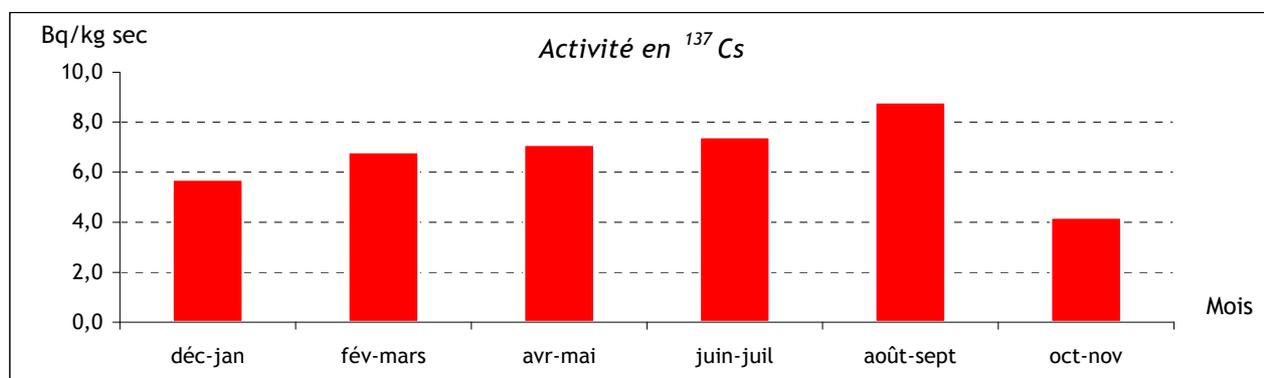


Figure 35 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN)

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.

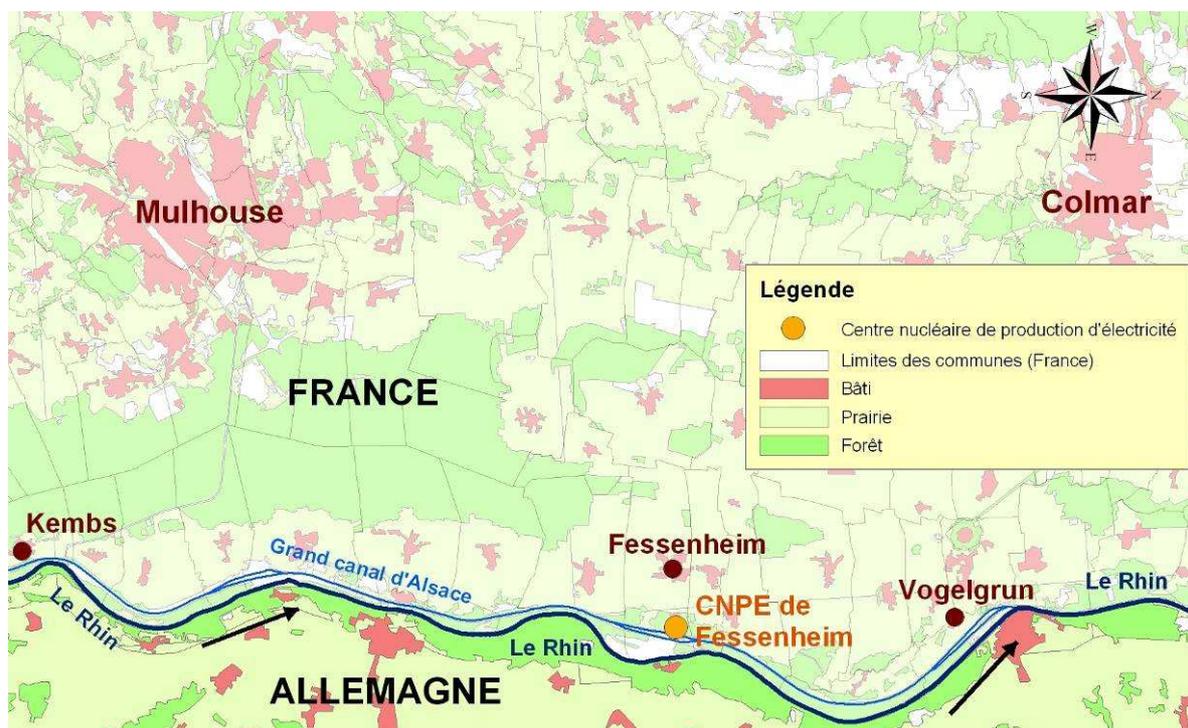
Des traces de cobalt 60, autre radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides chroniques du CNPE, ont été relevées pour le mélange de juin -juillet ($1,4 \pm 0,5$ Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.6.4 LAIT DE VACHE

Les activités en iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode Sr + TR) des prélèvements mensuels de lait réalisés dans une ferme de Fixem sont restées inférieures à nos limites de détection.

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



Carte 12 : Implantation du CNPE de Fessenheim

Le CNPE de Fessenheim est situé en Alsace, à une trentaine de kilomètres de Mulhouse et 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.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.7.2 EAUX SOUTERRAINES

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2006 (Tableau 53).

Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P4 48 FES du CNPE de Fessenheim

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,12	-	0/2
	α global	Bq/l	< 0,028	< 0,029	-	0/2
	^3H	Bq/l	< 9,6	< 11,0	-	0/2
	K	mg/l	2,9 \pm 0,1	3,0 \pm 0,1	3,0	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.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 54, Tableau 55).

Tableau 54 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à Kembs dans le Grand Canal d'Alsace au point R0 70 CAM en amont du CNPE de Fessenheim

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,14	-	1/6
	α global	Bq/l	0,025 \pm 0,009	< 0,028	0,026	3/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,030	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	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 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à Vogelgrün dans le Grand Canal d'Alsace au point R1 73 CAV en aval du CNPE de Fessenheim

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,023	0,034 \pm 0,010	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	3,5 \pm 0,2	2,6	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.7.4 BOUES DE DECANTATION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Grand Canal d'Alsace prélevées au niveau des hydrocollecteurs de Kembs et de Vogelgrün (Figure 36, Figure 37).

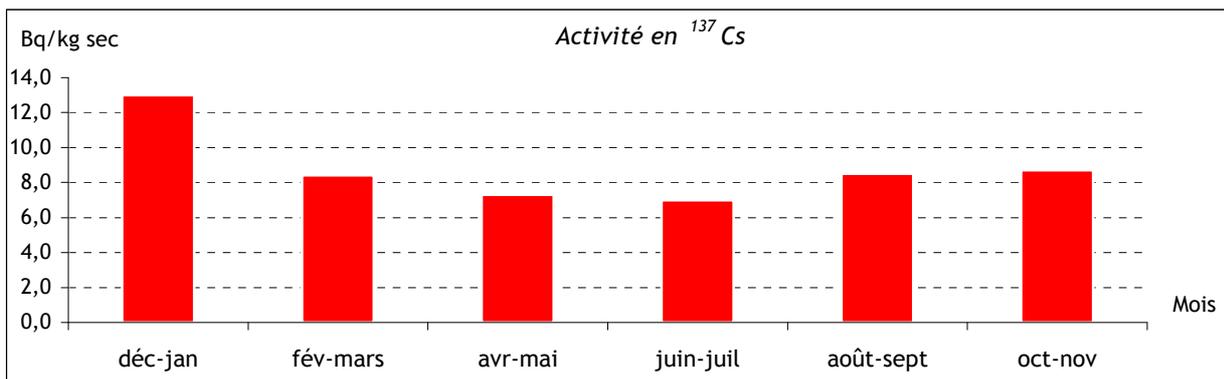


Figure 36 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM)

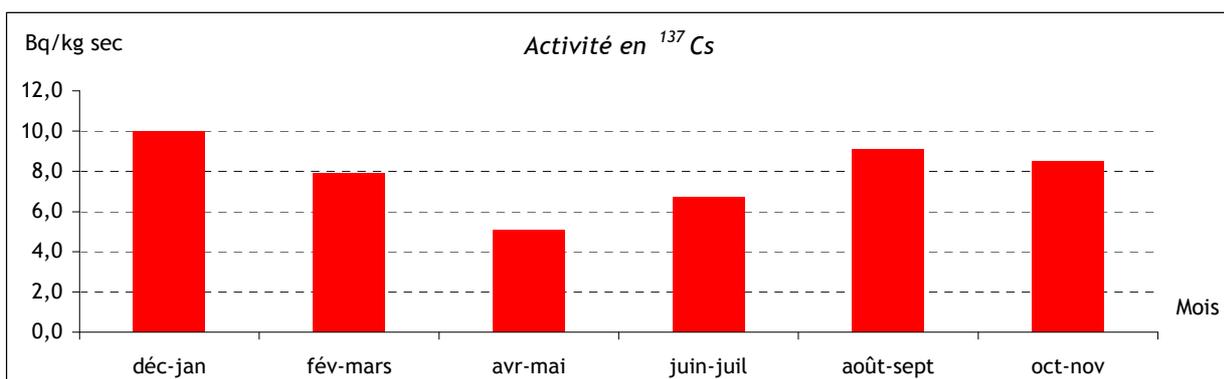


Figure 37 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün (SD 73 CAV)

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 ont été relevées pour deux autres radionucléides artificiels présents dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace :

- le cobalt 58 pour les mélanges de juin - juillet prélevés au niveau des 2 stations avec une valeur maximale de $2,1 \pm 0,7$ Bq/kg sec à Vogelgrün,
- le cobalt 60 pour 3 des 6 mélanges provenant de la station de Kembs (Tableau 56).

Tableau 56: Activité en ⁶⁰Co mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Boues de décantation	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	$0,48 \pm 0,24$	$0,77 \pm 0,39$	0,59	3/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.7.5 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Geiswasser, les activités en iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode Sr + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

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



Carte 13 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche

VI.7.8.1 FLAMANVILLE (50)

Le CNPE de Flamanville est implanté au bord de la Manche. Il est situé à 30 km à l'ouest de Cherbourg. Le CNPE comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1985 et 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.8.1.2. Eaux de la conduite sous-marine

Pour le CNPE de Flamanville comme pour tous le CNPE du littoral de la Manche, les prélèvements d'eaux sont effectués dans l'ouvrage de dilution des rejets du CNPE. La dilution des rejets est donc moindre en ce point de prélèvement que dans le cas des CNPE fluviaux où le prélèvement est réalisé dans le milieu récepteur.

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 86 ± 7 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 57).

Tableau 57 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 145 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Flamanville)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	10,0 ± 1,0	12,0 ± 1,2	11,2	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	0,051 ± 0,009	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	0,045 ± 0,008	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	20,0 ± 2,8	86,0 ± 6,9	36,3	6/6
	K	mg/l	370 ± 19	420 ± 21	405	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.8.1.3. Sédiments marins

Des traces de césium 137 sont détectées dans 3 des 12 prélèvements mensuels de sédiments marins effectués au niveau de la plage du Platé à Diélette (Figure 38).

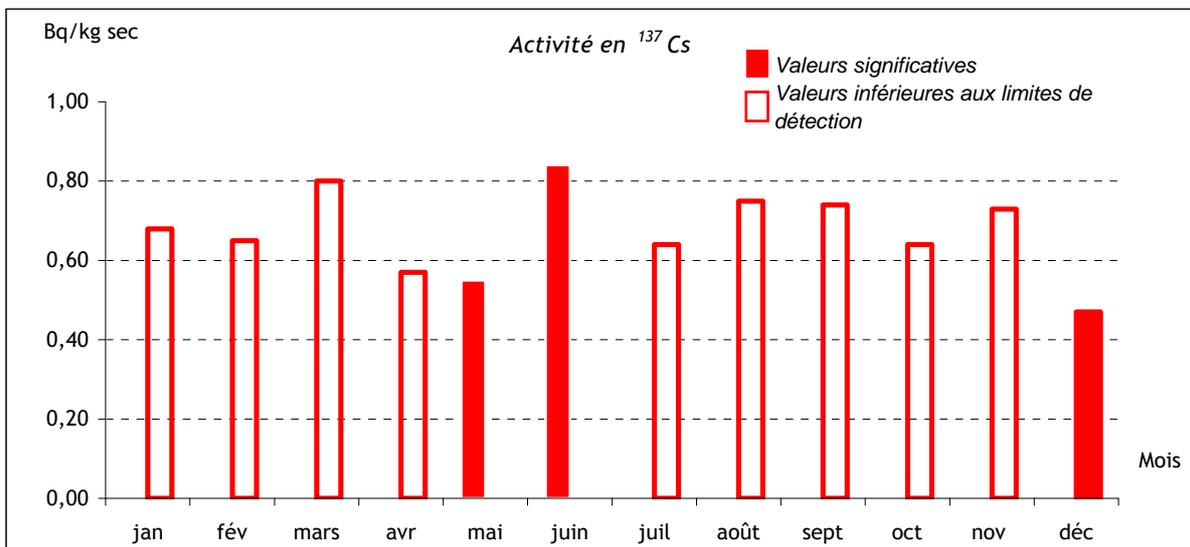


Figure 38 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2006 au voisinage du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA)

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 à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

VI.7.8.1.4. Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Héauville, les activités en iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

Une faible activité en strontium 90 (méthode Sr + TR) a été décelée pour 3 des 12 prélèvements avec une valeur maximale de $0,19 \pm 0,04$ Bq/l en juillet.

VI.7.8.2 PALUEL (76)

Le CNPE de Paluel se situe en Seine-Maritime, entre Dieppe et Fécamp. Il comporte 4 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1984, 1985 et 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 90 ± 7 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 146 CDM (eaux sous-marines du CNPE de Paluel)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$10,0 \pm 1,0$	$12,0 \pm 1,2$	11,0	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	$0,044 \pm 0,008$	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	$0,043 \pm 0,008$	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	$66,0 \pm 5,9$	$90,0 \pm 7,2$	76,3	6/6
	K	mg/l	390 ± 20	410 ± 21	398	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.8.2.3. Boues de décantation

Des traces de cobalt 60 et césium 137 sont détectées dans presque tous les mélanges bimestriels de boues de décantation prélevées au niveau de la conduite sous marine du CNPE (Figure 39).

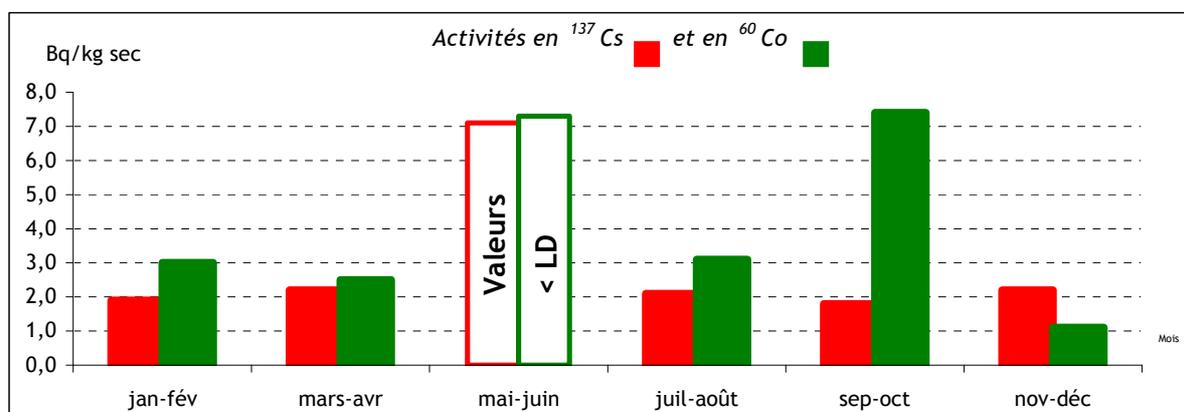


Figure 39 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM)

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).

Des traces de cobalt 58, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 2 des 6 mélanges analysés avec une valeur maximale de $2,3 \pm 0,6$ Bq/kg sec pour celui de septembre - octobre.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.8.3 PENLY (76)

Le CNPE de Penly est situé au bord de la Manche, à 15 km de Dieppe et 70 km de Rouen. Il comporte 2 réacteurs de 1300 MWe (années de divergence : 1990 et 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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 de tritium (activité maximale de 100 ± 7 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 59 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 153 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Penly)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$10,0 \pm 1,0$	$12,0 \pm 1,2$	10,7	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	$0,041 \pm 0,007$	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	$0,037 \pm 0,006$	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	$15,0 \pm 2,6$	$100,0 \pm 7,0$	50,5	6/6
	K	mg/l	350 ± 18	400 ± 20	385	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.8.3.3. Boues de décantation

Des traces de cobalt 60 et césium 137 ont été détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation prélevées au niveau de la conduite sous-marine du CNPE (Figure 40).

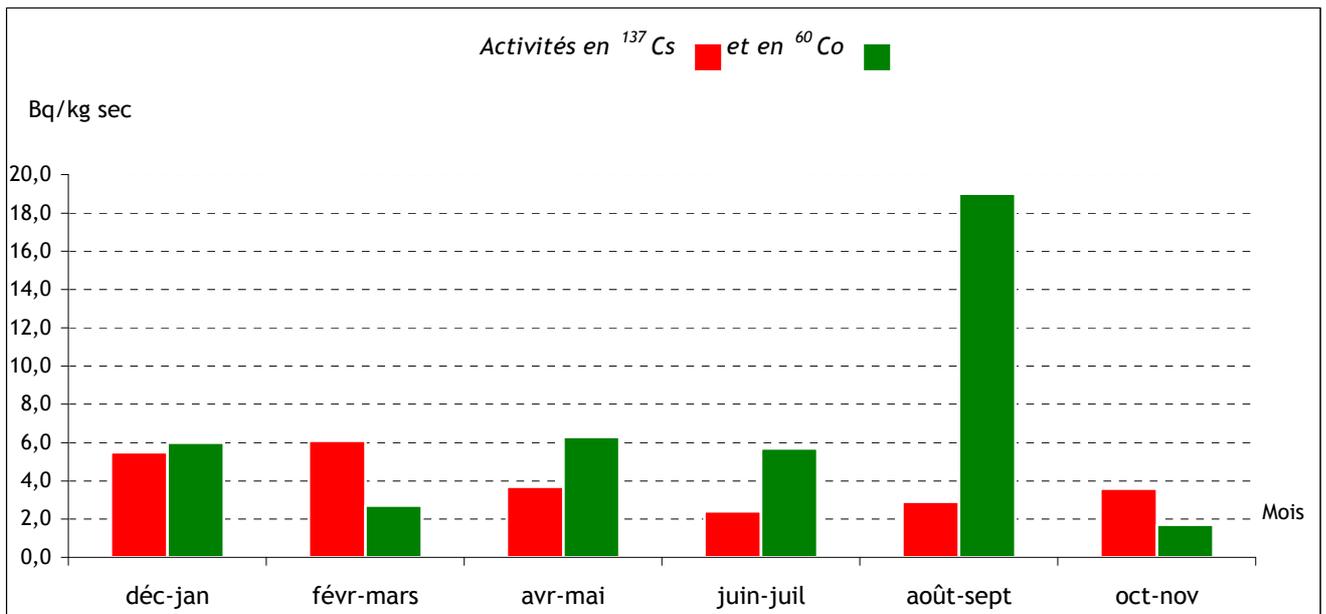


Figure 40 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM)

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).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.8.4 GRAVELINES (59)

Le CNPE de Gravelines, dans le Nord, est situé à 20 km de Dunkerque et de Calais. 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.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 du CNPE (Tableau 60).

Tableau 60 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point M1 84 (canal marin du CNPE de Gravelines)

		Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	10,0 \pm 1,0	12,0 \pm 1,2	11,3	6/6
	^{234}U	-	0,051 \pm 0,009	-	1/1
	^{238}U	-	0,040 \pm 0,008	-	1/1
	^{226}Ra	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	11 \pm 2	19 \pm 4	15	6/6
	K	mg/l	370 \pm 19	410 \pm 21	398

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.8.4.3. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité inhabituelle sur les eaux souterraines n'a été décelée en 2006 (Tableau 61).

Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P1 84 GRA dans l'environnement du CNPE de Gravelines

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,69 \pm 0,08	0,85 \pm 0,09	0,77	2/2
	^3H	Bq/l	15,0 \pm 2,3	18,0 \pm 3,8	16,5	2/2
	K	mg/l	25,0 \pm 1,3	28,0 \pm 1,4	26,5	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.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 41).

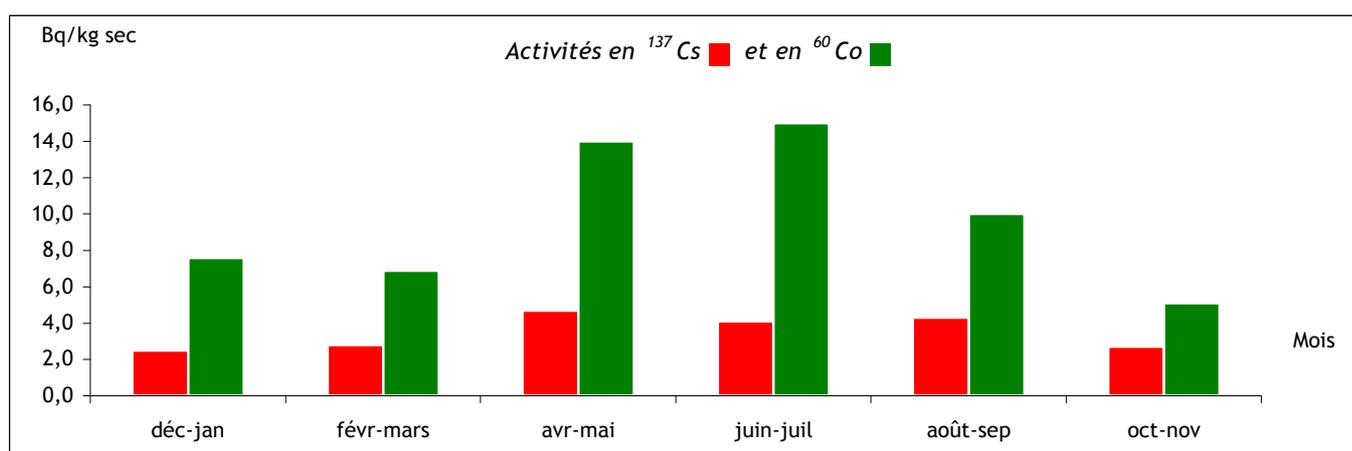


Figure 41 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

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 et d'argent 110 métastable, autres radionucléides artificiels, ont été relevées pour 2 des 6 mélanges bimestriels analysés avec des valeurs maximales pour celui d'avril - mai respectivement de $3,5 \pm 1,2$ Bq/kg sec et de $2,3 \pm 1,0$ Bq/kg sec.

La présence de cobalt 60, de cobalt 58 et d'argent 110 métastable 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 et d'américium 241, autres radionucléides artificiels caractéristiques des rejets du centre de retraitement AREVA de la Hague, ont également été décelées (Figure 42, Figure 43). On relève également des traces de plutonium 241 dans 2 des 6 mélanges analysés avec une valeur maximale de 28 ± 6 Bq/kg sec pour celui d'avril - mai.

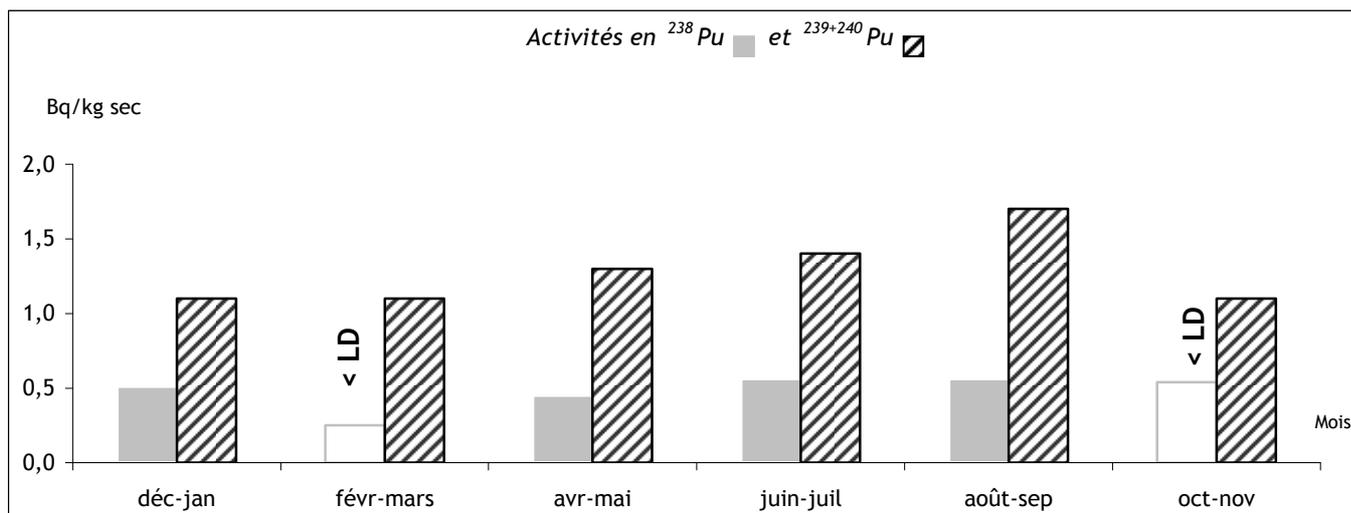


Figure 42 : Activités en isotopes du plutonium mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

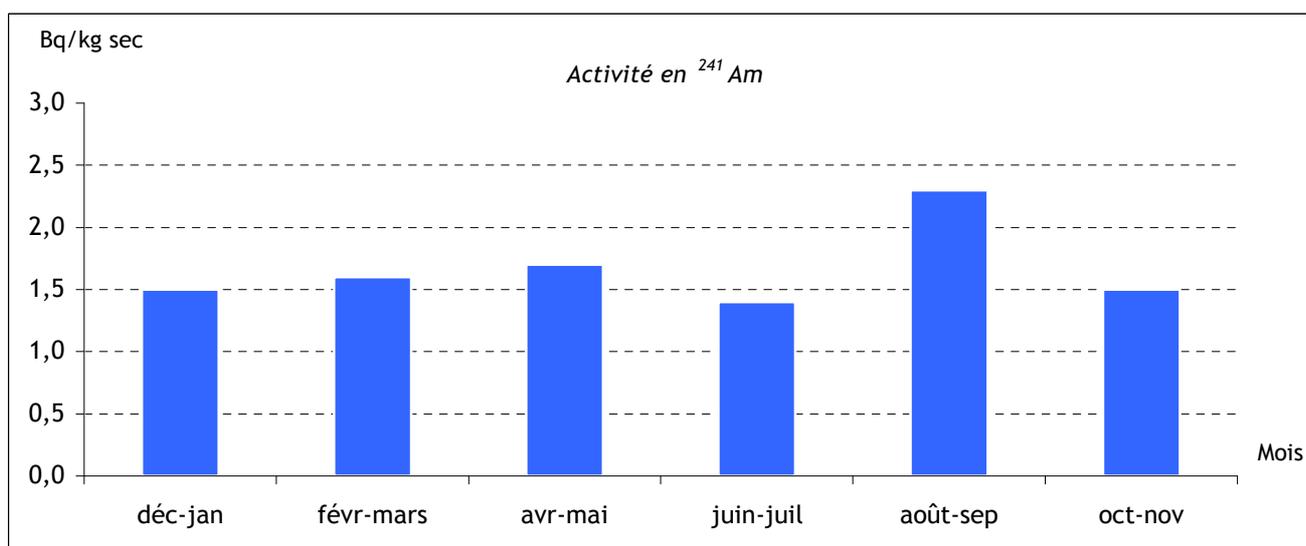


Figure 43 : Activité en ^{241}Am mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.7.8.4.5.Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Saint-Folquin, les activités en iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode Sr + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

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

VI.7.9.1 BRENNILIS (29)

L'environnement proche de l'ancienne centrale bretonne 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 ferme.

VI.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.7.9.1.2.Eaux de surface

Aucune activité n'a été mesurée au-dessus de nos limites de détection sur les prélèvements ponctuels réalisés mensuellement dans la rivière Ellez, hormis une activité de $0,15 \pm 0,04$ Bq/l en activité bêta globale, due à la présence de potassium 40 (4,3 mg/l de potassium).

VI.7.9.1.3.Lait de vache

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Kerelcun, les activités en tritium, iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

Une faible activité en strontium (méthode Sr + TR) a été décelée dans 8 des 12 prélèvements analysés (Tableau 62).

Tableau 62 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE de Brennilis

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	Sr (Sr+TR)	Bq/l	$0,12 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,04$	0,15

VI.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).

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VI.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 63 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 60 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11	< 0,14	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,024	0,052 \pm 0,014	0,039	4/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,1	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.9.2.3. Boues de décantation

Des traces de césium 137 ont été détectées dans tous les mélanges bimestriels de boues de décantation du Rhône prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bouvesse-Quirieu (Figure 44).

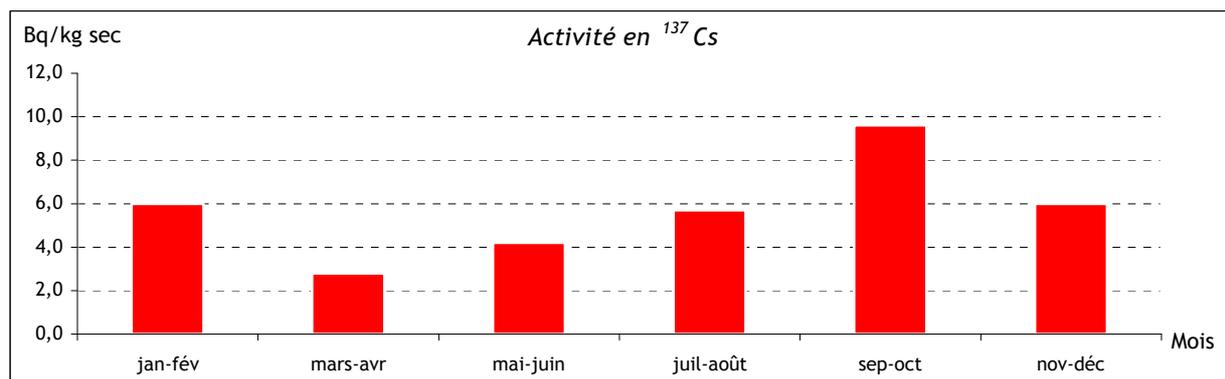


Figure 44 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV)

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 juillet - août (0,48 + 0,14 Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

VI.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).

VI.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, Téléray, 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.

VI.8.1.1 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 IX.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 IX.1.2.1.2).

Les eaux de pluie sont prélevées en continu à Gréville et relevées à une fréquence hebdomadaire. Les mesures sont réalisées sur un mélange mensuel de ces eaux de pluie. En 2006, aucune activité en radionucléides artificiels n'a été mesurée au-dessus de nos 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 64).

Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux de pluie recueillies en 2006 dans l'environnement du centre AREVA de la Hague au point PH 87 HAG à Gréville

	Activités en Bq/l												
	⁵⁸ Co ⁶⁰ 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	< 0,2	< 0,3	< 1,5	< 0,5	< 0,5	< 0,3	< 3,0	< 0,2	< 0,002	< 12,0	< 2,2	< 0,017	< 0,10
Février	< 0,2	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,2	< 1,7	< 0,2	< 0,002	< 9,4	< 1,8	< 0,017	< 0,10
Mars	< 0,2	< 0,2	< 1,2	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 1,7	< 0,2	< 0,001	< 11,0	< 1,8	< 0,018	< 0,10
Avril	< 0,7	< 0,9	< 5,0	< 1,6	< 1,4	< 0,8	< 6,8	< 0,7	< 0,002	< 12,0	< 7,1	< 0,019	< 0,10
Mai	< 0,2	< 0,3	< 1,3	< 0,6	< 0,4	< 0,3	< 20,0	< 0,2	< 0,001	< 11,0	1,8 ± 1,0	< 0,018	< 0,10
Juin	< 0,2	< 0,3	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 5,6	< 0,2	< 0,002	< 9,0	< 2,0	< 0,019	< 0,10
Juillet	< 0,9	< 1,1	< 5,7	< 2,3	< 1,5	< 0,8	< 25,0	< 0,7	< 0,002	< 9,0	< 7,8	< 0,031	< 0,14
Août	< 0,2	< 0,2	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 1,8	< 0,2	< 0,002	< 9,8	< 1,8	0,020 ± 0,007	< 0,10
Septembre	< 0,2	< 0,2	< 1,2	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 2,3	< 0,2	< 0,002	< 9,7	1,8 ± 0,8	< 0,019	< 0,10
Octobre	< 0,2	< 0,2	< 1,2	< 0,4	< 0,4	< 0,2	< 1,3	< 0,2	< 0,002	< 9,4	< 1,7	< 0,019	< 0,10
Novembre	< 0,2	< 0,3	< 1,3	< 0,4	< 0,4	< 0,3	< 4,8	< 0,2	< 0,002	< 9,0	1,7 ± 0,8	< 0,019	< 0,10
Décembre	< 0,3	< 0,4	< 1,2	< 0,5	< 0,4	< 0,3	< 40,0	< 0,2	< 0,002	< 9,3	< 2,6	< 0,019	< 0,10

VI.8.1.2 EAUX DU RESEAU D'EAUX PLUVIALES

Le réseau de collecte des eaux pluviales du site AREVA, commun avec celui de l'ANDRA, collecte les eaux de ruissellement de la voirie et des toitures. Il fait l'objet de prélèvements continus analysés bimensuellement.

Des activités significatives en tritium ont été mesurées sur chacun des points de prélèvements avec un maximum de 190 ± 13 Bq/l enregistré au nord est de l'installation (point R0 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 dans ces réseaux de collecte est probablement due aux rejets des installations de l'établissement AREVA.

Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,26 \pm 0,04$	$1,10 \pm 0,08$	0,42	24/24
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,027	-	2/24
	³ H	Bq/l	< 9	56 ± 5	35	14/24
	K	mg/l	$1,8 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,2$	3,0	24/24
Eau brute	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,02	$0,34 \pm 0,07$	0,13	23/24
	⁹⁰ Sr	Bq/l	$0,028 \pm 0,003$	$0,320 \pm 0,0029$	0,096	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 66 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W2 87 (bassin d'orage ouest) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	$0,18 \pm 0,03$	0,15	19/24
	α global	Bq/l	< 0,020	< 0,028	-	0/24
	³ H	Bq/l	< 9	19 ± 3	14	21/24
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,2$	2,6	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 67 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,35 \pm 0,06$	$0,70 \pm 0,11$	0,55	24/24
	α global	Bq/l	< 0,025	< 0,120	-	1/24
	³ H	Bq/l	$14 \pm 3,1$	48 ± 5	25	24/24
	K	mg/l	$8,5 \pm 0,4$	$18,0 \pm 0,9$	14,8	24/24
Eau brute	¹³⁷ Cs	Bq/l	$0,007 \pm 0,004$	$0,079 \pm 0,012$	0,023	17/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 68 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées en 2006 au point R0 87 (Nord Est, limnigraphe) sur le site de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,22 ± 0,04	-	11/24
	α global	Bq/l	< 0,020	< 0,025	-	0/24
	³ H	Bq/l	61 ± 6	190 ± 13	115	24/24
	K	mg/l	2,0 ± 0,1	3,4 ± 0,2	2,6	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.1.3 EAUX DE SURFACE

Des prélèvements d'eau mensuels, bimensuels et trimestriels 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, qui sont dus au marquage en tritium de la nappe phréatique (voir résultats des piézomètres 326, 358 et 702 au § VI.8.1.5).

Tableau 69 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Diguleville dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,17 ± 0,04	0,14	6/12
	α global	Bq/l	< 0,020	< 0,028	-	0/12
	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,036	-	0/12
	³ H	Bq/l	58 ± 5	200 ± 14	139	12/12
	K	mg/l	2,3 ± 0,1	3,3 ± 0,2	2,8	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 70 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source Recboc) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,42 ± 0,06	0,23	21/24
	α global	Bq/l	< 0,020	< 0,033	-	0/24
	³ H	Bq/l	< 9	40 ± 4	24	23/24
	K	mg/l	2,0 ± 0,1	3,4 ± 0,2	2,9	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 71 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,13	0,29 \pm 0,04	0,22	22/24
	α global	Bq/l	< 0,020	0,042 \pm 0,010	0,029	13/24
	^3H	Bq/l	< 9	23 \pm 5	17	22/24
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	4,1 \pm 0,2	2,9	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Dans le ruisseau des Landes au nord-ouest du site, des activités en strontium 90 ont été enregistrées dans tous les prélèvements de l'année. Ces activités sont dues à la contamination en strontium 90 de la nappe phréatique à cet endroit (voir piézomètre 106, Tableau 73).

Tableau 72 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du centre AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	1,80 \pm 0,14	2,60 \pm 0,16	2,28	4/4
	α global	Bq/l	< 0,017	< 0,042	-	1/4
	^3H	Bq/l	< 11	< 14	-	1/4
	K	mg/l	2,3 \pm 0,1	3,0 \pm 0,2	2,7	4/4
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	0,95 \pm 0,09	1,40 \pm 0,13	1,19	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.1.4 SEDIMENTS DE RIVIERES

Des prélèvements de sédiments sont réalisés dans les ruisseaux de la Sainte-Hélène, des Landes et des Moulinets. Leur analyse a révélé la présence de radionucléides artificiels (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am), 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 45, Figure 46). À l'exception du césium 137, les sédiments du ruisseau de la Sainte-Hélène sont les moins marqués et ceux du ruisseau des Landes les plus marqués. En ce qui concerne le césium 137, le ruisseau des Moulinets présente l'activité la plus importante.

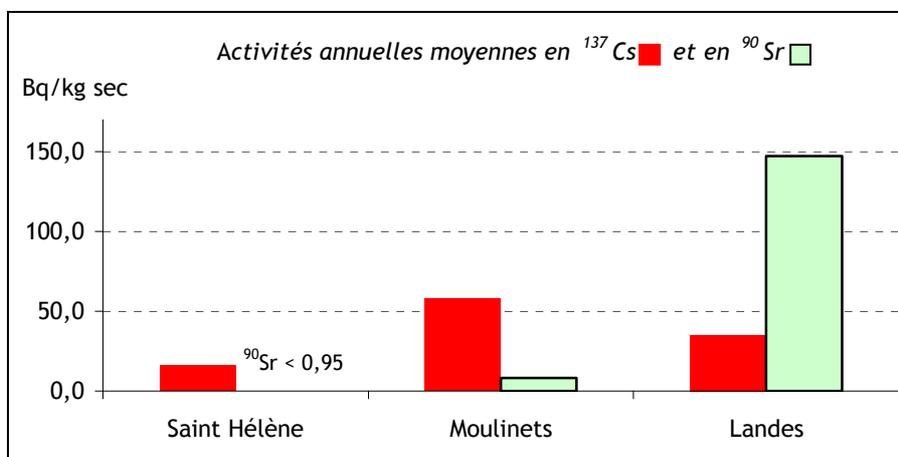


Figure 45 : Activités en ^{137}Cs et ^{90}Sr des sédiments de rivières prélevés en 2006 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague

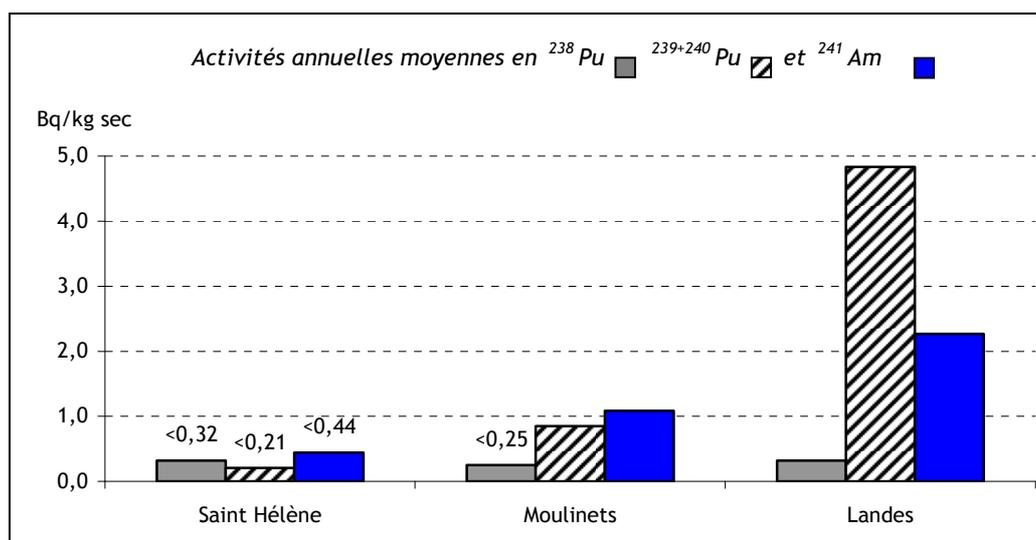


Figure 46 : Activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am des sédiments de rivières prélevés en 2006 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague

VI.8.1.5 EAUX SOUTERRAINES

Cinq piézomètres du site d'AREVA font l'objet d'une surveillance par l'IRSN.

Tableau 73 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P1 87 (piézomètre 106) du site AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$5,70 \pm 0,29$	$8,10 \pm 0,41$	6,95	4/4
	α global	Bq/l	$< 0,038$	$< 0,043$	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 11	16 ± 3	13	3/4
	K	mg/l	$2,2 \pm 0,13$	$6,8 \pm 0,3$	4,1	4/4
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	$0,40 \pm 0,09$	$1,50 \pm 0,24$	0,72	4/4
	^{90}Sr	Bq/l	$2,90 \pm 0,26$	$4,30 \pm 0,39$	3,43	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Dans les eaux du piézomètre 106 situé au nord-ouest du site, les activités significatives mesurées en césium 137 et strontium 90 expliquent l'activité bêta globale élevée (Tableau 73). Ces activités résultent d'une contamination de la nappe phréatique par des déchets mal confinés en surface du site dans les années 1980. On retrouve ce niveau d'activité en strontium 90 dans le ruisseau des Landes qui est tout proche (Tableau 72). Cette contamination en strontium 90, qui était comprise entre 4 à 16 Bq/l dans les années 1990, baisse depuis l'an 2000 et demeure comprise entre 2 et 5 Bq/l depuis 2005.

Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P2 87 (piézomètre 222) du site AREVA de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$< 0,13$	$< 0,16$	-	1/4
	α global	Bq/l	$< 0,020$	$< 0,028$	-	1/4
	^3H	Bq/l	10 ± 3	< 11	-	1/4
	K	mg/l	$3,1 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$	3,3	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 75 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P3 87 (piézomètre 326) du site AREVA de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11	< 0,12	-	0/2
	α global	Bq/l	< 0,023	0,023 \pm 0,009	-	1/2
	^3H	Bq/l	590 \pm 53	750 \pm 45	670	2/2
	K	mg/l	1,8 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,1	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 76 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P4 87 (piézomètre 358) du site AREVA de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,17 \pm 0,04	0,28 \pm 0,05	0,24	4/4
	α global	Bq/l	0,082 \pm 0,014	0,250 \pm 0,043	0,186	4/4
	^3H	Bq/l	3600 \pm 216	6400 \pm 384	5400	4/4
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1	2,5 \pm 0,2	2,2	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P5 87 (piézomètre 702) du site AREVA de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11	< 0,13	-	0/2
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,023	-	0/2
	^3H	Bq/l	3100 \pm 186	4100 \pm 246	3600	2/2
	K	mg/l	2,5 \pm 0,1	2,9 \pm 0,2	2,7	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les eaux des piézomètres 326, 358 et 702 situés à l'est du site présentent une activité élevée en tritium (jusqu'à 6400 Bq/l). La présence de tritium dans les eaux de ces 3 piézomètres est due à une contamination de la nappe phréatique lors d'un incident de stockage survenu en 1976 sur le centre de l'ANDRA qui jouxte le site AREVA à l'est (source : résultats des mesures de la surveillance de l'environnement, 2^{ème} semestre 2006, Centre de stockage de la Manche, ANDRA).

L'activité alpha globale du piézomètre 358 est due à des radionucléides naturels (isotopes de l'uranium et du radium).

VI.8.1.6 SOLS

Un prélèvement de sol à deux profondeurs est réalisé annuellement à Herqueville (Tableau 78).

Tableau 78 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2006

	Profondeur	cm	0-5	5-10
Sols	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	9,5 ± 1,1	9,3 ± 1,1
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,20	< 0,15
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,37 ± 0,10	0,53 ± 0,15
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,34 ± 0,12	0,45 ± 0,15
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,3

On relève des activités significatives en ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am. Les activités en ⁹⁰Sr et ¹³⁷Cs sont représentatives des retombées atmosphériques passées (accident de la centrale de Tchernobyl, retombées des essais nucléaires atmosphériques), et les activités ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am sont dues aux rejets gazeux de l'installation.

VI.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 ⁹⁰Sr et de ¹⁴C sont présentés dans les figures ci-après (Figure 47, Figure 48, Figure 49).

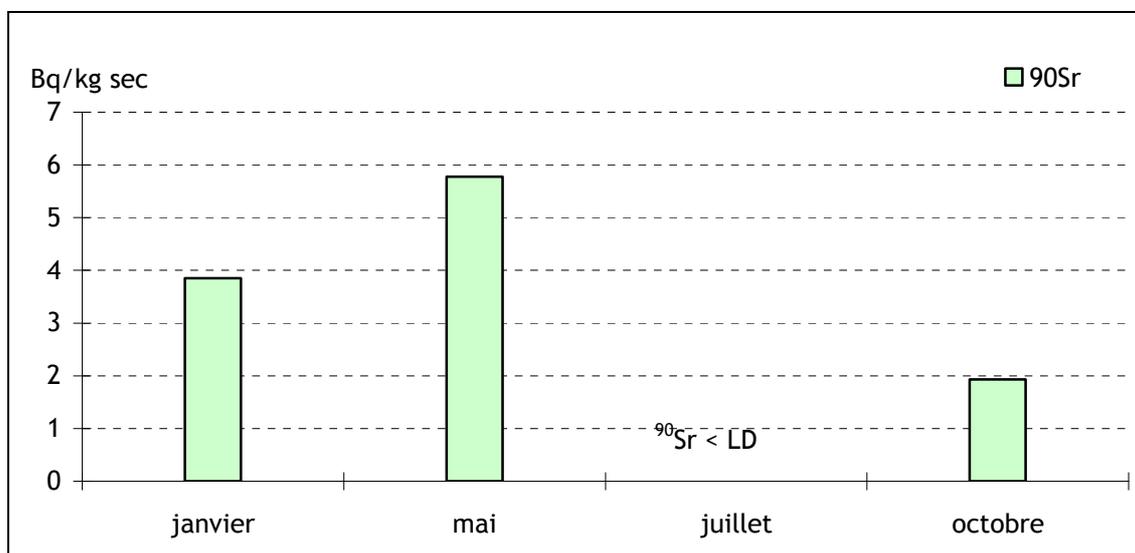


Figure 47 : Activité en ⁹⁰Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Beaumont

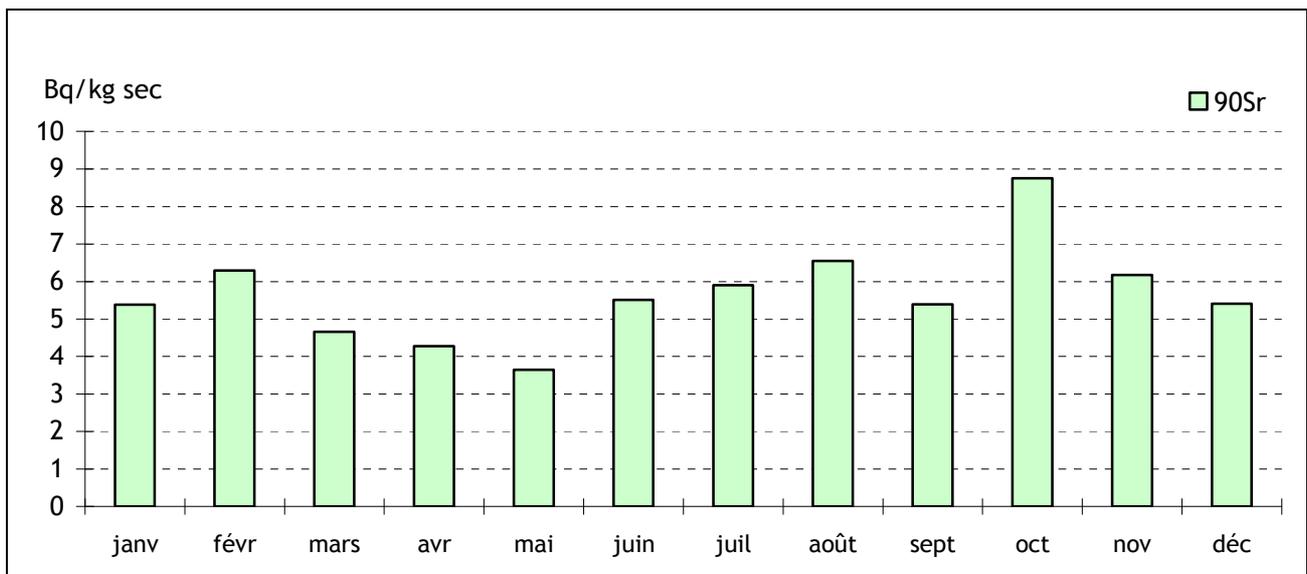


Figure 48 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Herqueville (point A12)

Des activités en ^{90}Sr comprises entre 2 et 9 Bq/kg sec sont mesurées sur quasiment tous les prélèvements collectés dans l'année. Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les végétaux prélevés aux stations de suivi continental terrestre hors influence des installations et sont attribuables aux essais passés d'armes nucléaires (voir paragraphe IX.2.2.1).

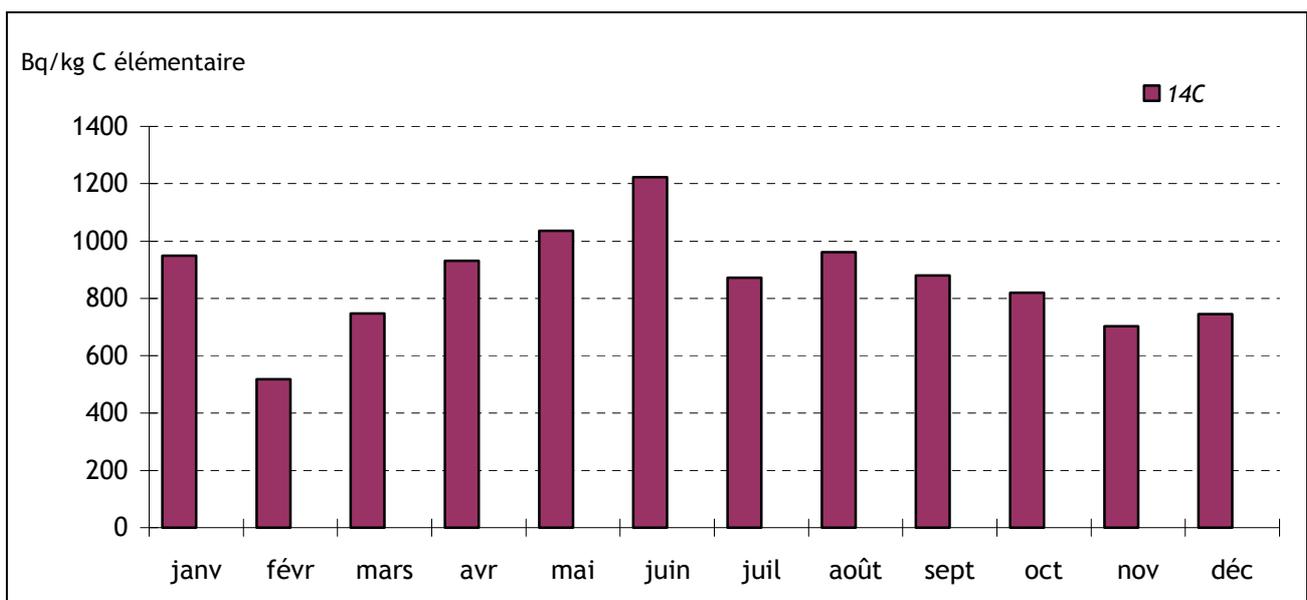


Figure 49 : Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Herqueville (point A12)

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 pourrait s'expliquer par une augmentation de rejets de radionucléides pendant cette période de l'année.

A la station de Beaumont, une évolution similaire est observée à la même période.

VI.8.1.8 LAIT DE VACHE

Pour les 48 prélèvements analysés en 2006 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 131, le césium 134 et le césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

Des traces d'iode 129 ont été relevées pour un prélèvement de lait effectué en octobre à Digulleville : $0,0092 \pm 0,0044$ Bq/l.

Une faible activité en strontium (méthode Sr + TR) a été décelée pour 25 des prélèvements analysés.

Tableau 79 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du site AREVA La Hague

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	Sr (Sr+TR)	Bq/l	$0,11 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,04$	0,16

VI.8.1.9 EAU DE MER

Des prélèvements sont réalisés en 10 points le long du littoral de la Basse-Normandie : Granville, Barneville-Carteret, Sciotot, anse des Moulinets, baie d'Ecalgrain, Pointe de Jardeheu, Querqueville, Cherbourg (voir paragraphe VII.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 dans les eaux prélevées à proximité du point de rejet des effluents liquides du site de la Hague, le maximum (24 ± 3 Bq/l) est relevé dans l'anse des Moulinets.

Aux autres points de prélèvements, l'activité en tritium est souvent inférieure à nos limites de détection ou 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 80 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la baie d'Ecalgrain à Jobourg (M 110 JBG)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹²⁵ Sb, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,063	-	0/20
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	-	< 0,0020	-	0/5
	³ H	Bq/l	< 9	16 ± 3	13	4/5
	β global	Bq/l	$9,6 \pm 1,0$	$11,0 \pm 1,1$	10,5	5/5
	K	mg/l	350 ± 18	400 ± 20	384	5/5

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans l'anse des Moulinets à Herqueville (M 110 MLN)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹²⁵ Sb, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,063	-	0/16
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	-	< 0,0050	-	0/8
	³ H	Bq/l	< 9	24 ± 3	16	3/4
	β global	Bq/l	11,0 ± 1,1	12,0 ± 1,2	11,3	4/4
	K	mg/l	390 ± 20	430 ± 22	413	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.1.10 SEDIMENTS MARINS

Dix stations de prélèvements de sédiments sont disposées le long du littoral de la Basse-Normandie : Granville, Barneville-Carteret, Sciotot, Siouville, Anse des Moulinets, baie d'Ecalgrain, Querqueville, Cherbourg (voir paragraphe VII.2.2.1), Anse du 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 (¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am), due essentiellement aux rejets liquides passés et présents des installations du site AREVA.

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

Les activités les plus importantes mesurées concernent l'américium 241; les activités en isotopes du plutonium sont du même ordre de grandeur. Pour l'ensemble des transuraniens mesurés, 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. Lorsque les activités sont inférieures au seuil de mesure, la limite de détection est précisée sur le graphique (Figure 50).

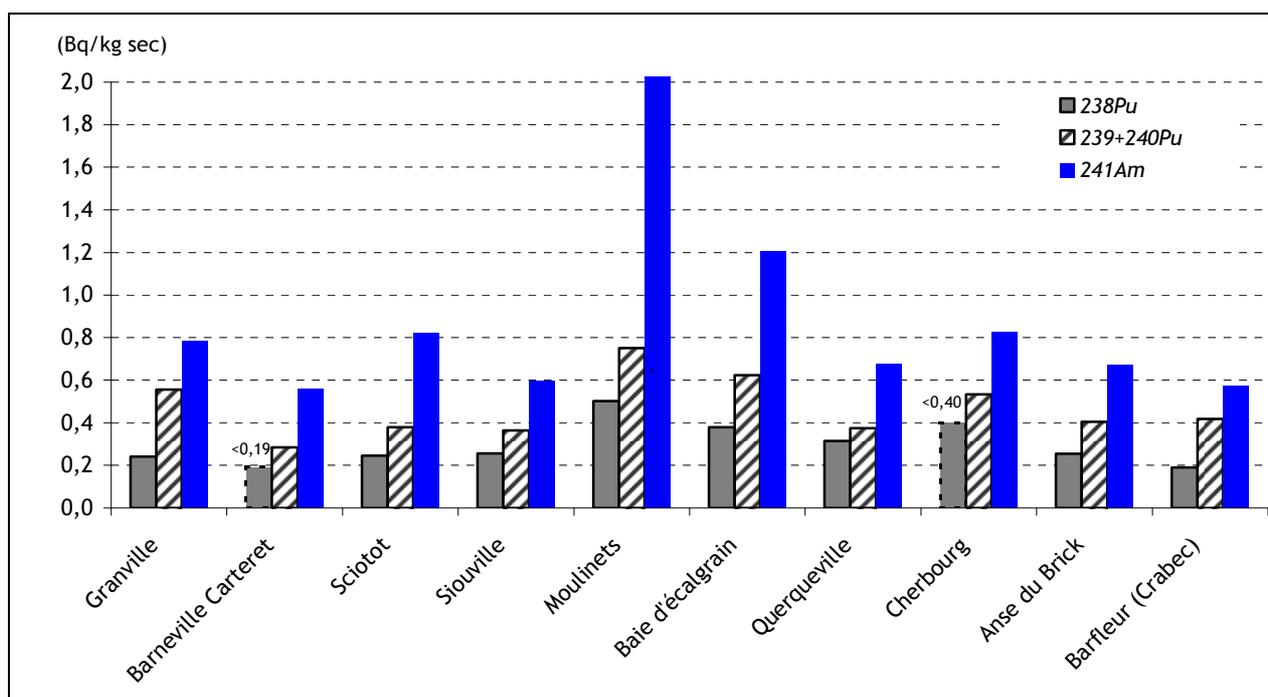


Figure 50 : Activités annuelles moyennes en ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 sur le long du littoral du Cotentin

VI.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. Des valeurs significatives sont régulièrement mesurées en ^{137}Cs et en ^{60}Co . L'activité la plus importante en ^{137}Cs a été mesurée sur la plage des Moulinets, la plus soumise à l'influence des rejets de l'installation de retraitement AREVA de la Hague.

Tableau 82 : Activités moyennes en ^{60}Co et ^{137}Cs mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 sur le long du littoral du Cotentin

			Granville	Barneville-Carteret	Sciotot	Siouville	Moulinets	Baie d'Ecalgrain	Querqueville	Cherbourg	Anse du Brick	Barfleur
Sédiments	^{137}Cs	Bq/kg sec	0,54	-	-	0,65	3,4	0,46	0,67	0,50	-	0,47
	^{60}Co	Bq/kg sec	-	-	0,77	-	0,36	0,61	-	-	-	-

VI.8.1.10.3. Données complémentaires

Dans le cadre de la surveillance du démantèlement du tuyau de rejet, mis en place en 1999, deux prélèvements de sédiment sont réalisés en mer, un sous influence directe des rejets de l'installation AREVA au large de l'anse des Moulinets, un autre au large de Barfleur. On constate un marquage des sédiments plus important au large des Moulinets. Ces activités sont néanmoins du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les prélèvements réalisés sur la plage des Moulinets (Figure 50, Tableau 82).

Tableau 83 : Activités moyennes annuelles mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 au large de l'anse des Moulinets et de Barfleur

			Moulinets au large		Barfleur au large	
			Moyenne	*	Moyenne	*
Sédiments	^{238}Pu	Bq/kg sec	0,62	2/3	0,21	1/4
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	1,10	3/3	0,34	4/4
	^{241}Am	Bq/kg sec	2,20	3/3	0,51	4/4
	^{60}Co	Bq/kg sec	1,53	3/3	-	0/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.1.11 FLORE MARINE

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

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

Les activités mesurées dans les algues prélevées aux différentes stations de prélèvement présentent le même profil de distribution spatiale que pour les sédiments. 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 51).

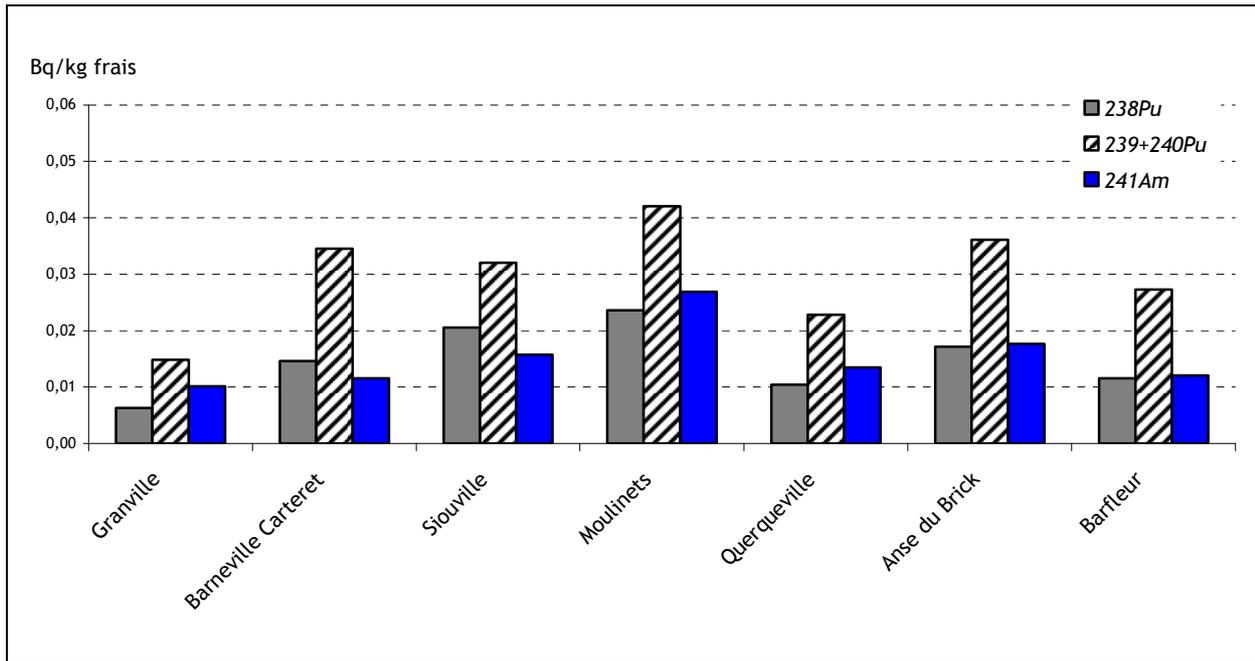


Figure 51 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

Les activités les plus importantes concernent $^{239+240}\text{Pu}$. Le rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, constant et de l'ordre de 0,5, est caractéristique des rejets de l'établissement de la Hague.

VI.8.1.11.2. Cobalt 60, Iode 129

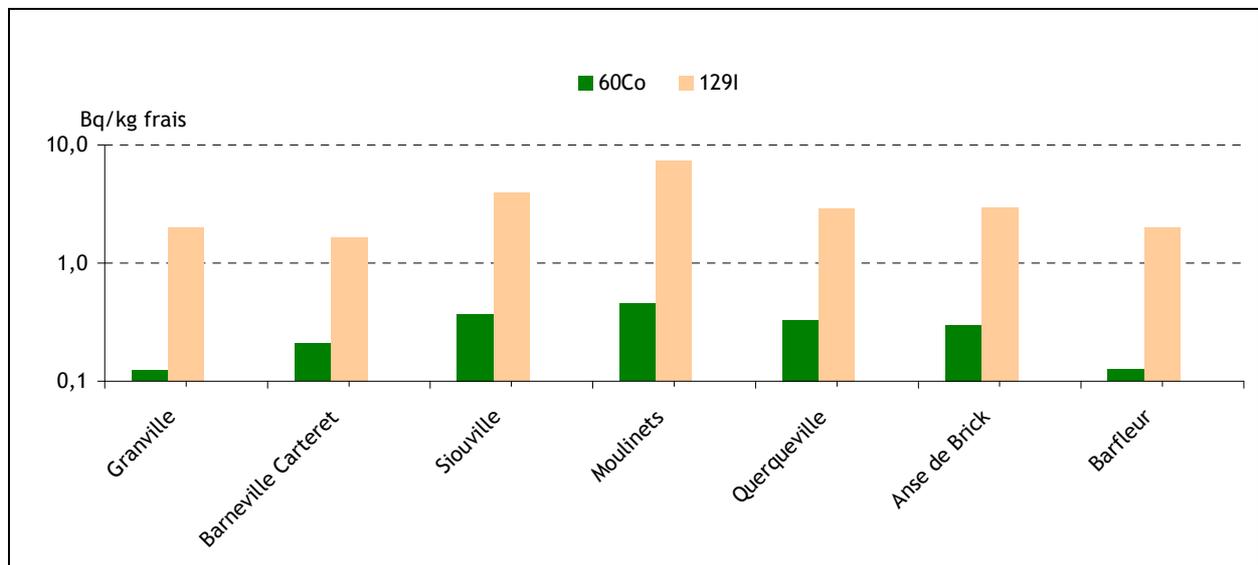


Figure 52 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

La différence d'activité constatée sur la Figure 52 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 sur les activités des transuraniens (Am et Pu), c'est-à-dire une diminution des activités à mesure que l'on s'éloigne de l'exutoire des rejets liquides de l'installation.

VI.8.1.11.3. Carbone 14

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

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

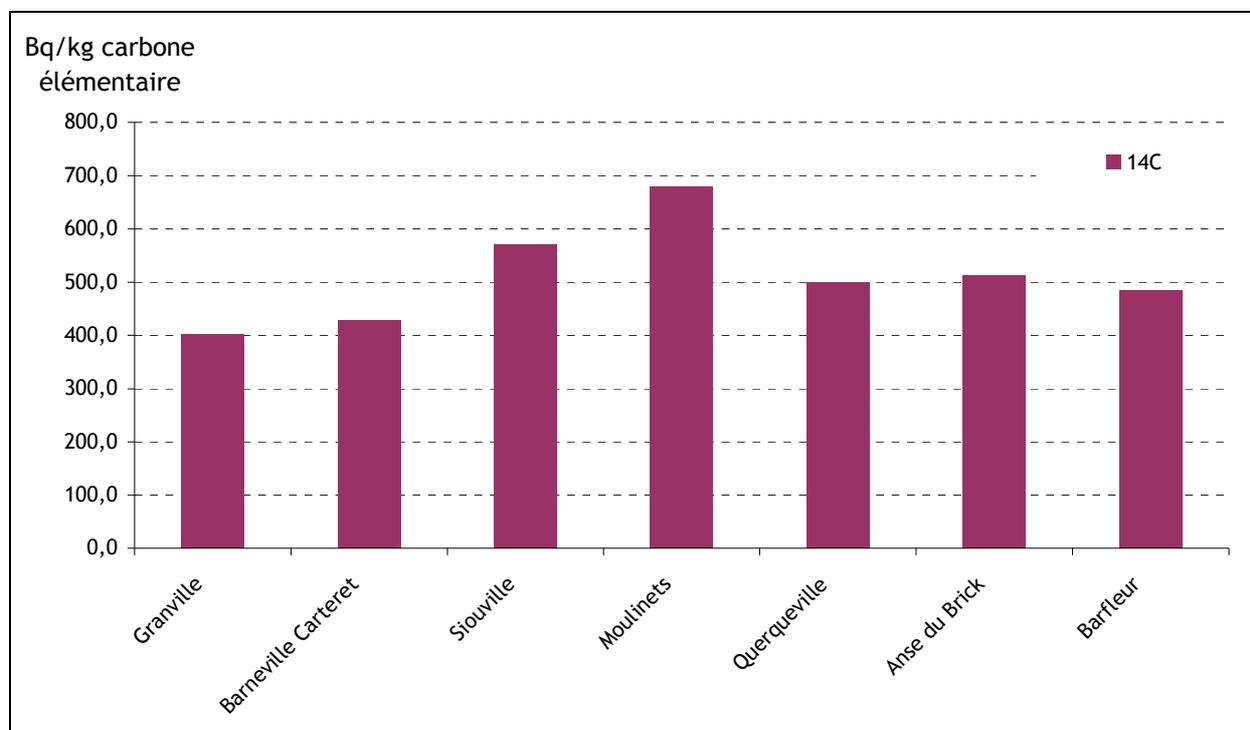


Figure 53 : Activité annuelle moyenne en ¹⁴C mesurée dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

VI.8.1.11.4. Autres radionucléides

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

Quelques activités significatives ont été mesurées en ¹⁰⁶Ru parmi les stations les plus proches de l'émissaire à l'Anse des Moulinets, Siouville et à l'anse du Brick. Ces radionucléides sont caractéristiques des rejets de l'installation AREVA.

Tableau 84 : Activités moyennes en ¹⁰⁶Ru mesurées dans les algues marines prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

			Granville	Barneville-Carteret	Siouville	Moulinets	Querqueville	Anse du Brick	Barfleur
Algues	¹⁰⁶ Ru	Bq/kg frais	-	-	1,0	2,1	-	1,2	-

VI.8.1.12 FAUNE MARINE

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

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

On retrouve le même profil de distribution spatiale que celui constaté pour les algues et les sédiments. Les activités les plus importantes concernent l'américium 241.

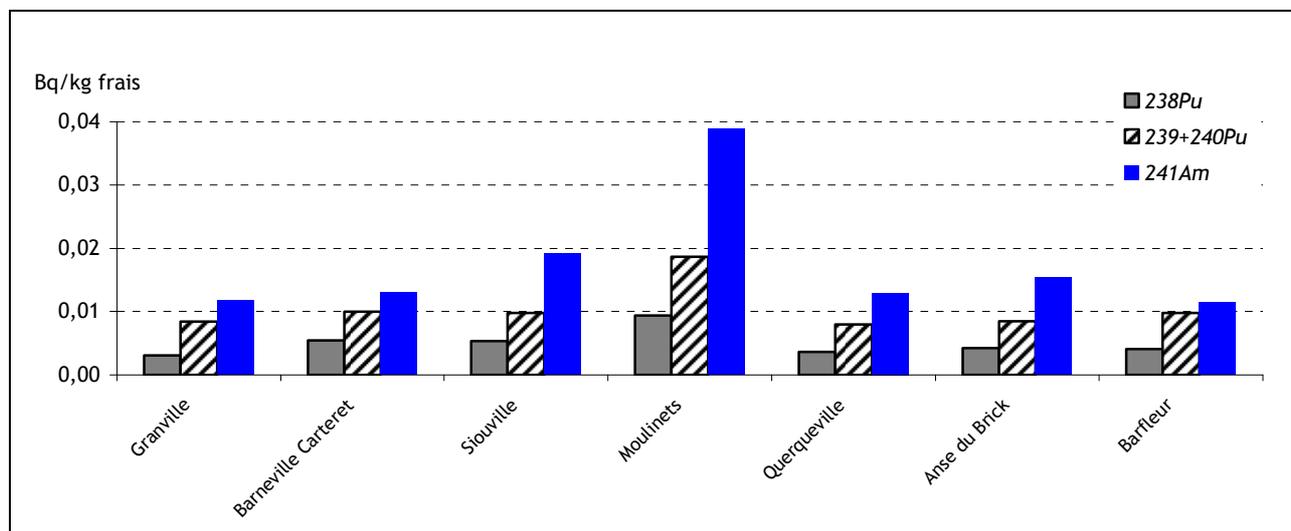


Figure 54 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

VI.8.1.12.2. Carbone 14

Le marquage des mollusques en ^{14}C est nettement mis en évidence dans la zone voisine du tuyau de rejet, à Siouville et aux Moulinets. Aux incertitudes de mesures près, les activités mesurées sont similaires pour l'ensemble des autres stations surveillées, à l'exception de l'anse du Brick où l'on note un marquage plus important.

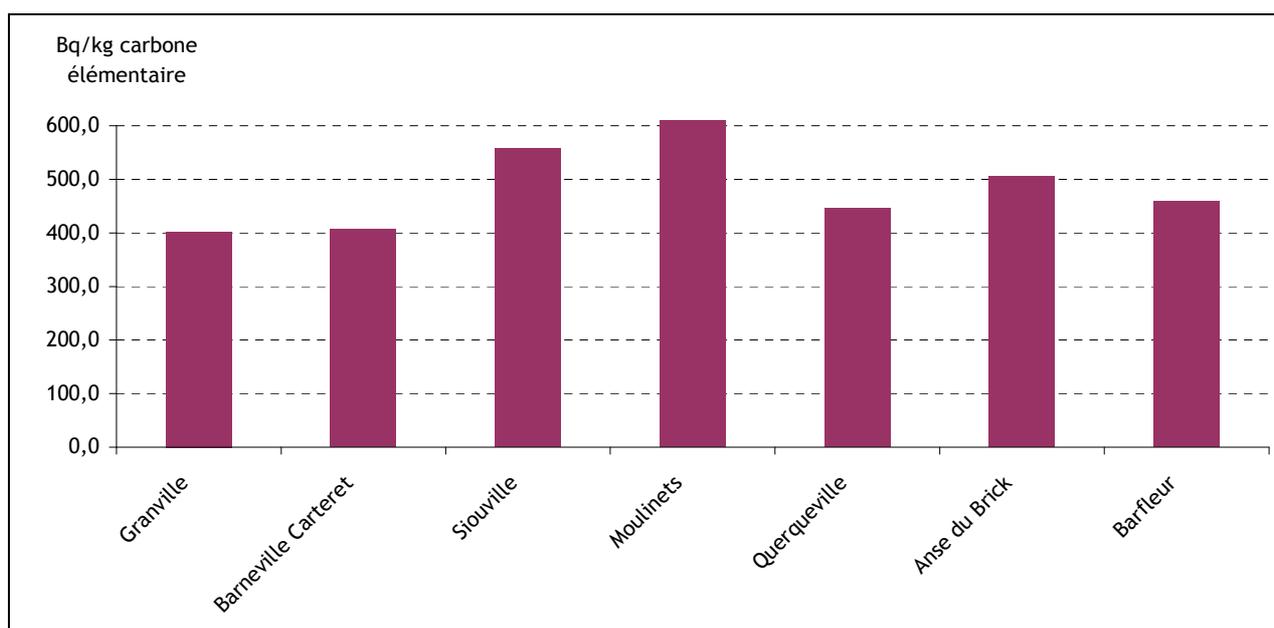


Figure 55 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin

VI.8.1.12.3. Cobalt 60

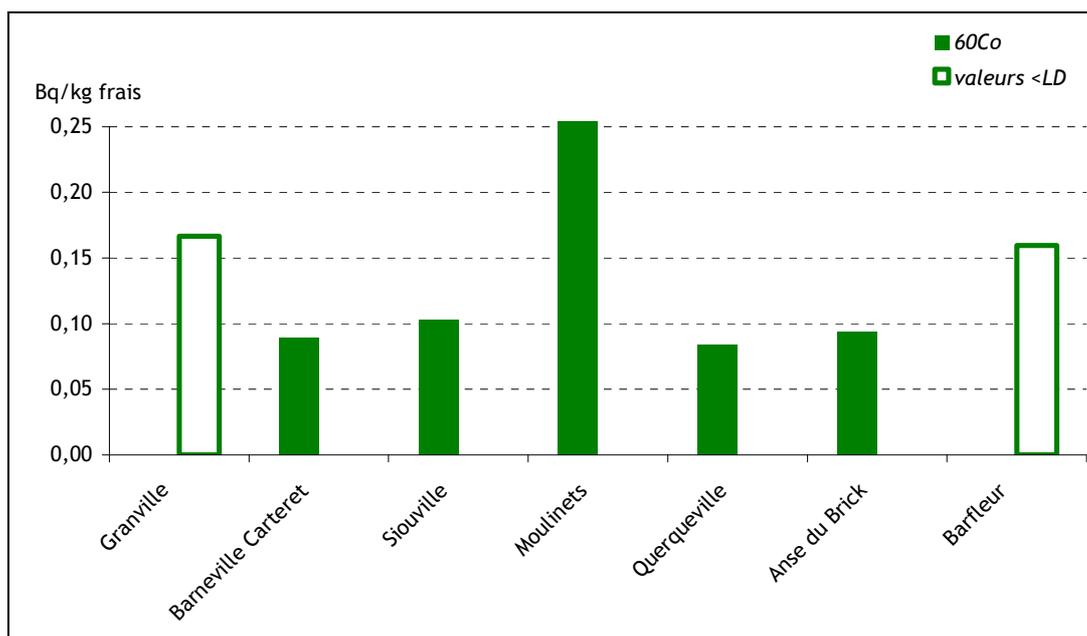


Figure 56 : Activité annuelle moyenne en ⁶⁰Co mesurée dans les patelles prélevées en 2006 sur le littoral du Cotentin

Le profil de distribution est le même que pour les autres radionucléides. Aucune activité significative n'a été mesurée à Granville et Barfleur.

VI.8.1.12.4. Autres radionucléides : Ruthénium 106 et Césium 137

Le ruthénium 106 et le césium 137 ont été mesurés seulement à l'anse des Moulinets. Ailleurs, les valeurs sont inférieures à la limite de détection de nos appareils de mesure.

Tableau 85 : Activités en ¹⁰⁶Ru et ¹³⁷Cs mesurées dans les patelles prélevées sur le littoral du Cotentin

		Granville	Barneville-Carteret	Siouville	Moulinets	Querqueville	Anse du Brick	Barfleur
Patelles	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	-	-	0,11	-	-	-
	¹⁰⁶ Ru	Bq/kg sec	-	-	1,79	-	-	-

L'ensemble des résultats de mesure des échantillons marins montre que l'activité maximale est enregistrée à l'émissaire des rejets liquides de l'usine. Ils indiquent également une dilution des rejets liquides en fonction de l'éloignement des points de prélèvements par rapport à cet émissaire. 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.

VI.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, l'usine MELOX assure la production de combustible MOX. Le CEA y est aussi implanté (voir chapitre VII.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.

VI.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 IX.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 IX.1.2.1.2).

VI.8.2.2 EAU DE PLUIE

Les résultats d'analyses des eaux de pluie collectées à proximité du site de Marcoule mettent en évidence la présence permanente 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 (Figure 57).

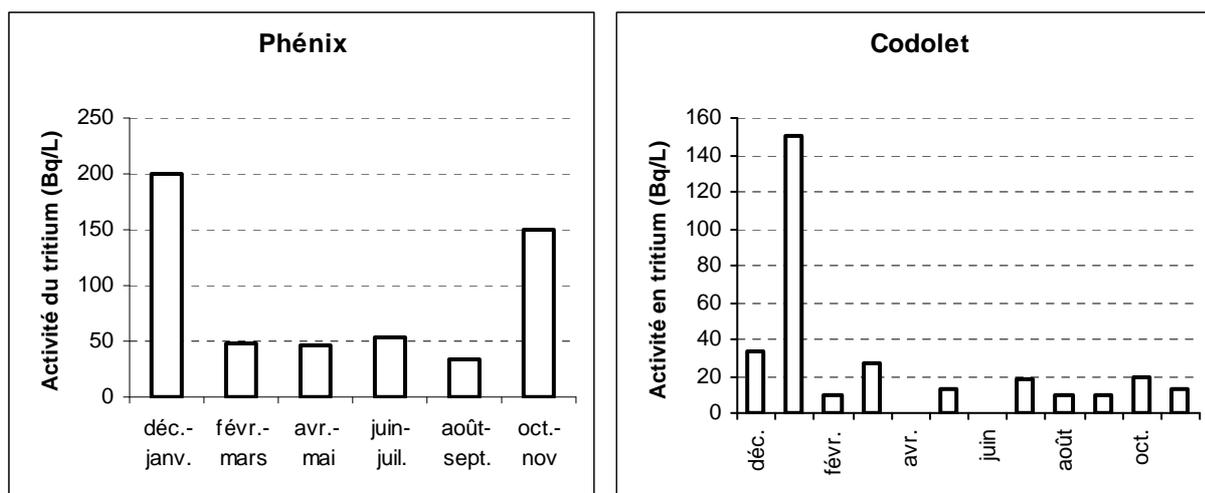


Figure 57 : Activité en ^3H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2006 sur le site de Marcoule (Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet)

Aucun autre radionucléide artificiel n'a été détecté de manière significative dans les eaux de pluie.

VI.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 13 ± 3 Bq/l) due vraisemblablement aux rejets liquides des installations nucléaires situées en amont sur le Rhône.

Tableau 86 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le Rhône en amont du centre AREVA de Marcoule (R1 50 ROM)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,14	-	0/12
	α global	Bq/l	< 0,025	0,041 \pm 0,012	0,035	6/12
	^3H	Bq/l	9,5 \pm 2,9	13,0 \pm 3,1	-	4/12
	K	mg/l	1,8 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,2	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en aval du centre. Seule une faible activité en strontium 90, proche de la limite de détection, est enregistrée.

Tableau 87 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le Rhône en aval du centre AREVA de Marcoule (R3 50 ROV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,15 \pm 0,04	-	1/12
	α global	Bq/l	< 0,024	0,038 \pm 0,011	0,031	6/12
	^3H	Bq/l	< 9	15 \pm 3	-	3/12
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,2	12/12
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	< 0,0045	0,012 \pm 0,002	-	1/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.2.4 SEDIMENTS DE RIVIERE

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

La présence de plusieurs radionucléides artificiels (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) est régulièrement mise en évidence en ces différents points. Des traces de ^{90}Sr et de ^{54}Mn ont également été détectées respectivement à l'écluse d'Avignon et à Roquemaure. Leur présence s'explique par les rejets liquides passés et présents des installations du site. Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes.

Tableau 88 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le contre canal du Rhône à Codolet

			01/02/2006	04/09/2006
Sédiments	^{238}Pu	Bq/kg sec	0,34 \pm 0,10	< 0,2
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	1,9 \pm 0,3	< 0,2
	^{241}Am	Bq/kg sec	1,8 \pm 0,4	1,5 \pm 0,3
	^{60}Co	Bq/kg sec	1,7 \pm 0,5	< 0,9
	^{137}Cs	Bq/kg sec	66,0 \pm 5,8	42,0 \pm 2,2

Tableau 89 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Caderousse

			03/01/2006	07/08/2006
Sédiments	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,12	< 0,14
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	< 0,29	< 0,22
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,26	< 0,25
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	2,3 ± 0,4	1,1 ± 0,5
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	9,0 ± 1,0	6,9 ± 0,9

Tableau 90 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Roquemaure

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	6,3 ± 0,8	19,0 ± 1,3	10,0	12/12
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,75 ± 0,3	6,1 ± 0,7	2,2	12/12
	⁵⁴ Mn	Bq/kg sec	0,80 ± 0,47	4,3 ± 0,8	2,2	3/12
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,28 ± 0,1	0,33 ± 0,1	0,31	2/12
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,1	< 0,5	-	0/12
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,25 ± 0,1	0,39 ± 0,1	0,31	5/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 91 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	10,0 ± 0,7	22 ± 1,3	18	12/12
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	1,7 ± 0,4	3,4 ± 0,5	2,6	12/12
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	0,81 ± 0,17	3,0 ± 0,5	1,7	4/12
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,27 ± 0,10	0,60 ± 0,19	0,37	5/12
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,14	< 0,42	-	0/12
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,21 ± 0,08	0,73 ± 0,20	0,41	11/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 92 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Port Saint Louis

			10/05/2006	06/11/2006
Sédiments	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,13	< 0,34
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,22 ± 0,10	0,48 ± 0,14
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,26	0,34 ± 0,12
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	1,4 ± 0,4	2,1 ± 0,45
	⁵⁴ Mn	Bq/kg sec	< 0,92	0,92 ± 0,52
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	11,5 ± 1,3	17,9 ± 1,3

VI.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 52 ± 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 à nos limites de détection.

Tableau 93 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P1 59 SES - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,12 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,04$	0,14	4/4
	^3H	Bq/l	< 9	< 10	-	0/4
	K	mg/l	$3,4 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,2$	3,8	4/4

Tableau 94 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P2 59 COD - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,12 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,04$	0,13	4/4
	^3H	Bq/l	23 ± 3	52 ± 5	39	4/4
	K	mg/l	$2,8 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,2$	3,2	4/4

Tableau 95 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P9 59 CAD - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,95 \pm 0,28$	$0,97 \pm 0,27$	0,96	2/2
	^3H	Bq/l	< 9	< 10	-	0/2
	K	mg/l	$31,0 \pm 1,6$	$36,0 \pm 1,8$	33,5	3/2

Tableau 96 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P10 59 MON - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,13	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 9	< 11	-	0/4
	K	mg/l	$2,3 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$	2,4	4/4

Tableau 97 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P11 59 ORA - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,13	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 9	< 11	-	0/4
	K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$	2,2	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P13 59 MRC - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,13	0,14 \pm 0,04	0,14	3/4
	^3H	Bq/l	21 \pm 4	25 \pm 4	22	4/4
	K	mg/l	2,3 \pm 0,1	2,9 \pm 0,7	2,5	4/4

Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P14 59 MRC - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	< 0,14	-	0/4
	^3H	Bq/l	11 \pm 3	16 \pm 3	14	3/4
	K	mg/l	1,9 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,2	4/4

Tableau 100 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P15 59 MRC - site AREVA de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/4
	^3H	Bq/l	13 \pm 3	28 \pm 3	21	4/4
	K	mg/l	1,1 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,2	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.8.2.6 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Montfavet, les activités relevées en tritium, iode 131, césium 134, césium 137 et strontium 90 (méthode Sr + TR) sont restées inférieures à nos limites de détection.

VI.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 de nos limites de détection. Des activités significatives ont été mesurées en carbone 14 à un niveau deux fois supérieur aux valeurs habituellement mesurées dans l'environnement (250 Bq/kg de carbone élémentaire). Par ailleurs, on relève au mois d'octobre une activité élevée en tritium (1220 Bq/kg frais).

Des activités significatives ont été mesurées en ^{90}Sr , mais à des valeurs proches de nos limites de détections.

Tableau 101 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2006 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du centre de Marcoule

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Herbe	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	-	-	-	0/4
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	0,60 ± 0,10	0,70 ± 0,12	-	2/4
	³ H	Bq/kg frais	500 ± 105	1220 ± 135	-	2/4
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	421 ± 108	576 ± 125	520	3/4

* 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 en strontium 90 et carbone 14 (supérieures d'un facteur 2 aux valeurs de ¹⁴C habituellement mesurées dans l'environnement) ont été détectées. En ce qui concerne le tritium, on relève une valeur significative au mois de mars (402 Bq/kg frais).

Tableau 102 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2006 au sud du site de Marcoule, dans les vignes

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Herbe	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	-	-	-	-
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	1,4 ± 0,2	2,3 ± 0,3	2,0	4/4
	³ H	Bq/kg frais	-	402 ± 93	-	1/4
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	339 ± 95	497 ± 110	433	3/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Aux points de prélèvement 1 et 2 du site de Marcoule, la présence de strontium 90 s'explique par les retombées des essais nucléaires atmosphériques passés. Ces activités sont comparables à celles mesurées dans les végétaux des stations de suivi continental terrestre. La présence de carbone 14 et de tritium s'explique par les rejets atmosphériques des installations du site de Marcoule.

VI.9. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE STOCKAGE DES DECHETS

Pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte, l'ANDRA a exploité le Centre de stockage de la Manche, désormais complet, et exploite aujourd'hui le Centre de stockage de l'Aube. Pour les déchets de très faible activité, l'ANDRA exploite le centre de stockage TFA de l'Aube (ICPE). Ces deux centres sont situés sur les communes de Soulaines et de Morvilliers (Aube). 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 de Soulaines fait l'objet d'une surveillance type (DTL, Téléray, 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).

VI.9.1 CENTRE DE STOCKAGE DE SOULAINES (10)

VI.9.1.1 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 IX.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 IX.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 de nos limites de détection.

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

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

Tableau 103: Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le bassin collecteur du centre de l'Aube - ANDRA (W 96 SOU)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,30 \pm 0,04	0,20	10/12
	α global	Bq/l	< 0,019	0,040 \pm 0,011	-	4/12
	^3H	Bq/l	< 9	< 12	-	0/12
	K	mg/l	5,2 \pm 0,3	7,3 \pm 0,4	6,5	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

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

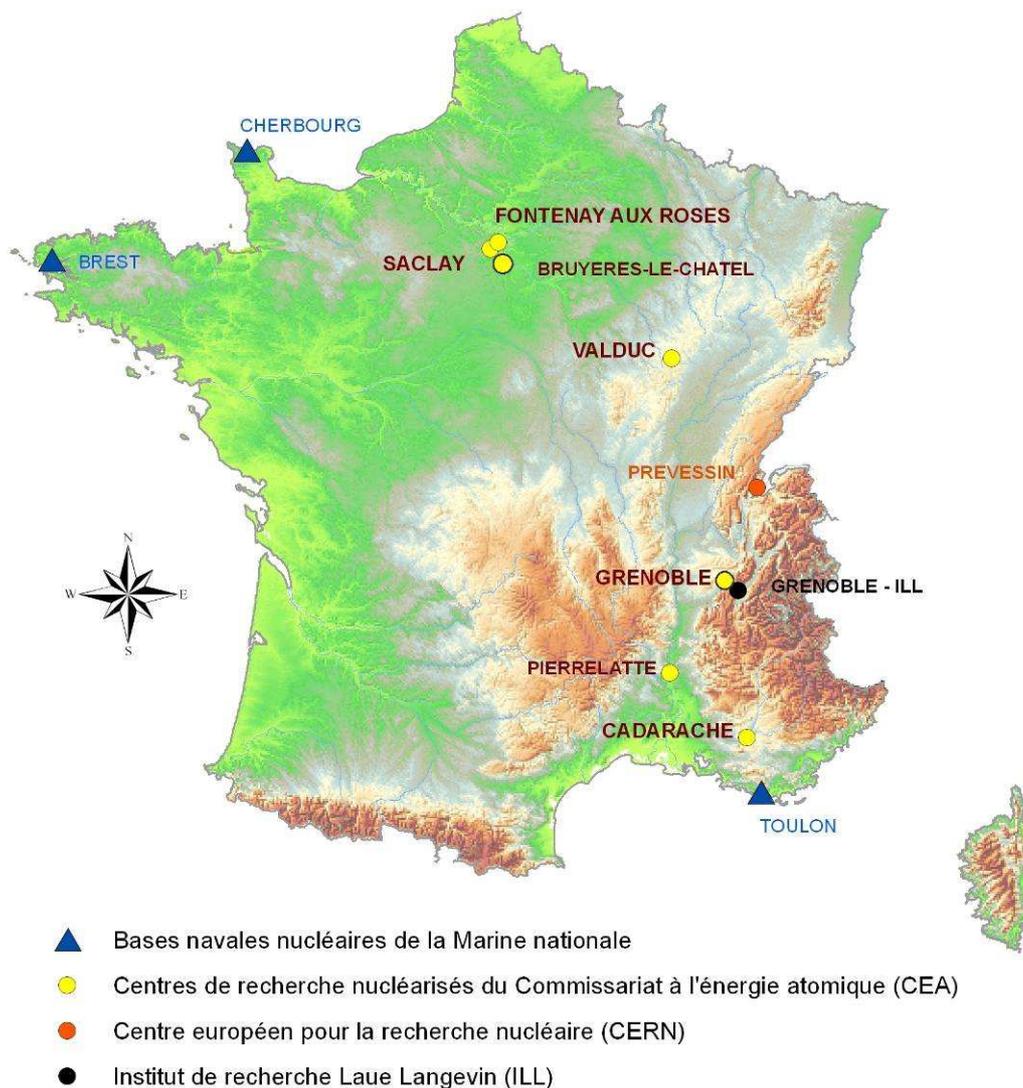
VI.9.1.3 EAU DE SURFACE

Depuis l'abandon fin 2005 par la DDASS de l'Aube des prélèvements d'eaux de surface à proximité du centre de stockage de l'ANDRA, le suivi radiologique dans le ruisseau les Noues d'Amance et dans la Voire n'est plus assuré.

VI.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 VI.8.1.

VII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DES BASES NAVALES NUCLEAIRES



Carte 14 : Implantation des centres de recherche et des bases navales nucléaires

VII.1. LES CENTRES DE RECHERCHE

VII.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 - ITER notamment) 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).

L'environnement proche du centre 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).

VII.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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluie recueillies à la station AS1.

VII.1.1.2 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en amont et en aval lors des rejets du centre de Cadarache en mars et avril 2006 n'ont mis en évidence aucune activité anormale (Tableau 104, Tableau 105).

Tableau 104 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM)

Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12
	α global		< 0,026
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1

Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV)

Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11
	α global		< 0,027
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1
Eau brute	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	Bq/l	< 0,14
	^{238}Pu		< 0,0012
	$^{239+240}\text{Pu}$		< 0,0010
	^{90}Sr		< 0,017

La surveillance du centre de Cadarache s'exerce également par un prélèvement continu des eaux de la Durance en aval du centre au niveau du Pont Mirabeau. Les analyses sont réalisées mensuellement (Tableau 106).

Tableau 106 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R6 63 DUV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,14	-	0/12
	α global		< 0,028	< 0,038	-	3/12
	^3H		< 9	< 11	-	0/12
	K	mg/l	1,5 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	1,7	12/12
Eau brute	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	Bq/l	< 0,056	< 0,098	-	0/24
	^{238}Pu		< 0,0009	< 0,0084	-	0/12
	$^{239+240}\text{Pu}$		< 0,0007	< 0,0035	-	0/12
	^{90}Sr		< 0,005	< 0,007	-	0/3

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

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

VII.1.1.3 SEDIMENTS

Des traces de césium 137 sont détectées dans les 4 prélèvements de sédiments effectués en 2006 dans la Durance à Saint-Paul-Lez-Durance (Figure 58).

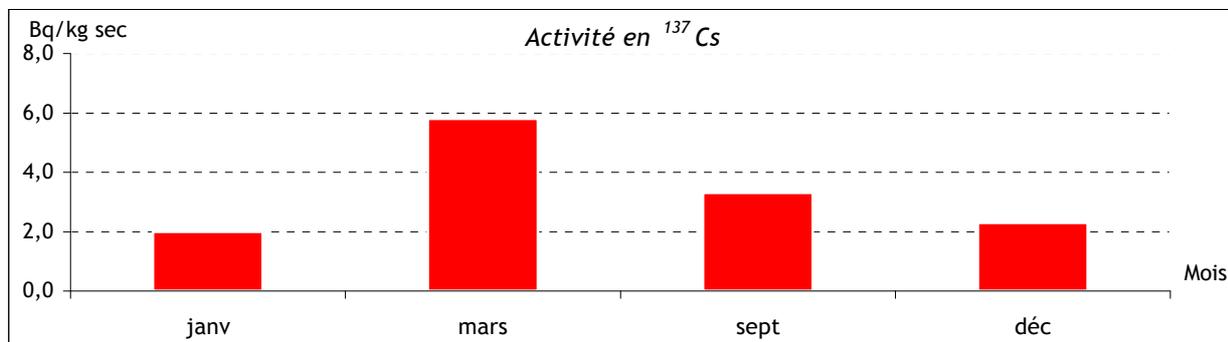


Figure 58 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les sédiments de la Durance - CEN de Cadarache (SR 63 DUV)

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.

Pour le prélèvement effectué en janvier 2006, on relève des traces d'américium 241 : $0,26 \pm 0,10$ Bq/kg sec.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 4 prélèvements analysés.

VII.1.1.4 LAIT DE CHEVRE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Rians, les activités relevées en iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

Une faible activité en strontium 90 (méthode Sr + TR) a été décelée en janvier: $0,16 \pm 0,04$ Bq/l.

VII.1.2 CEA - CENTRE DE FONTENAY-AUX-ROSES (92)

Le CEA s'est établi au fort de Châtillon en 1946. Pendant près de dix ans, ce site, situé sur la commune de 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).

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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluie recueillies à la station AS1.

VII.1.3 CEA - CENTRE DE GRENOBLE (38)

Installé au cœur d'un environnement scientifique, industriel et universitaire très riche, les activités de ce site sont centrées sur les nouvelles technologies de l'énergie et les biotechnologies (piles à combustibles, nanoélectronique, matériaux et biopuces), et les activités liées au nucléaire y sont très réduites.

La surveillance du centre porte sur les aérosols, la dosimétrie environnementale (DTL et Téléray), les eaux de pluies, les eaux de surface, les sédiments et les eaux souterraines.

VII.1.3.1 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 IX.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 IX.1.2.1.2), ni dans les eaux de pluies recueillies à la station AS1.

VII.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 107 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEN de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,13	-	0/12
	α global	Bq/l	0,037 \pm 0,011	0,043 \pm 0,011	0,040	4/4
	K	mg/l	1,0 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,3	12/12

Tableau 108 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEN de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,12	-	0/12
	α global	Bq/l	0,029 \pm 0,010	0,058 \pm 0,017	0,043	4/4
	K	mg/l	1,0 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,3	12/12

Tableau 109 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEN de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/12
	K	mg/l	< 1,0	1,5 \pm 0,1	1,2	7/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.1.3.3 SEDIMENTS

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les prélèvements trimestriels de sédiments de l'Isère au niveau du barrage de Saint-Egrève (Figure 59).

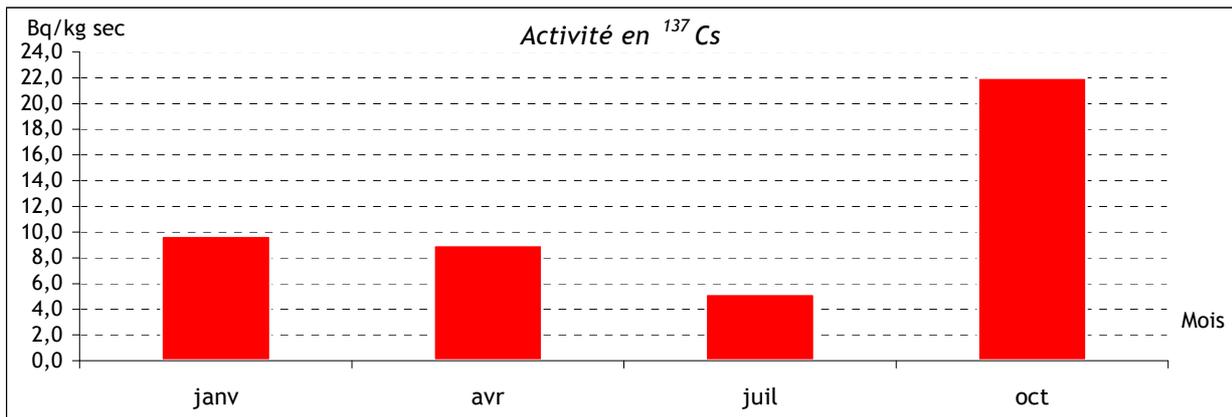


Figure 59 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les sédiments de l'Isère - Centre de Grenoble (SR 77 ISV)

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.

Une faible activité en plutonium 239+240 a également été relevée pour le prélèvement effectué en octobre ($0,32 \pm 0,10$ Bq/kg sec).

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

VII.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 à 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 dans la zone nord du site. 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 portant sur les techniques de préparation de l'uranium, le traitement des combustibles nucléaires usés, les techniques d'assainissement et de démantèlement des installations nucléaires en fin de vie et la gestion des déchets les plus radioactifs, et sur la toxicologie nucléaire.

Les résultats de la surveillance radiologique de l'environnement du centre CEA de Valrho sont consultables aux paragraphes VI.6.2 et VI.8.2.

VII.1.5 CEA - CENTRE DE SACLAY (91)

Créé en 1947 dans l'Essonne à Saclay, 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).

VII.1.5.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

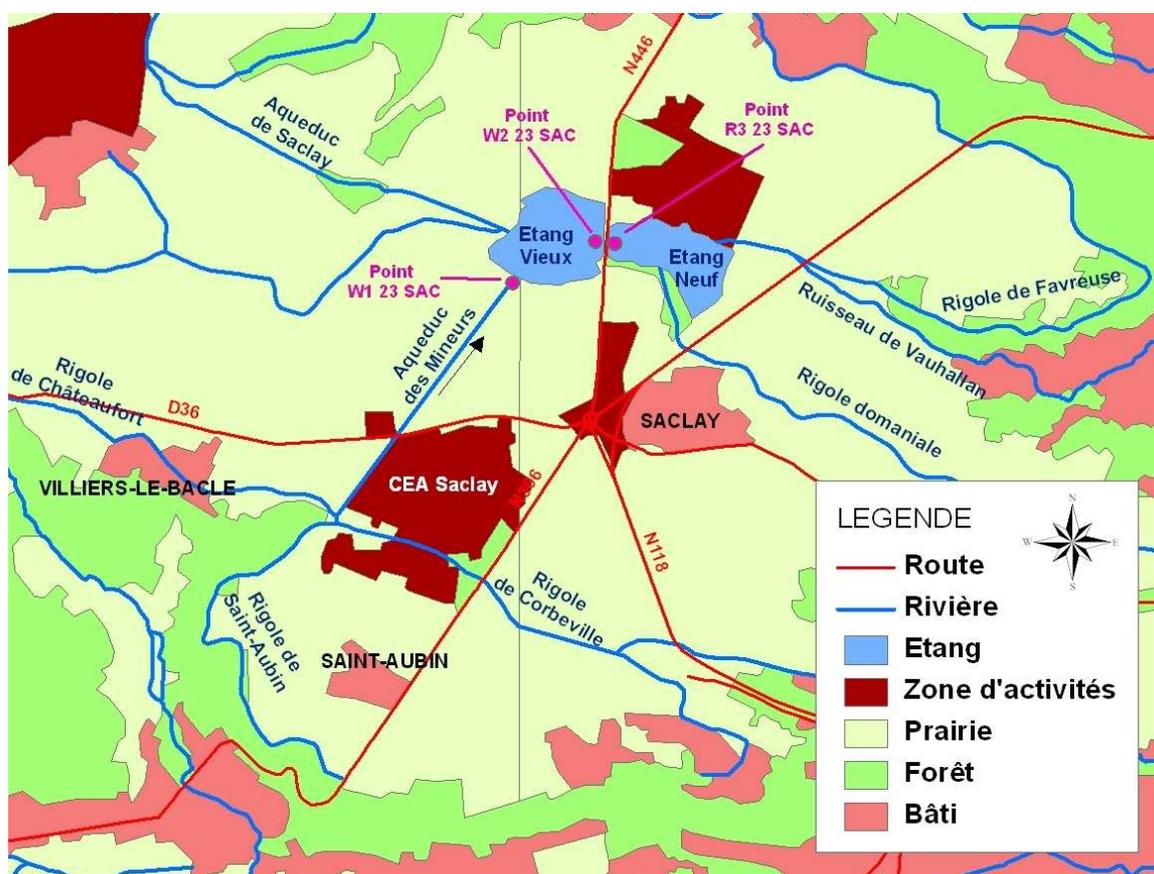
Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Télyray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe IX.1).

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 IX.1.2.1.2).

Un collecteur d'eau de pluie est présent sur le site. Au cours de l'année 2006, aucune activité significative n'a été détectée, hormis une activité de 19 Bq/l en tritium au mois de janvier. Ce marquage en tritium dans les eaux de pluie est dû aux rejets gazeux du centre de Saclay.

VII.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 15 : 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 :

- à l'aqueduc des mineurs (W1 23) ;
- dans l'étang vieux (W2 23) ;
- dans l'étang neuf (R3 23).

Dans l'eau de 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 en aval du côté de l'étang neuf (Figure 60).

Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes.

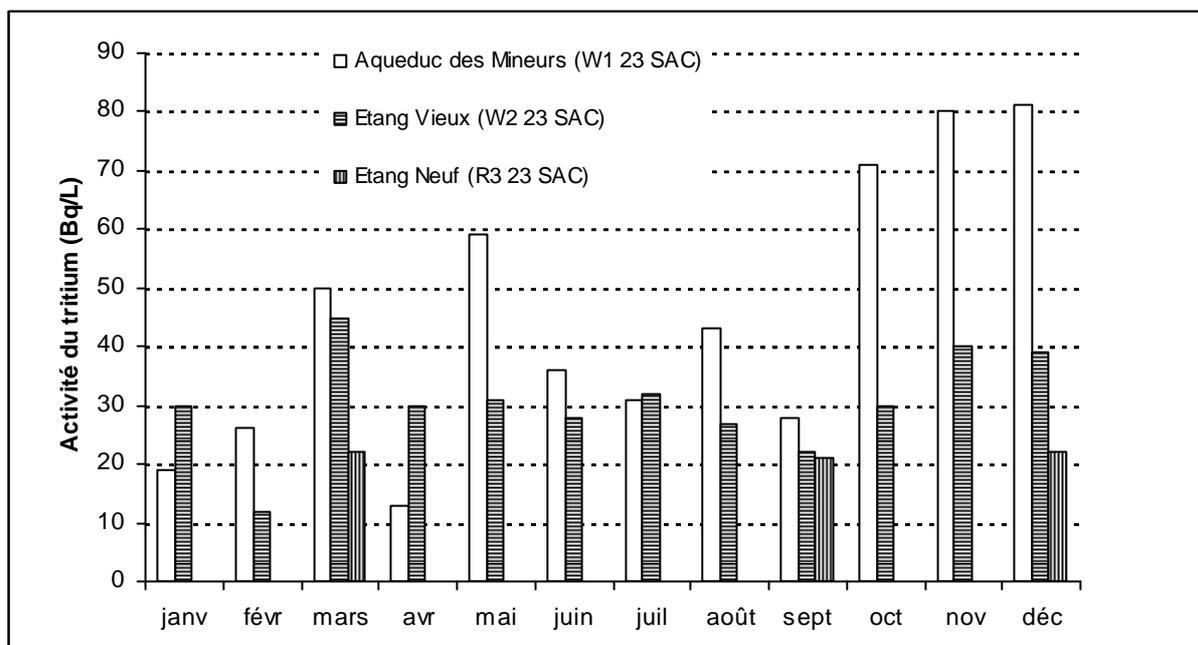


Figure 60 : Activité en ^3H mesurée en 2006 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay

Sur ce site, l'entreprise CIS BIO fabrique des sources d'yttrium 90. Cette activité génère du strontium 90 qui se retrouve par la suite dans les effluents du site. En 2006, l'IRSN a détecté à plusieurs reprises des traces de strontium 90 dans les eaux de l'aqueduc des Mineurs et dans celles de l'Etang Vieux (Tableau 110). À ce sujet, le CEA a déclaré avoir procédé en 2006 au rejet de plusieurs cuves d'effluents ayant des activités en strontium 90 comprises entre 10 et 90 Bq/l.

Tableau 110 : Résultats d'analyse du strontium 90 dans les eaux prélevées en 2006 dans l'aqueduc des Mineurs et dans l'étang Vieux

Date du prélèvement	Activité ^{90}Sr dans l'aqueduc des Mineurs (Bq/l)	Activité ^{90}Sr dans l'étang vieux (Bq/l)
05/01/2006	< 0,010	< 0,015
13/02/2006	< 0,011	< 0,0063
09/03/2006	< 0,0072	0,0084 ± 0,0014
04/04/2006	< 0,0060	0,0078 ± 0,0015
17/05/2006	< 0,0069	0,0084 ± 0,0015
15/06/2006	0,0069 ± 0,0014	0,0081 ± 0,0015
06/07/2006	0,0070 ± 0,0013	< 0,0067
09/08/2006	< 0,0047	< 0,0090
28/09/2006	< 0,0062	< 0,0066
26/10/2006	< 0,0067	< 0,0077
20/11/2006	< 0,023	0,0099 ± 0,0016
21/12/2006	< 0,011	< 0,0094

Les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos 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 Saulx-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 de nos limites de détection.

VII.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, radionucléide artificiel (Figure 61).

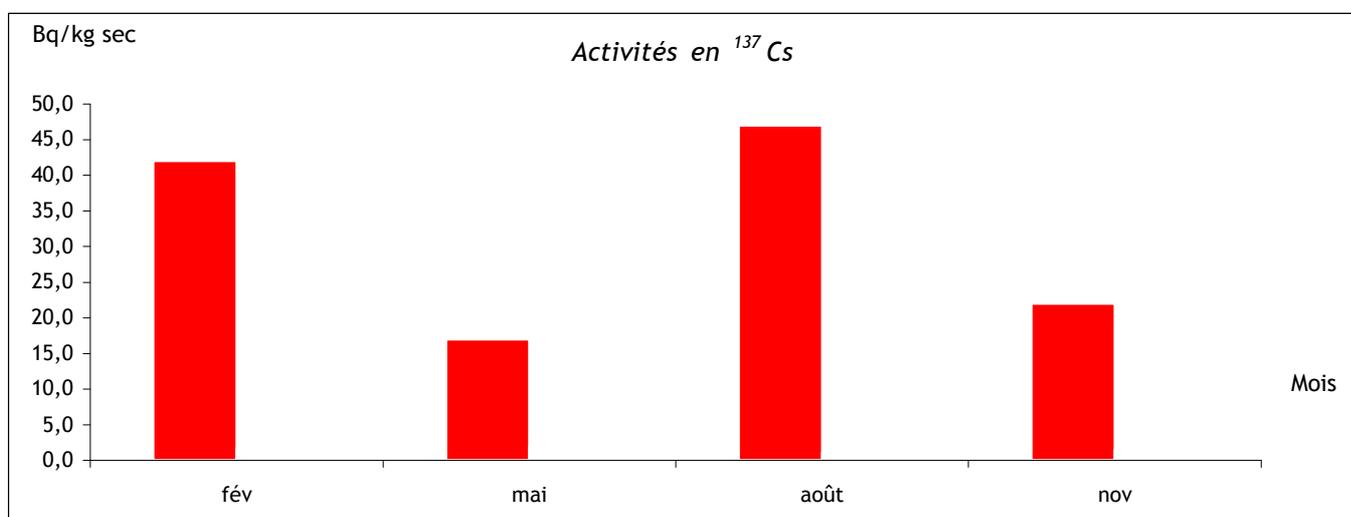


Figure 61 : Activités en ¹³⁷Cs mesurées en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)

Les activités observées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes. Le marquage actuel des sédiments par ce radionucléide artificiel dans le milieu récepteur des rejets liquides du centre s'explique essentiellement par d'anciens rejets radioactifs mais aussi par les retombées des anciens tirs aériens. Les rejets actuels du centre ne pourraient pas à eux seuls expliquer ces valeurs.

Des traces de cobalt 60, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 3 des 4 prélèvements analysés :

Tableau 111 : Activité en ⁶⁰Co mesurée en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiments	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,68 ± 0,29	1,3 ± 0,5	1,1	3/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

On relève également des traces de plutonium 239+240 dans tous les prélèvements analysés (Figure 62).

La présence du plutonium 239+240 et du cobalt 60 s'explique également par les anciens rejets liquides du centre de Saclay.

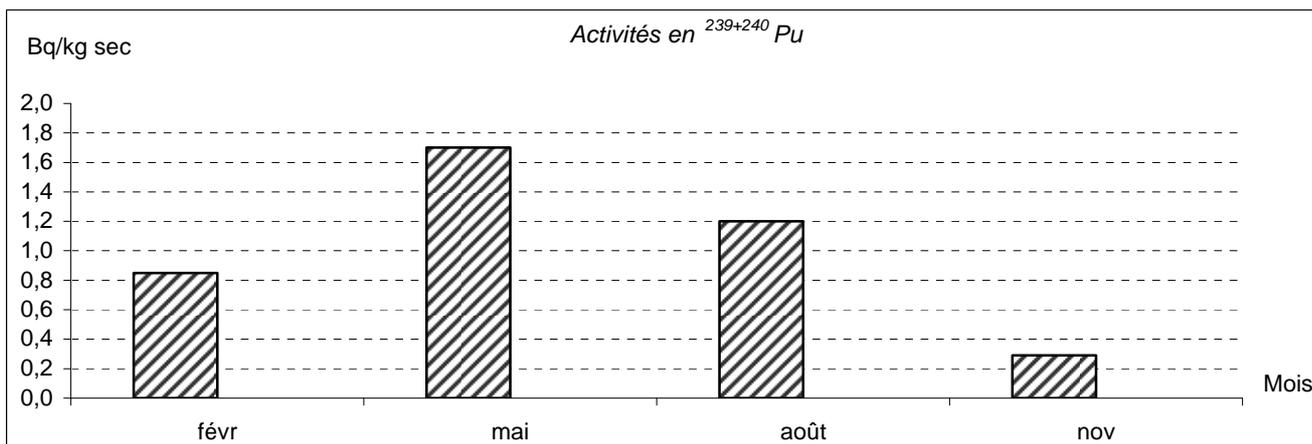


Figure 62 : Activité en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)

Des traces de deux autres radionucléides artificiels ont également été relevées :

- le plutonium 238 : $0,50 \pm 0,12$ Bq/kg sec en mai,
- l'américium 241 pour 2 des 4 prélèvements analysés avec une valeur maximale de $0,40 \pm 0,14$ Bq/kg sec en mai.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 4 prélèvements analysés en 2006.

VII.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 2006 ont révélé un marquage en tritium identique aux années précédentes. Cette contamination est due aux rejets, essentiellement sous forme liquide, du centre de Saclay (Tableau 112).

Tableau 112 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans 3 piézomètres du site de Saclay (P41 23, P42 23 et P44 23)

		P41 23	P42 23	P44 23	
Eau filtrée	^3H	Bq/l	145 ± 10	87 ± 7	135 ± 9
	U pondéral	($\mu\text{g/l}$)	< 0,6	< 0,6	< 0,7
	α global	Bq/l	$0,070 \pm 0,020$	$0,145 \pm 0,029$	$0,051 \pm 0,015$
	β global	Bq/l	$0,12 \pm 0,04$	< 0,13	$0,24 \pm 0,04$
	K	mg/l	$2,5 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$

Les autres activités significatives mesurées sont dues à la présence de radionucléides naturels (isotopes de l'uranium, potassium 40).

VII.1.5.5 LAIT DE VACHE

Pour tous les prélèvements mensuels analysés en 2006 provenant d'une ferme à Jouy-en-Josas, les activités relevées en iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.

Une faible activité en strontium 90 (méthode Sr + TR) a été décelée en mars : $0,11 \pm 0,03$ Bq/l.

VII.1.6 CEA - CENTRE DE BRUYERES-LE-CHATEL (91)

Le Centre CEA de Bruyères-le-Châtel (Essonne) 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), 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 proche du centre), et dans l'Orge à Villemoisson (en aval plus lointain).

Les activités des radionucléides mesurés en 2006 dans ces cours d'eau sont restées inférieures ou proches de nos limites de détection.

VII.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.

Le centre dispose d'une autorisation ministérielle de rejets radioactifs gazeux dans l'environnement. Du fait de ses activités particulières sur l'arme atomique, ce site rejette principalement du tritium gazeux. Ce radionucléide est mesuré sur le site même et dans son environnement dans un rayon de 10 km. Les cibles principales de ces rejets, sous formes gazeuse ou liquide, sont les eaux de surface 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 (mesure du tritium atmosphérique), eaux de pluies prélevées sous les vents dominants, eau de surface et eau souterraine.

VII.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 IX.1).

Aucune activité anormale n'a été décelée sur les filtres aérosols prélevés quotidiennement à la station AS1, située sur la commune de Salives à 5 km au nord est du centre, sous les vents dominants (voir données au paragraphe IX.1.2.1.2).

Un collecteur d'eau de pluie est présent à la station AS1. L'activité tritium est mesurée mensuellement (Figure 63).

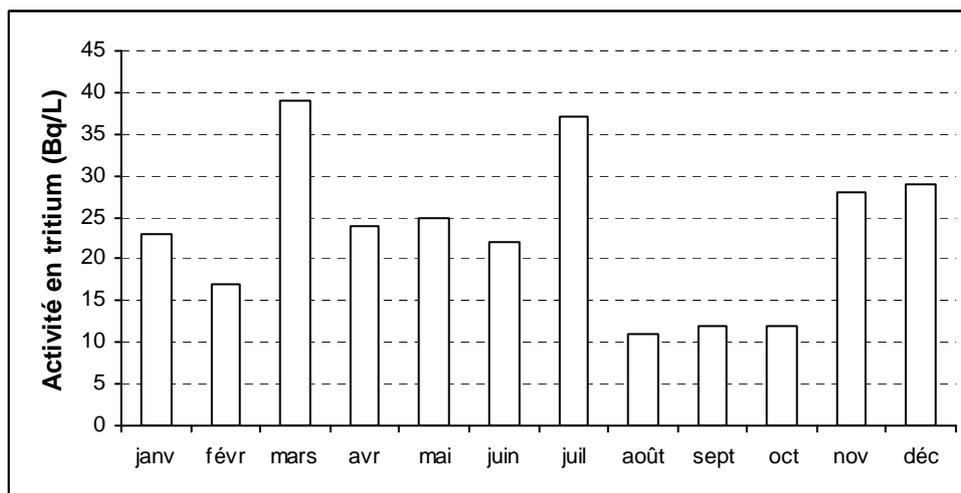


Figure 63 : Activité en ³H mesurée en 2006 dans les eaux de pluies recueillies sur le Centre de Valduc

Les activités sont comprises entre 10 et 40 Bq/l avec un maximum enregistré au mois de mars. Ces résultats montrent que l'installation de Valduc rejette du tritium sous forme gazeuse ou de vapeur d'eau tout au long de l'année.

Une recherche des produits de fissions et d'activation (²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co notamment) est également effectuée sur les eaux de pluie, mais aucune activité n'a été mesurée au-dessus de nos limites de détection.

Un appareil prélève de l'air en continu à la station AS1 située sur la commune de Salives sous les vents dominants du Centre de Valduc. Cet appareil permet de piéger le tritium dans l'air.

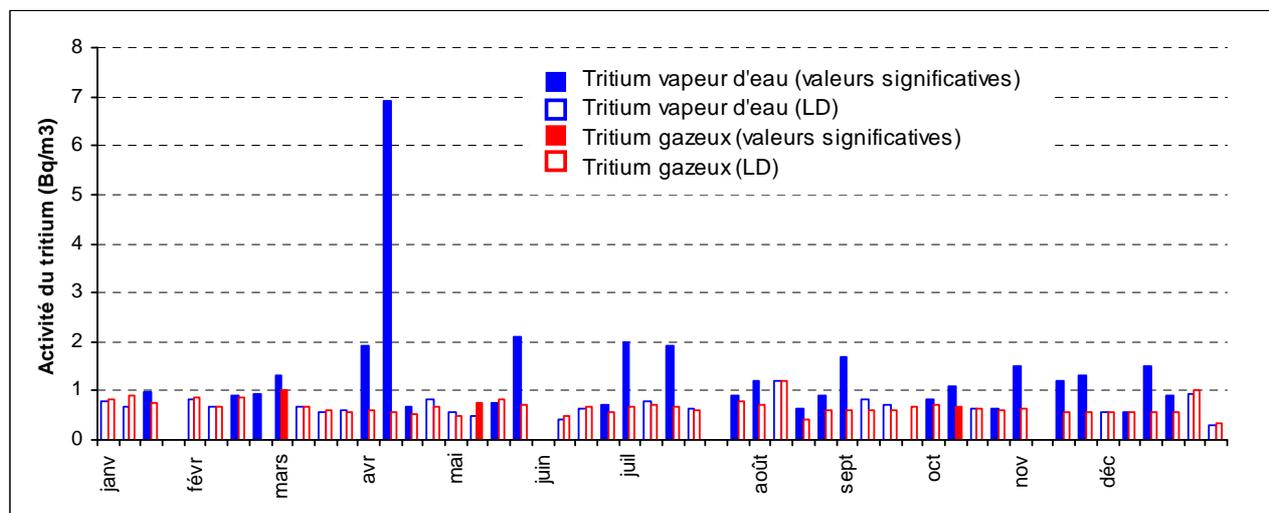


Figure 64 : Activité en ³H mesurée en 2006 dans l'air autour de Valduc

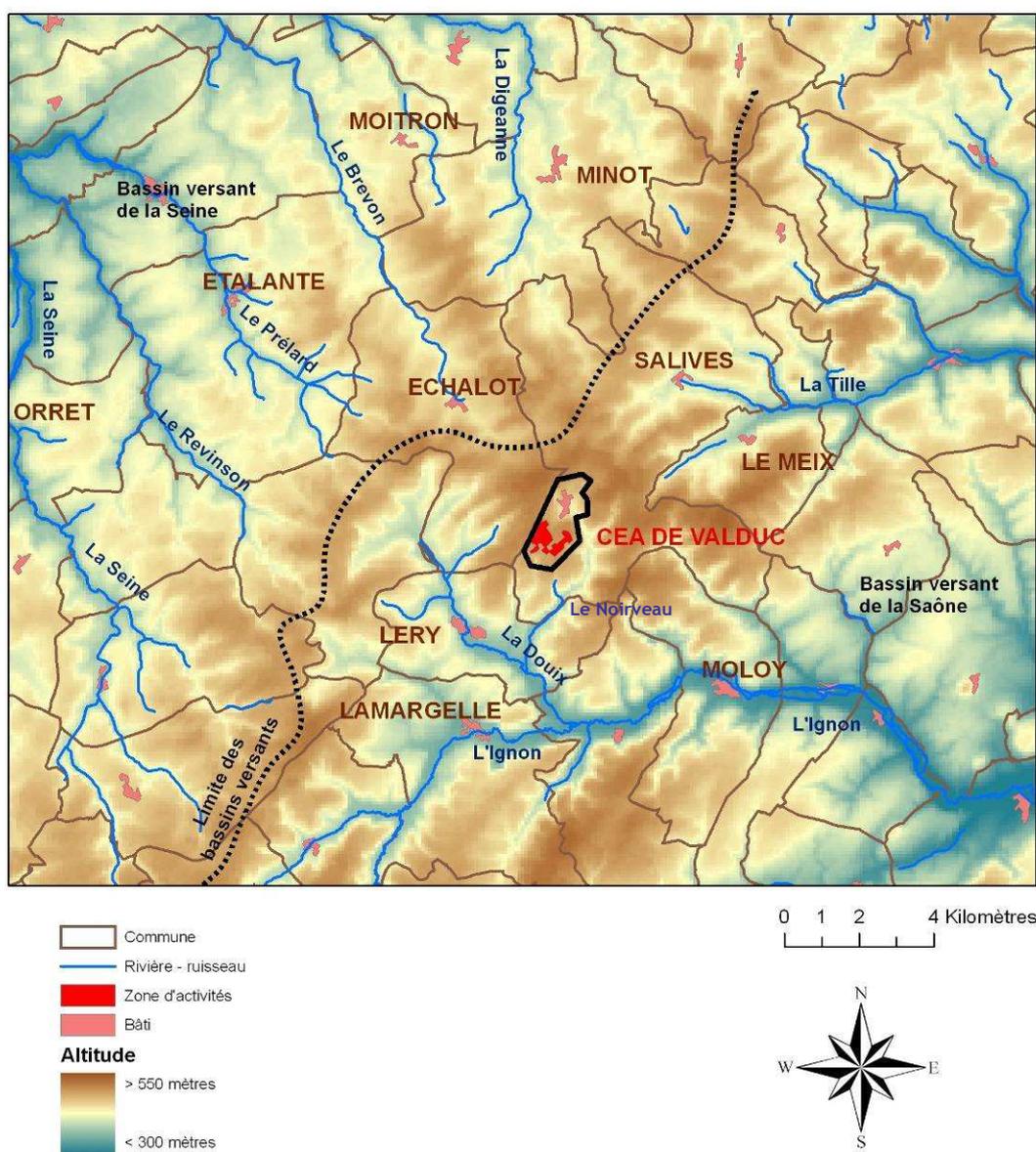
Le tritium présent dans l'air est détecté en quantité significative principalement sous forme de vapeur d'eau. Cette activité est comprise entre la limite de détection et 6,9 Bq/m³. Ces résultats corroborent le fait que le centre de Valduc rejette du tritium sous forme gazeuse et de vapeur d'eau tout au long de l'année (Figure 64).

Par ailleurs, la valeur de 6,9 Bq/m³ en tritium mesurée au cours de la période du 3 au 9 avril 2006 a fait l'objet d'une demande d'explication auprès du CEA de Valduc (Chapitre V.2).

VII.1.7.2 EAUX DE RIVIERES ET EAUX SOUTERRAINES

Des prélèvements d'eaux de rivières et de résurgences de nappes phréatiques sont réalisés semestriellement sur 8 communes environnantes dans un rayon de 10 km. En 2006, seuls les prélèvements du mois d'avril ont pu être effectués. Ce sont les résultats de mesures du tritium qui sont présentés ci-après.

VII.1.7.2.1. Eaux de rivières



Carte 16 : Plan de l'environnement du CEA de Valduc et des eaux surveillées

- Au nord du site CEA de Valduc coulent le Brévon et la Digeanne qui font partie du bassin versant de la Seine. Les activités en tritium détectées en 2006 étaient de 21 et 25 Bq/l respectivement.
- A l'ouest, le Prélard, le Revinson et la Seine font également partie du bassin de la Seine. Les activités en tritium détectées en 2006 étaient inférieures aux limites de détection.
- Au sud coulent le Noirveau, la Douix et l'Ignon, qui font partie du bassin versant de la Saône. Les activités en tritium détectées en 2006 étaient de 180, 33 et 26 Bq/l respectivement.
- Enfin, à l'est coule la Tille, qui fait également partie du bassin versant de la Saône. L'activité en tritium détectée en 2006 était de 52 Bq/l.

Les cours d'eaux qui coulent au nord et à l'est du site CEA sont situés sous les vents dominants du site. De ce fait, la contamination surfacique en tritium est probablement due en partie aux retombées atmosphériques de tritium émis par le site. Néanmoins cette contamination est peut-être aussi due à des résurgences de nappes phréatiques marquées en tritium.

Au sud du site, les eaux de la Douix à Léry sont marquées en tritium probablement pour les mêmes raisons. En revanche, l'Ignon, qui reçoit les eaux de la Douix (33 Bq/l en tritium), qui a elle-même reçu les eaux du ruisseau Le Noirveau (180 Bq/l en tritium) en aval de Léry, a une activité en tritium de 26 Bq/l au niveau de Moley, principalement due à ses affluents.

A l'ouest du site, hors de la zone des vents dominants, aucune valeur n'a été détectée au-dessus de notre limite de détection.

VII.1.7.2.2. Eaux souterraines

Ce sont des eaux prélevées dans des sources ou des fontaines, qui sont des résurgences de nappes phréatiques.

Trois des 7 sources ou fontaines échantillonnées ont révélé des résultats significatifs en tritium. Il s'agit de la source de la Coquille à Etalante (14 Bq/l en tritium), de la source de la ferme la Galopine à Moitron (18 Bq/l en tritium), et enfin de la source Prégélan à Salives (61 Bq/l en tritium).

Le marquage en tritium de ces sources est dû au marquage des nappes phréatiques qui les alimentent, elles-mêmes alimentées par des infiltrations d'eaux de surface marquées en tritium.

VII.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 des 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.

VII.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 IX.1.2.1.2).

L'analyse des eaux de pluie recueillies dans l'environnement français du CERN à un rythme mensuel n'a révélé aucune activité anormale.

VII.1.8.2 EAU SOUTERRAINE

Des prélèvements d'eau effectués semestriellement dans un piézomètre proche du centre n'ont révélé aucune activité anormale (Tableau 113).

Tableau 113 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le puits P 612 PRE dans l'environnement du CERN

Eau brute	³ H	Bq/l	< 9,3
	⁷ Be		< 1,5
	²² Na		< 0,16
	K	mg/l	3,7 ± 0,2

En complément de cette surveillance permanente, l'IRSN a participé sur la période 2005-2006 avec l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP) suisse à l'établissement d'un bilan détaillé de la situation radiologique au voisinage du CERN. La synthèse de ces travaux, qui a pour objet de

disposer d'un « point zéro » avant la mise en service du nouvel accélérateur, est disponible sur le site intranet de l'IRSN.

VII.1.9 INSTITUT LAUE LANGEVIN - GRENOBLE (38)

L'Institut Laue-Langevin (ILL), fondé en 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 114 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le Drac (R DI DRM), en amont de l'ILL

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,13	< 0,18	-	0/36
	^3H	Bq/l	< 9	< 11	-	0/12
Eau filtrée	α global	Bq/l	$0,03 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	0,044	12/12
	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,15	-	0/12
	K	mg/l	< 1,0	$1,2 \pm 0,1$	1,1	6/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les résultats des eaux prélevées en aval de l'ILL sont indiqués au chapitre VII.1.3 relatif au CEN de Grenoble.

VII.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 de l'impact des activités menées dans les arsenaux, car ces ports s'ouvrent sur des rades qui constituent des écosystèmes sensibles.

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 parallèle, des analyses de radioactivité sont également effectuées par l'IRSN, uniquement sur des échantillons d'origine marine (eau de mer, sédiments, poissons, mollusques, crustacés et algues).

VII.2.1 BREST (29)

VII.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 au-dessus des limites de détection. Seule une activité de tritium, proche de nos limites de détection, a pu être mesurée au deuxième trimestre 2006 (Tableau 115).

Tableau 115 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Brest (M 122 MN)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,038	-	0/12
	³ H	Bq/l	< 9,0	9,2 ± 2,2	-	1/4
	β global	Bq/l	11,0 ± 1,1	12,0 ± 1,2	11,8	4/4
	K	mg/l	400 ± 20	450 ± 23	435	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.2.1.2 SEDIMENTS MARINS

Des traces de césium 137 sont détectées dans les 4 prélèvements de sédiments marins effectués en 2006 au niveau de l'Anse du Fret, située dans la grande rade de Brest (Figure 65).

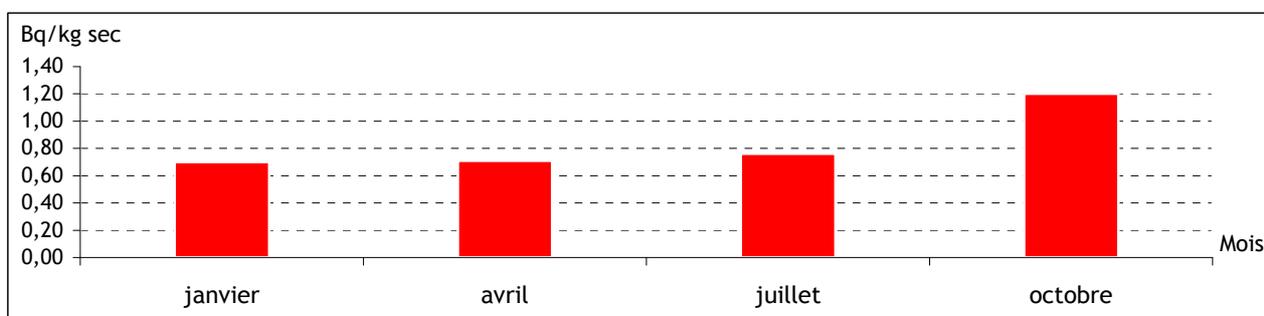


Figure 65 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2006 dans la grande rade de Brest (SM 111 MN)

Ces activités sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes. Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 4 prélèvements analysés.

VII.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.

VII.2.1.3.1. Poissons

Des traces de césium 137 sont détectées dans un échantillon de labres prélevé à la bouée du Renard ($0,16 \pm 0,08$ Bq/kg frais) ; les activités des autres radionucléides recherchés dans cet échantillon sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

Aucun des radionucléides recherchés dans un échantillon de soles du Banc du Caro, de congres de la rade-abri et de roussettes de la bouée du Renard n'a pu être mis en évidence.

VII.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 à nos limites de détection.

VII.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 ($5,4 \pm 1,4$ Bq/kg frais). Toutes les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos limites de détection.

VII.2.2 CHERBOURG (50)

VII.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. Seule une activité significative en tritium, proche de nos limites de détection, a pu être mesurée au deuxième trimestre 2006 (Tableau 116).

Tableau 116 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Cherbourg (M 109 MN)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	-	< 0,036	-	0/12
	^3H	Bq/l	< 9,5	< 14,0	-	1/4
	β global	Bq/l	11 \pm 1	11 \pm 1	11	4/4
	K	mg/l	390 \pm 20	420 \pm 21	408	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.2.2.2 SEDIMENTS MARINS

Des traces de césium 137, plutonium 239+240 et d'américium 241, radionucléides artificiels, ont été décelées pour certains des prélèvements trimestriels de sédiments marins effectués à La Saline dans la grande rade de Cherbourg.

Tableau 117 : Activités en ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg (SM 109 MN)

			Min.	Max.	Moyenne	*
sédiments	^{137}Cs	Bq/kg sec	0,46 \pm 0,26	0,52 \pm 0,28	0,49	2/4
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	0,28 \pm 0,08	0,79 \pm 0,19	0,54	2/4
	^{241}Am	Bq/kg sec	0,41 \pm 0,14	1,6 \pm 0,4	0,81	3/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

La présence de ces radionucléides artificiels est due principalement aux rejets de l'usine de retraitement du combustible de la Hague.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 4 prélèvements analysés en 2006.

VII.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.

VII.2.2.3.1. Poissons

Des traces de césium 137 et du carbone 14 ont été décelés dans l'échantillon de vieilles prélevé à Nacqueville et dans l'échantillon de carrelots provenant de la zone 5 de la grande rade (Tableau 118).

Tableau 118 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg

			Vieilles	Carrelets
Poissons	¹³⁷ Cs	Bq/kg frais	0,16 ± 0,08	0,14 ± 0,07
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	570 ± 110	570 ± 130

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les 2 prélèvements analysés en 2006.

VII.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 dans la zone 1 de la grande rade (Tableau 119).

Tableau 119 : Résultats d'analyse de mollusques prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg

Coquilles Saint-Jacques	²³⁸ Pu	Bq/kg frais	0,013 ± 0,004
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		0,017 ± 0,004
	²⁴¹ Am		0,016 ± 0,004
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	690 ± 140

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

VII.2.2.3.3. Crustacés

La présence de carbone 14 a été relevée pour l'échantillon de tourteaux prélevé à Nacqueville : 560 ± 100 Bq/kg de C élémentaire.

Les activités des autres radionucléides artificiels mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

VII.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 à La Saline (Tableau 120).

Tableau 120 : Résultats d'analyse des algues prélevées en 2006 dans la grande rade de Cherbourg

			Ulves	Fucus Serratus
Algues	⁶⁰ Co	Bq/kg frais	-	0,17 ± 0,06
	¹²⁹ I		-	2,4 ± 0,8
	²³⁸ Pu		-	0,0082 ± 0,0023
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		0,0033 ± 0,0010	0,023 ± 0,004
	²⁴¹ Am		0,0070 ± 0,0020	0,0095 ± 0,0032
	²⁴¹ Pu		-	0,40 ± 0,11
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	570 ± 110	560 ± 110

Toutes les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos limites de détection pour les 2 espèces d'algues.

VII.2.3 TOULON (83)

VII.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 121 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Toulon (M 111 MN)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	-	< 0,037	-	0/12
	^3H	Bq/l	-	< 9	-	0/4
	β global	Bq/l	9 ± 1	12 ± 1	10	4/4
	K	mg/l	390 ± 20	410 ± 21	398	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.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 à nos limites de détection.

VII.2.3.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels de poissons, de mollusques et d'algues 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 les échantillons de dorades, de moules et de posidonies prélevés à la Tour Royale et dans l'échantillon de loups de la ferme marine du Site du Lazaret sont restées inférieures à nos limites de détection.

VIII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES REJETS RADIOACTIFS DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE

VIII.1. UTILISATION DES RADIONUCLEIDES EN 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 par imagerie (le radionucléide majoritairement mis en œuvre est le technétium 99 métastable).
- **La radiothérapie métabolique** : l'objectif est la destruction, par irradiation, des tissus pathologiques (l'iode 131 est le radionucléide le plus largement utilisé).

Ces actes diagnostics ou curatifs sont réalisés à l'aide de radionucléides de courte période, mis en œuvre sous la forme de sources non scellées (gélules ou liquides). Après avoir été administrés par injection ou ingestion, ils sont éliminés par les voies naturelles (urines, selles, salive, sueur). Ainsi, une partie des effluents produits par un hôpital disposant d'un service de médecine nucléaire peut contenir des urines ou des selles marquées par de la radioactivité.

Une réglementation impose le stockage systématique temporaire des urines en provenance des chambres réservées aux patients subissant une radiothérapie à l'iode 131. Les selles, non stockées à l'hôpital en raison de leur potentiel d'induction de maladies nosocomiales, rejoignent le réseau d'assainissement plus rapidement.

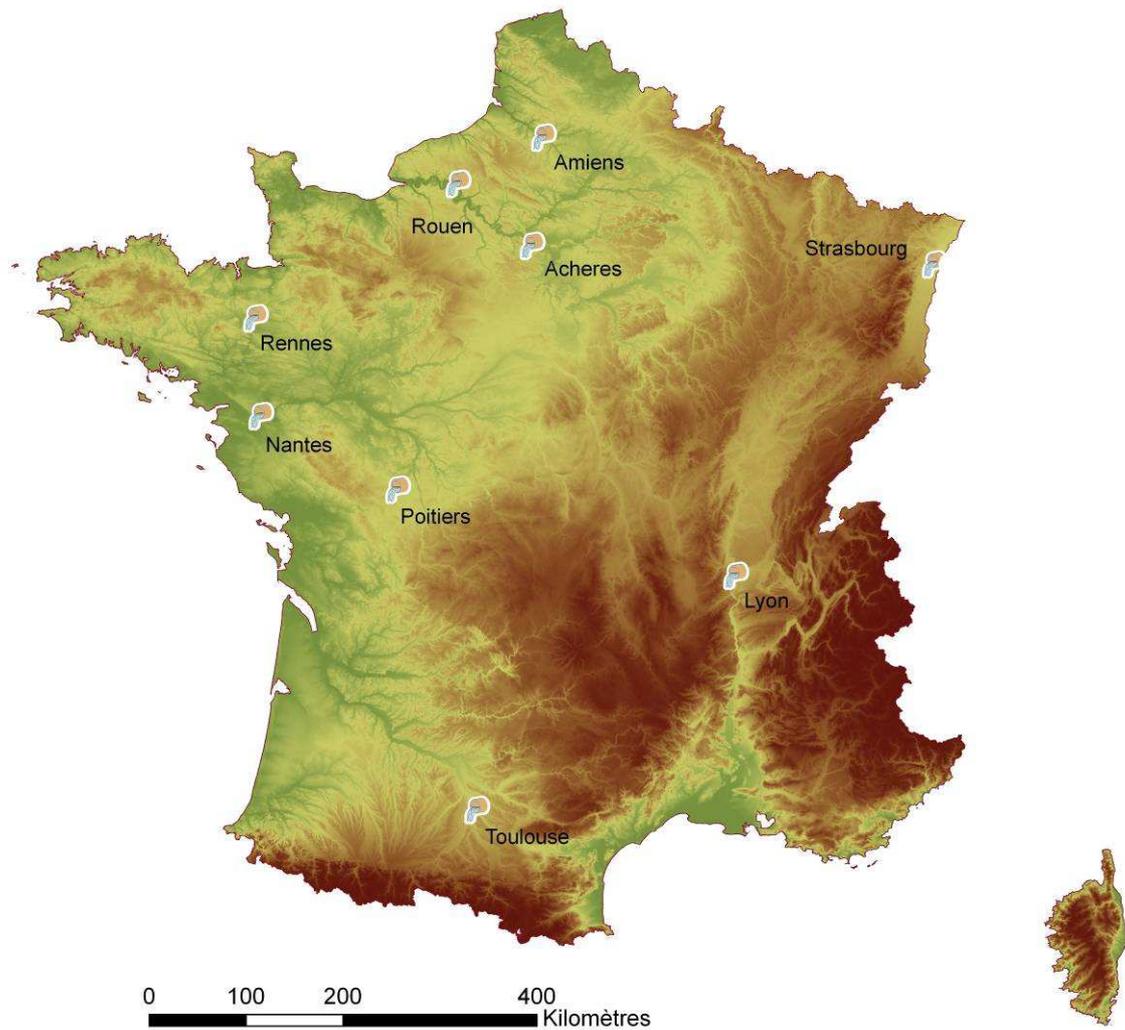
L'iode 131 ainsi introduit dans l'environnement peut être détecté dans les cours d'eau. Afin d'évaluer et de caractériser cette radioactivité, l'IRSN développe un réseau spécifique.

VIII.2. LE RESEAU TELEHYDRO

Depuis 2000, avec le réseau Télhydro, l'IRSN réalise des mesures radiologiques en continu dans les eaux usées de quelques 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 des eaux usées d'une agglomération. Les 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 66 : Photos d'une station Télhydro (vue générale et détaillée de la sonde)



Carte 17 : Implantation des stations du réseau Télhydro

VIII.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.

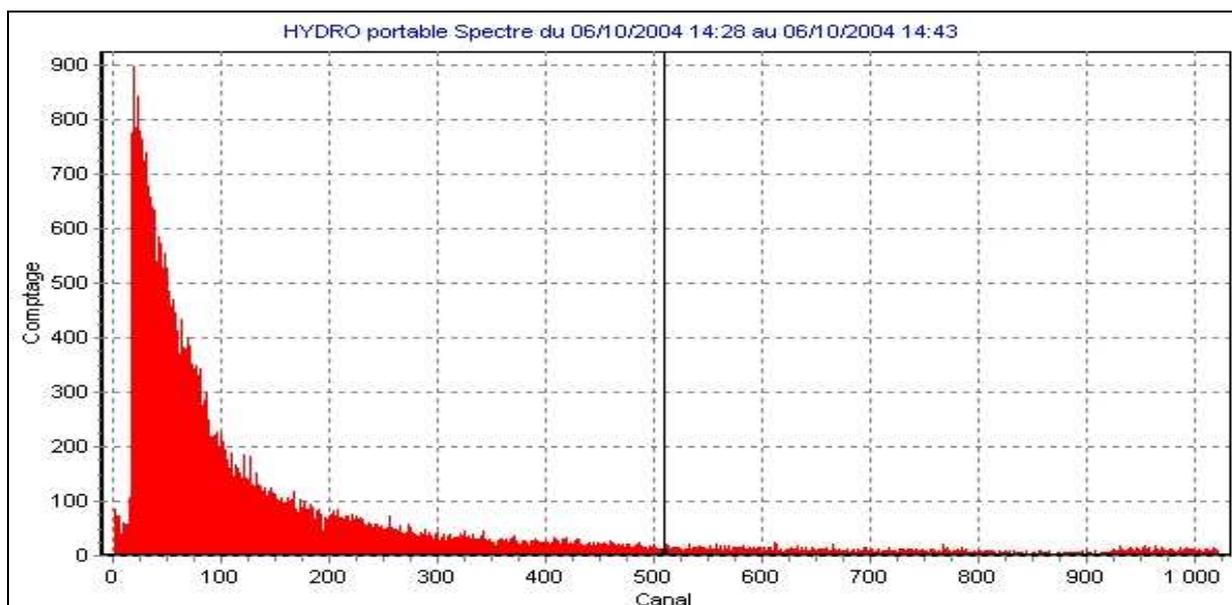


Figure 67 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) représentant le rayonnement gamma naturel (15 minutes d'intégration)

A partir de ce comptage global et des pics éventuellement détectés dans le spectre, il est possible de déterminer les activités volumiques d'iode 131 et de 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.

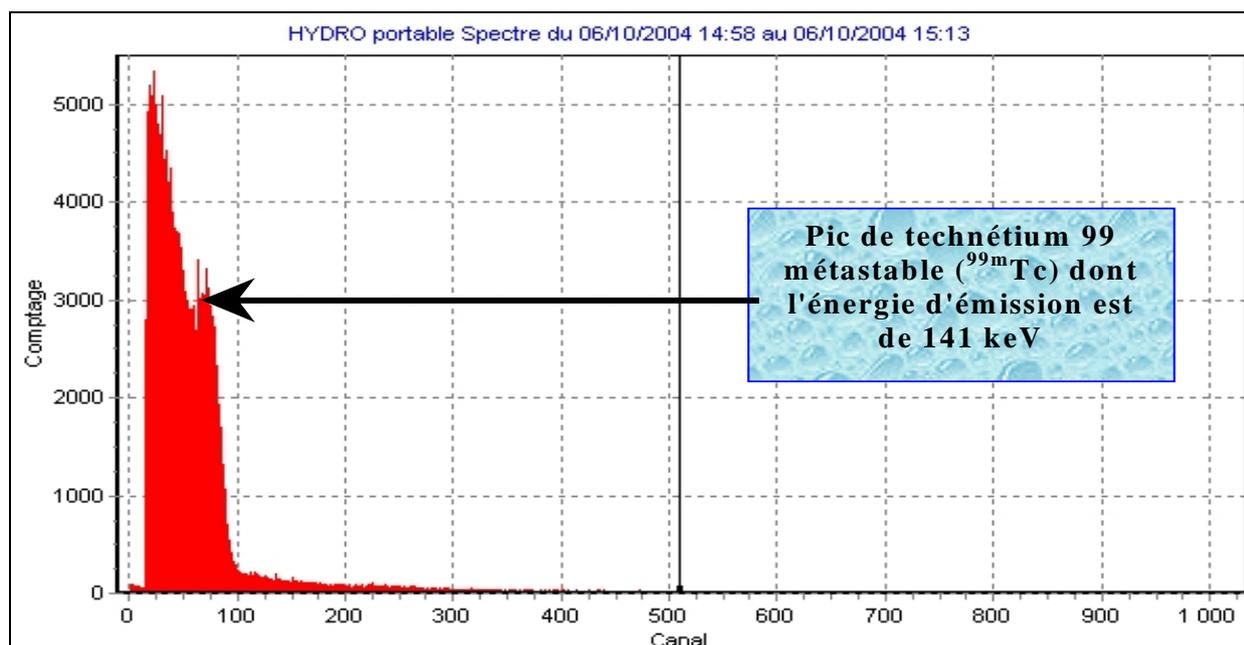


Figure 68 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic d'iode 131 (15 minutes d'intégration)

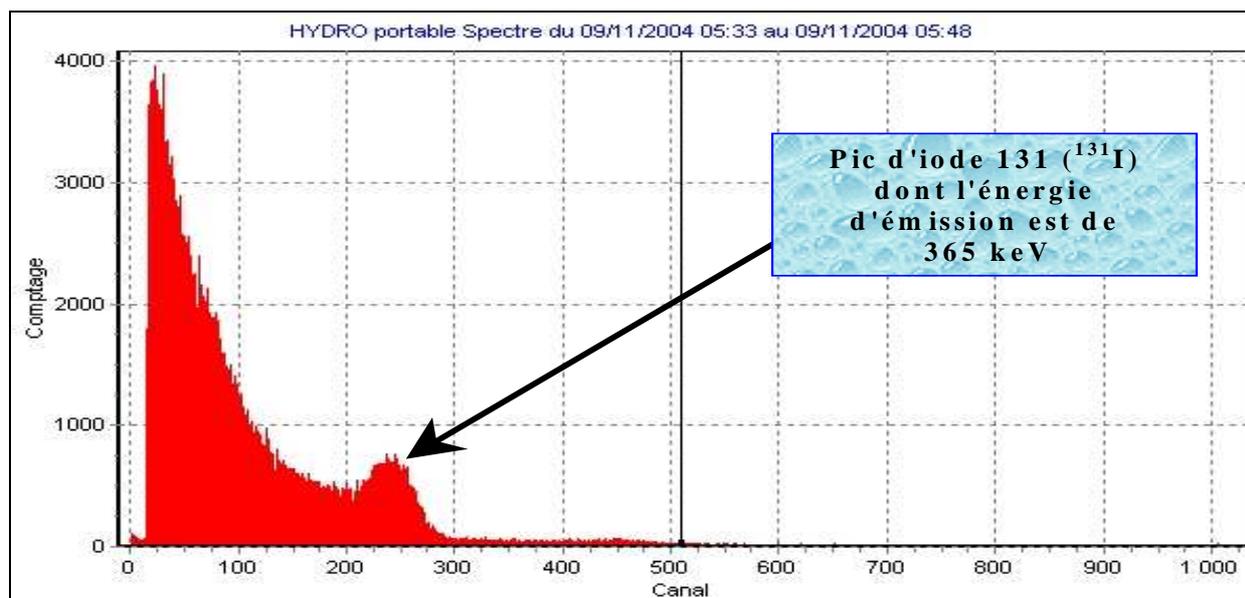


Figure 69 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de la Grange David (Tours) comportant un pic de technétium 99 métastable (15 minutes d'intégration)

L'étude des spectres permet également de déceler d'autres radionucléides qui ne seraient pas quantifiés par le logiciel en routine.

VIII.2.2 RESULTATS ACQUIS EN 2006

Les résultats acquis en 2006 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.

IX. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE

IX.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

IX.1.1 L'AIR

IX.1.1.1 LE RESEAU TELERAY

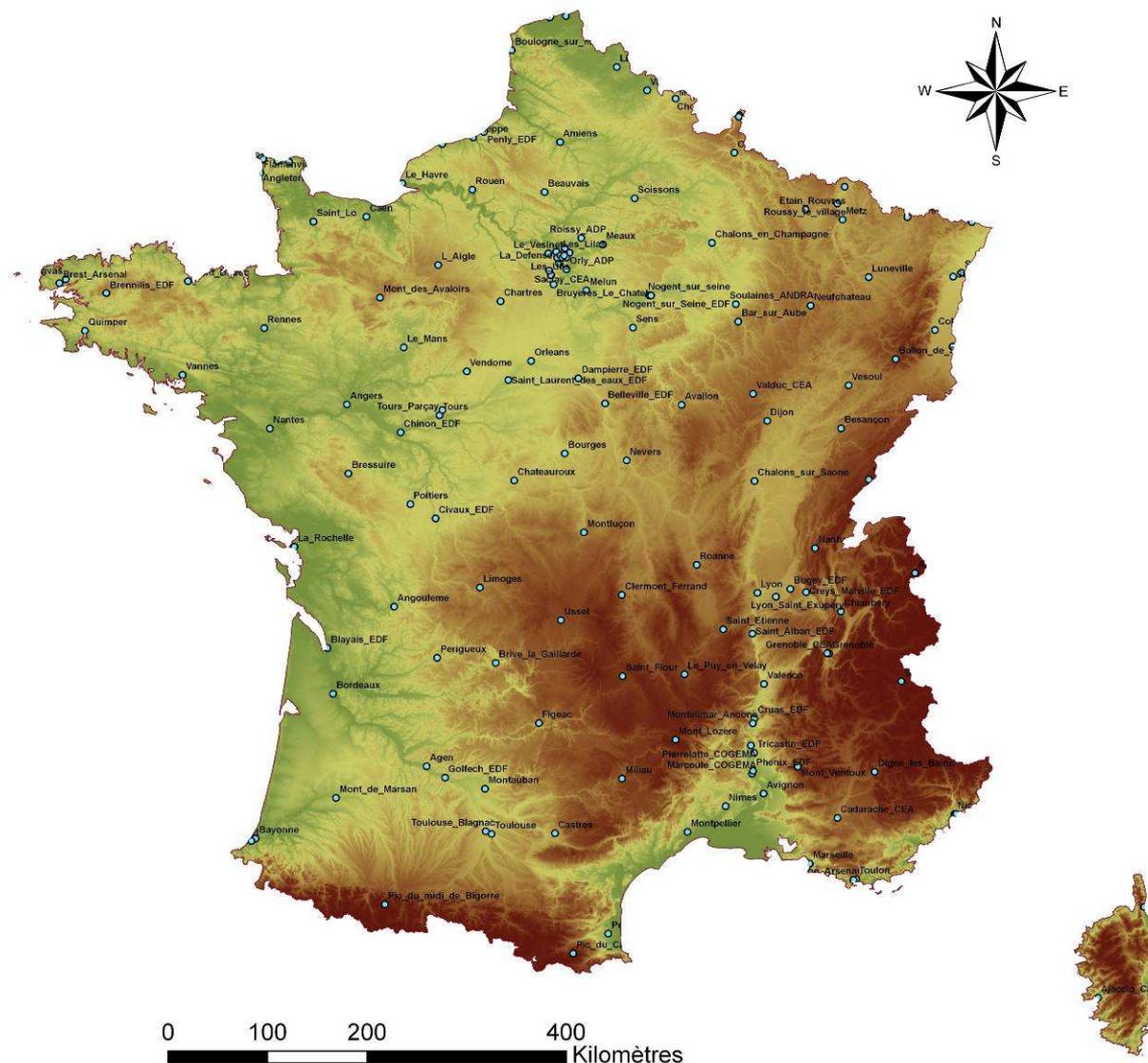
IX.1.1.1.1. Présentation et implantation

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 70). 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 70 : Photo d'une sonde Téléray (détecteur Geiger Müller)

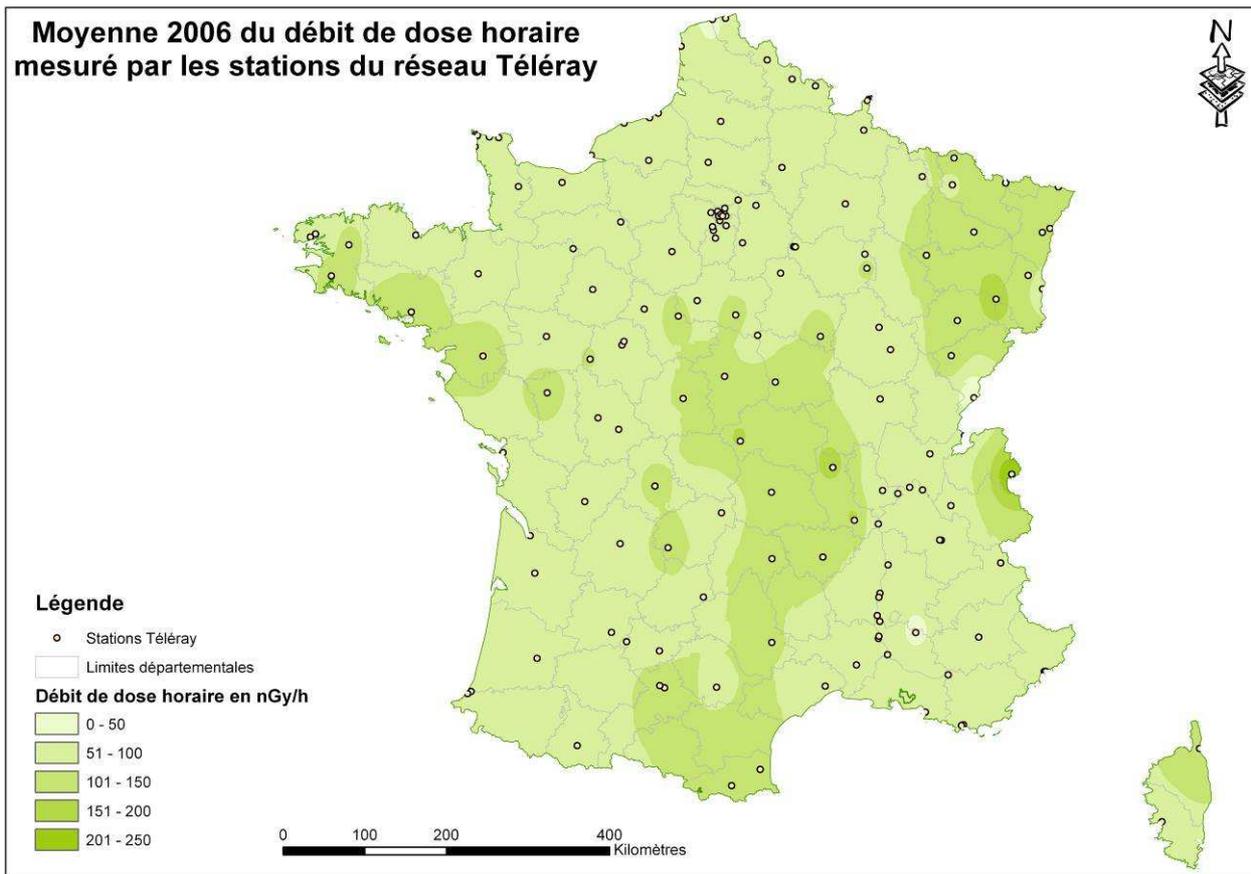


Carte 18 : Implantation des sondes du réseau Téléray

IX.1.1.1.2. Bilan des résultats

Les valeurs de débit de dose γ ambiant moyen en France au cours de l'année 2006 sont du même ordre de grandeur que celles mesur es les années précédentes.

Le bilan des mesures du réseau Téléray présente les moyennes annuelles acquises et class es en fonction des sites d'implantation. Ce bilan est représenté sur une carte nationale des moyennes des mesures r alis es, par analyse spatiale cartographique simplifi e, à l'aide d'un système d'information géographique (Carte 19).



Carte 19 : Représentation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2006 par le réseau Téléray

Cette carte (qui peut être compar  e à celle établie à partir des données moyennes du réseau environnemental des dosimètres thermoluminescents - voir Carte 20) met en évidence la relation étroite qui existe entre le débit de dose et la nature des roches constitutives du sol.

En effet, on constate que le bruit de fond ambiant est faible dans les bassins sédimentaires (bassins parisien et aquitain ou 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   lev  e.

A cela se superpose l'influence du rayonnement cosmique, plus important en altitude qu'au niveau de la mer. Cette influence est 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 71).

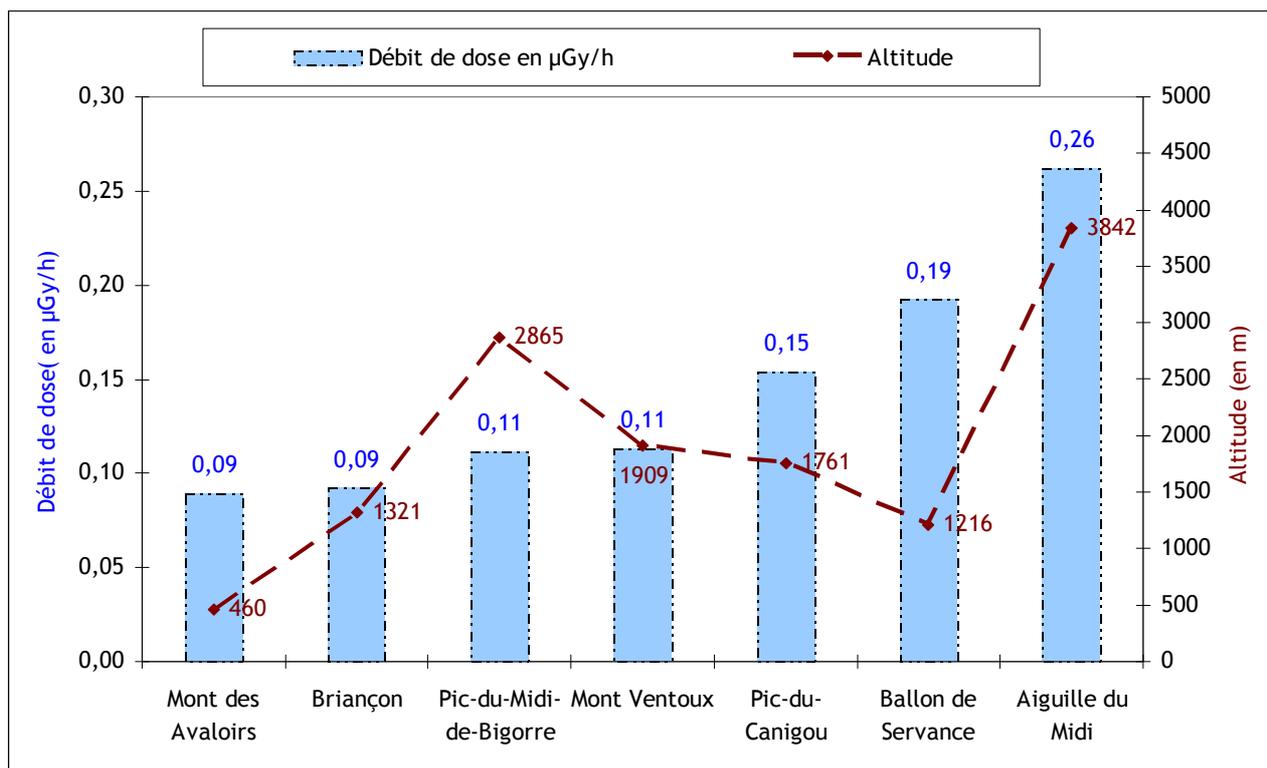


Figure 71 : Evolution du débit du débit de dose en fonction de l'altitude

La variabilité du débit de dose en France demeure néanmoins dans la majorité des cas liée à la nature du sol, 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 plus important. De façon analogue, le Mont Ventoux, essentiellement constitué de roches sédimentaires, présente, malgré une altitude élevée, un débit de dose relativement faible.

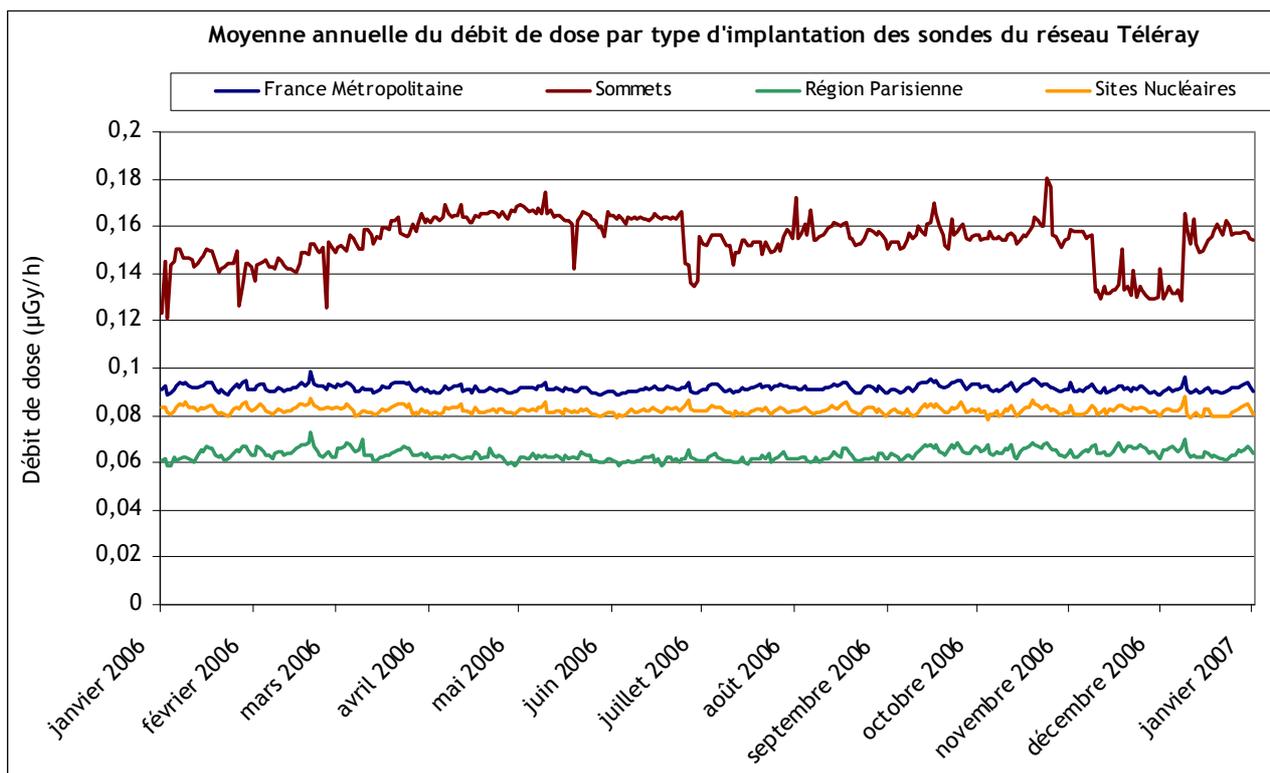


Figure 72 : Evolution du débit de dose par type d'implantation en 2006

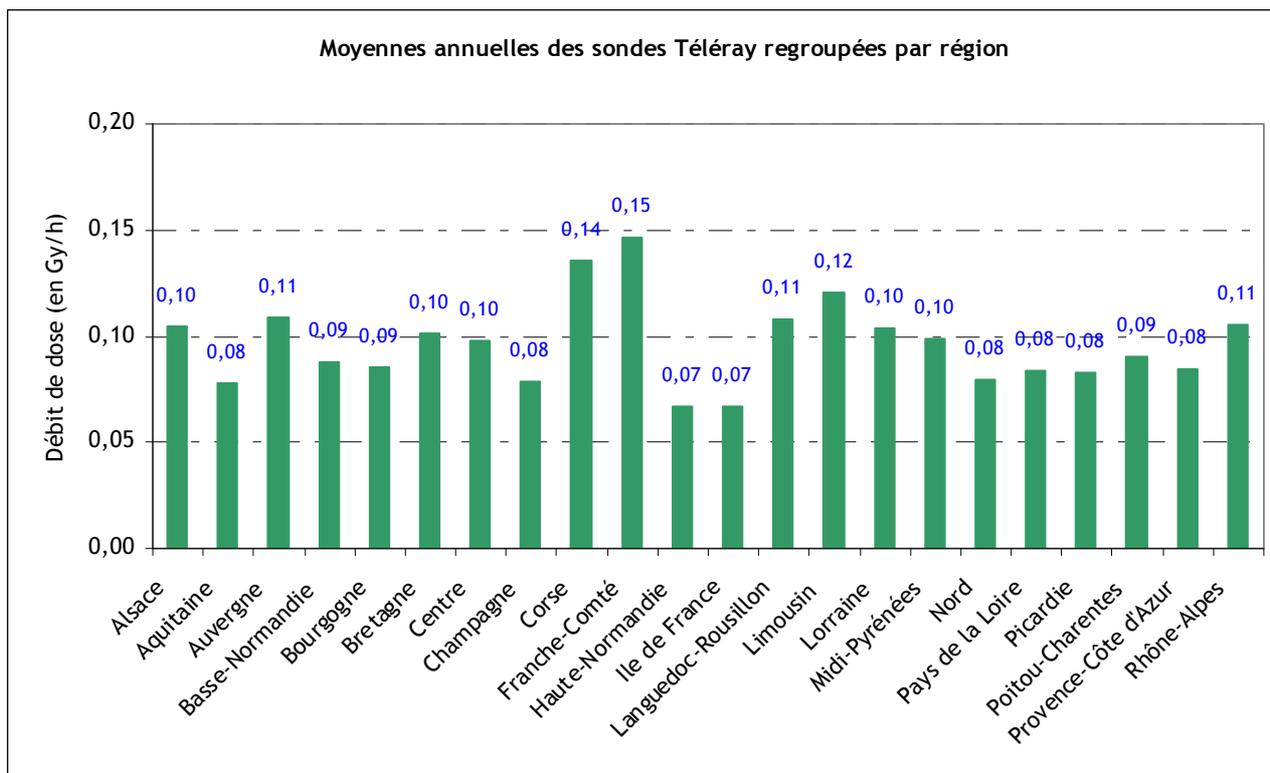


Figure 73 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose en 2006

IX.1.1.1.3. Evénements marquants

Quelques mesures anormales ont été détectées par le réseau Téléray en 2006, 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.

Alarmes déclenchées en 2006 sur le réseau Téléray :

- alarme due à un événement météorologique le 15 septembre 2006 à Lyon Saint-Exupéry : valeur maxi de 0,33 $\mu\text{Gy/h}$ (Chapitre V.3),
- plusieurs alarmes dues à des événements météorologiques (orages) sur la sonde située à l'Aiguille du Midi :
 - 06/01 : 0,45 $\mu\text{Gy/h}$,
 - 10/04 : 0,45 $\mu\text{Gy/h}$,
 - 18/06 : 0,8 $\mu\text{Gy/h}$.
- chaque mois, des alarmes dues aux étalonnages des sondes EDF se trouvant à proximité des sondes Téléray ont lieu sur les stations suivantes : Blayais, Chinon, Chooz, Fessenheim, Golfech, Civaux, Flamanville et Phénix.

IX.1.1.2 LE RESEAU DE DOSIMETRES THERMOLUMINESCENTS (DTL)

IX.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. 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 d'un dosimètre par département) et à celui d'une surveillance renforcée aux abords des sites nucléaires.

Le réseau met en œuvre 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 Télecay. 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 couvrent la gamme des débits de dose possibles dans un contexte environnemental, tout en étant d'une sensibilité suffisante pour mesurer de faibles variations en chaque lieu d'implantation (rayonnement cosmique : 0,3 à 2 mSv/an - rayonnement tellurique : 0,05 à 1,5 mSv/an) ou au suivi de sites où la radioactivité naturelle a été renforcée (anciens 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.

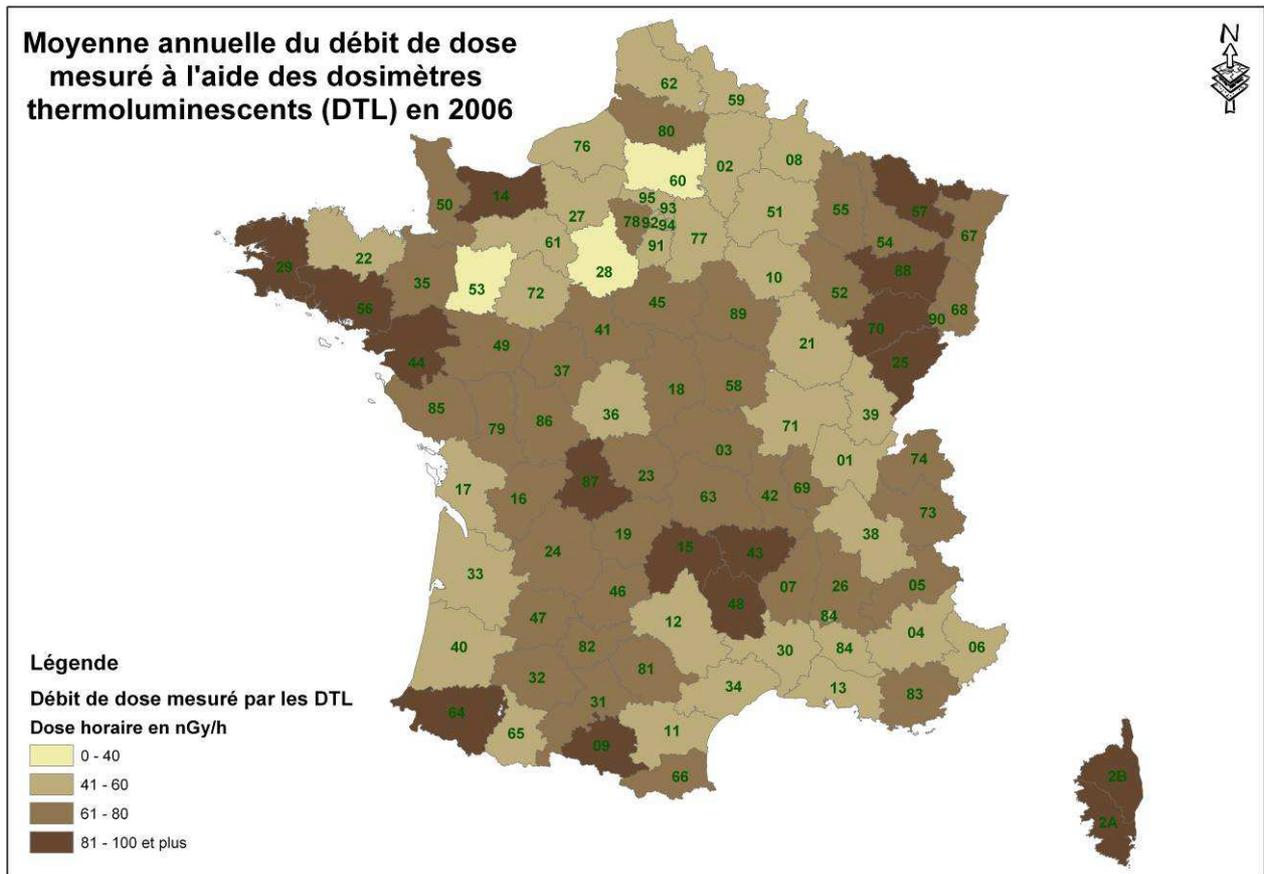


Figure 74 : Photo d'un dispositif DTL

IX.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 Télecay (Carte 19), ce qui permet de vérifier la bonne complémentarité des mesures.



Carte 20 : Représentation cartographique des données du réseau de DTL en France en 2006

Les résultats obtenus en 2006 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 de la radioactivité naturelle du territoire français.

IX.1.2 LES AEROSOLS ATMOSPHERIQUES

IX.1.2.1 LE RESEAU AS (AIR AU NIVEAU DU SOL)

IX.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 75).

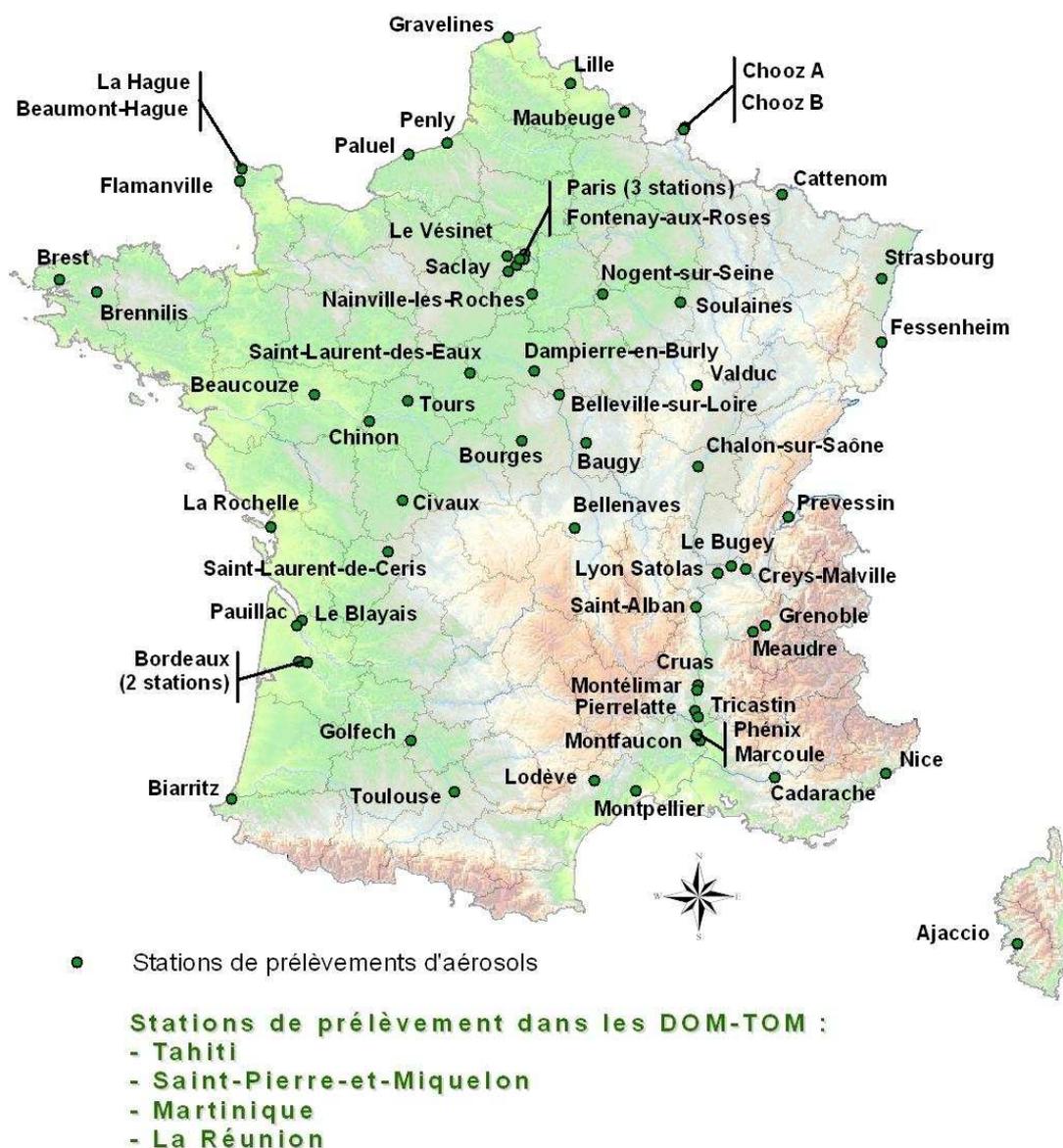
Les filtres sont rapatriés par voie postale vers le site du Vésinet pour y être conditionnés, puis mesurés en laboratoire.

Le rôle de ce réseau n'est pas de détecter la radioactivité artificielle en temps réel mais néanmoins de sous 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 événement.



Figure 75 : 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 neuf stations de prélèvements dont trente six à proximité des sites nucléaires. L'implantation des stations est présentée sur la Carte 21.



Carte 21 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS)

IX.1.2.1.2. Résultats du Réseau AS

L'IRSN a réceptionné et analysé 22 397 prélèvements en 2006 sur lesquels 38 913 mesures ont été effectuées dont :

- 7 922 comptages bêta global un jour après la fin du prélèvement et 21 667 comptages bêta global cinq jours après la date de fin du prélèvement (après la décroissance des descendants du radon) ;
- 7 102 comptages alpha global ;
- 1 248 spectrométries gamma sur filtre individuel et 816 sur les regroupements mensuels des prélèvements d'une même station ;
- 158 autres mesurages spécifiques à des sites particuliers.

Tableau 122 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols (mesurés cinq jours après la fin du prélèvement)

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2006 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)
ANGERS	< 0,08	1,57 ± 0,35	0,38	-
AJACCIO	0,16 ± 0,04	1,87 ± 0,17	0,78	0,56
BAUGY	< 0,08	1,14 ± 0,09	0,34	0,34
BELLENAVES	< 0,12	2,86 ± 0,26	0,72	0,69
BOURGES	< 0,13	2,11 ± 0,47	0,51	0,52
BIARRITZ	< 0,10	1,85 ± 0,17	0,47	0,45
LE BLAYAIS	< 0,10	1,73 ± 0,20	0,44	0,49
BEAUMONT	0,11 ± 0,01	0,72 ± 0,19	0,33	-
BRENNILIS	0,13 ± 0,04	1,89 ± 0,19	0,41	0,35
BORDEAUX (université)	0,28 ± 0,03	0,97 ± 0,22	0,48	0,49
BORDEAUX (Mérignac)	< 0,13	2,22 ± 0,53	0,49	0,51
BREST	< 0,09	1,68 ± 0,16	0,33	0,34
LE BUGEY	< 0,13	2,00 ± 0,19	0,59	0,60
BELLEVILLE-SUR-LOIRE	< 0,10	1,95 ± 0,17	0,51	0,54
CADARACHE	< 0,12	1,49 ± 0,14	0,60	0,61
CHINON	< 0,13	2,04 ± 0,19	0,53	0,53
CHOOZ B	< 0,16	1,75 ± 0,18	0,56	0,51
CHOOZ A	< 0,08	0,85 ± 0,18	0,31	0,30
CIVAUX	< 0,11	2,27 ± 0,21	0,55	0,56
CREYS-MALVILLE	< 0,14	2,68 ± 0,25	0,63	0,68
CRUAS	0,14 ± 0,04	2,35 ± 0,49	0,57	0,62
CHALON-SUR-SAONE	< 0,11	2,34 ± 0,22	0,60	0,62
CATTENOM	< 0,10	2,11 ± 0,52	0,57	0,56
DAMPIERRE-EN-BURLY	< 0,12	2,10 ± 0,45	0,60	0,61
EURODIF	0,18 ± 0,02	2,91 ± 0,27	0,79	0,77
FESSENHEIM	< 0,20	2,37 ± 0,25	0,76	0,68
FLAMANVILLE	< 0,15	1,51 ± 0,17	0,46	0,40
FONTENAY-AUX-ROSES	< 0,08	1,17 ± 0,12	0,34	0,35
GRENOBLE	< 0,16	2,46 ± 0,22	0,79	0,74
GOLFECH	< 0,16	1,49 ± 0,17	0,56	0,55
GRAVELINES	< 0,13	1,31 ± 0,15	0,45	0,39
LA HAGUE	< 0,08	2,00 ± 0,17	0,41	0,33
LILLE	< 0,11	1,79 ± 0,17	0,49	0,46
SITE DE LODEVE	0,22 ± 0,03	1,46 ± 0,12	0,57	0,56
LYON	< 0,10	3,04 ± 0,29	0,71	0,57

Tableau 122 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols (mesurés cinq jours après la fin du prélèvement)

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2006 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)
MEAUDRE	< 0,07	1,47 ± 0,14	0,49	0,50
MONTFAUCON	< 0,12	2,51 ± 0,22	0,70	0,67
MONTPELLIER	< 0,10	1,73 ± 0,16	0,57	0,66
MARCOULE	0,24 ± 0,07	3,48 ± 0,32	0,91	0,94
MARTINIQUE	< 0,09	1,86 ± 0,51	0,47	0,47
MONTELMAR	< 0,13	2,51 ± 0,22	0,67	0,66
NICE	< 0,11	1,57 ± 0,16	0,64	0,70
NAINVILLE-LES-ROCHES	< 0,12	1,51 ± 0,15	0,48	0,47
NOGENT-SUR-SEINE	< 0,12	2,16 ± 0,20	0,55	0,56
PALUEL	< 0,13	2,02 ± 0,21	0,45	0,49
PARIS (labo municipal)	< 0,11	2,12 ± 0,21	0,54	0,50
PARIS (bd Mac Donald)	0,08 ± 0,02	1,69 ± 0,17	0,32	0,29
PARIS (labo d'hygiène)	< 0,12	2,04 ± 0,19	0,49	0,45
PENLY	< 0,16	1,81 ± 0,19	0,50	0,45
PHENIX	< 0,17	2,71 ± 0,28	0,77	0,72
PAUILLAC	< 0,03	1,26 ± 0,11	0,50	0,52
PREVESSIN	< 0,12	1,93 ± 0,19	0,57	0,54
PIERRELATTE	0,16 ± 0,03	2,47 ± 0,21	0,69	0,66
LA REUNION	< 0,11	0,81 ± 0,11	0,27	0,26
LA ROCHELLE (Rhodia Chimie)	< 0,12	1,88 ± 0,15	0,53	0,47
SACLAY	< 0,11	1,99 ± 0,50	0,51	0,44
ST-LAURENT-DE-CERIS	0,10 ± 0,03	1,85 ± 0,44	0,52	0,58
ST-LAURENT-DES-EAUX	< 0,17	1,90 ± 0,20	0,56	0,55
MAUBEUGE	< 0,09	1,74 ± 0,43	0,48	0,45
SOULAINES	< 0,11	1,93 ± 0,38	0,58	0,57
SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON	< 0,13	1,10 ± 0,29	0,37	0,40
ST-ALBAN	< 0,12	2,39 ± 0,23	0,58	0,58
STRASBOURG	< 0,14	2,23 ± 0,20	0,62	0,60
TAHITI	< 0,04	0,38 ± 0,06	0,15	0,15
TOULOUSE	0,13 ± 0,03	2,05 ± 0,51	0,59	0,53
TRICASTIN	< 0,14	2,12 ± 0,23	0,65	0,62
TOURS	< 0,08	2,13 ± 0,20	0,52	0,48
LE VESINET	< 0,09	1,76 ± 0,19	0,50	0,47
VALDUC	< 0,10	1,96 ± 0,19	0,54	0,53

Tableau 123 : Résultats d'analyse alpha globale des filtres aérosols

NOM DU SITE	MINIMUM (mBq/m ³)	MAXIMUM (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2006 (mBq/m ³)	Valeur moyenne en 2005 (mBq/m ³)
LE BLAYAIS	< 0,02	0,29 ± 0,05	0,11	0,09
BEAUMONT	< 0,01	< 0,09	0,02	-
CADARACHE	< 0,02	0,18 ± 0,04	0,06	0,06
CREYS-MALVILLE	< 0,02	< 0,51	0,09	0,07
DAMPIERRE-EN-BURLY	< 0,03	< 0,60	0,10	0,07
EURODIF	< 0,01	< 0,60	0,11	0,08
FONTENAY-AUX-ROSES	< 0,01	< 0,28	0,05	0,04
GRENOBLE	< 0,01	< 0,53	0,10	0,08
GRAVELINES	< 0,03	< 0,33	0,09	0,09
LA HAGUE	< 0,01	< 0,28	0,05	0,05
SITE DE LODEVE	< 0,01	0,12 ± 0,02	0,03	0,03
MARCOULE	< 0,04	< 0,52	0,12	0,10
PIERRELATTE	< 0,02	< 0,51	0,07	0,07
LA ROCHELLE (Rhodia Chimie)	< 0,01	< 0,65	0,05	0,05
SACLAY	< 0,01	< 0,24	0,08	0,06
ST-LAURENT-DES-EAUX	< 0,04	< 0,68	0,10	0,08
TRICASTIN	< 0,03	< 0,34	0,12	0,09
LE VESINET	< 0,01	< 0,18	0,07	0,06
VALDUC	< 0,01	< 0,19	0,03	0,04

IX.1.2.1.3. Commentaires

Aucun événement radiologique d'origine artificielle n'a été observé par ce réseau en France en 2006. La radioactivité bêta globale des aérosols prélevés à proximité ou à distance des sites nucléaires reste très similaire (voir Figure 76).

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.

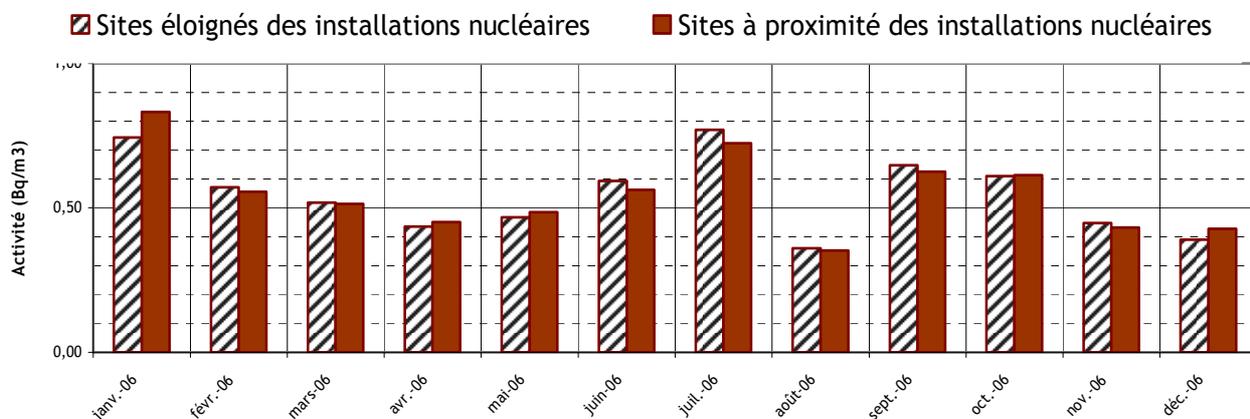
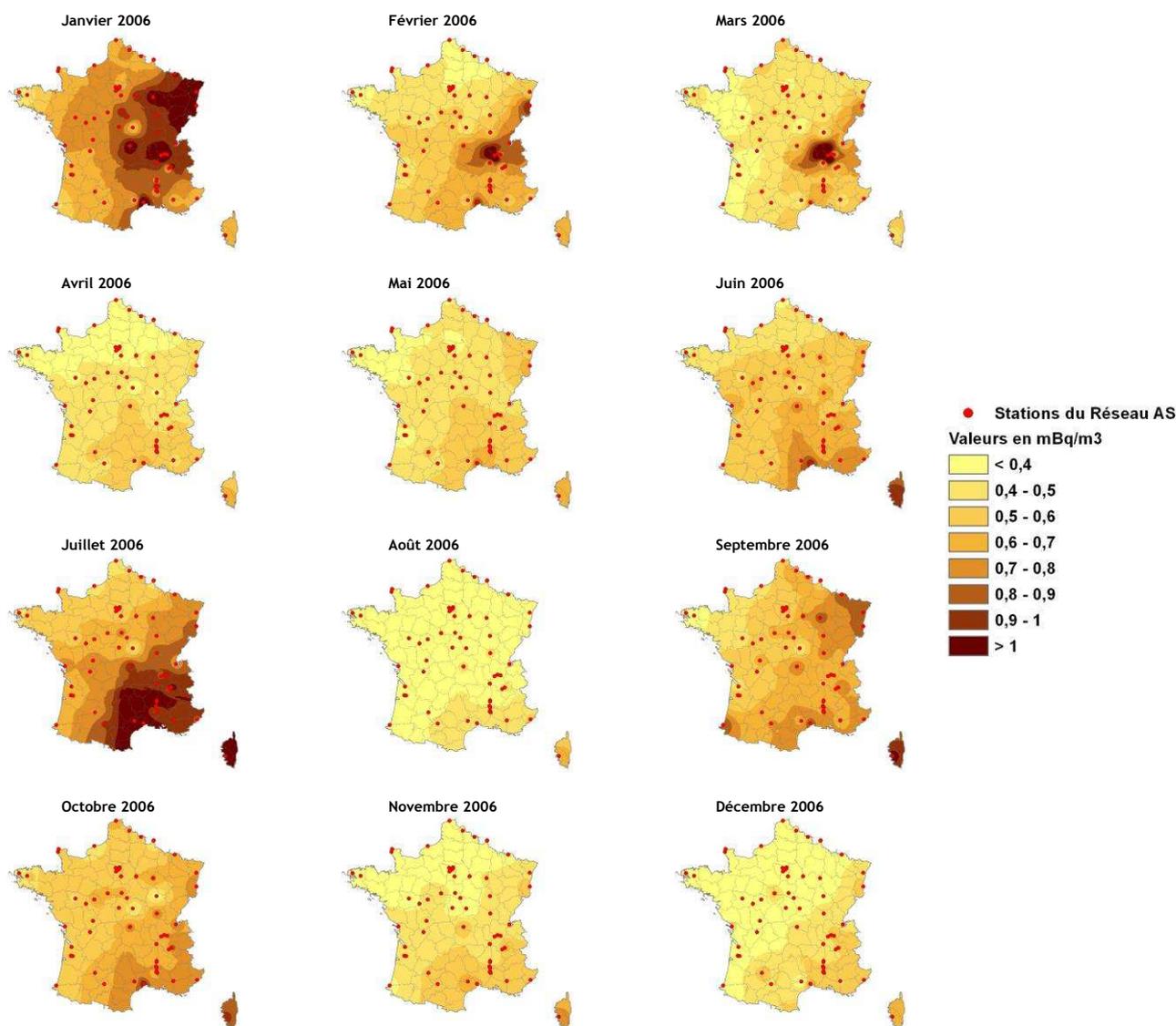


Figure 76 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol »

La présence de radionucléides émetteurs bêta naturels, et notamment les produits issus de la filiation du radon 222 (gaz radioactif naturel) présents 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 22 : Représentation cartographique des moyennes mensuelles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire

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 2006. Seul le béryllium 7, radionucléide d'origine cosmogénique est détecté régulièrement (Figure 77).

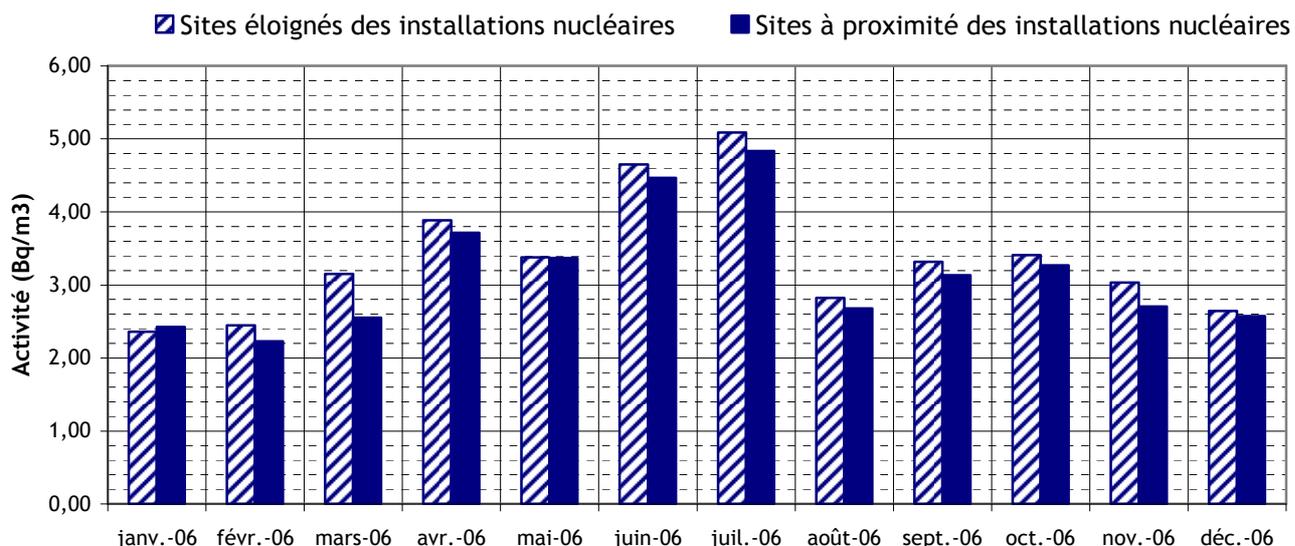


Figure 77 : Activités volumiques moyennes en ^7Be mesurées en 2006 par le réseau « Air au sol »

Globalement, il est intéressant de noter les variations saisonnières de l'activité volumique bêta globale en fonction des régions. Celles-ci sont corrélées avec la variation des paramètres météorologiques tels que la pression atmosphérique ou encore l'humidité. Les importantes chutes de neige qui ont eu lieu à la fin du mois de janvier dans la vallée du Rhône, ont par exemple induit une augmentation de l'activité volumique bêta globale dans cette région (chapitre V.1).

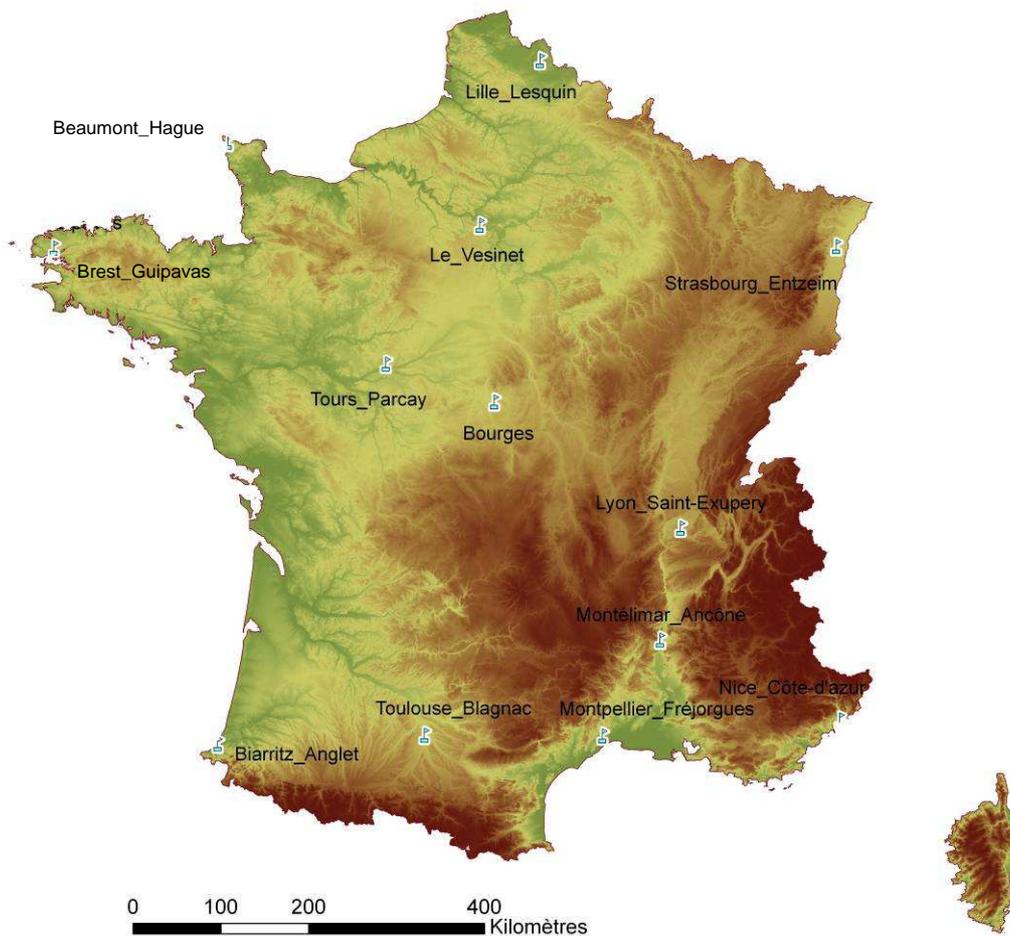
Pour interpréter ces cartes, il faut également tenir compte des paramètres géologiques et pédologiques pour la remise en suspension de particules terrigènes à échelles locales.

IX.1.2.2 LE RESEAU SARA (SURVEILLANCE AUTOMATISEE DE LA RADIOACTIVITE DES AEROSOLS)

IX.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. Les valeurs mesurées sont envoyées au PC centralisateur de la salle de télésurveillance de l'IRSN au Vésinet.

Actuellement le réseau SARA est constitué de treize stations implantées sur des sites de Météo France. La station anciennement située à Etain a été transférée à Beaumont-Hague.



Carte 23 : Implantation des stations du réseau SARA



Figure 78 : Photo d'une balise SARA

IX.1.2.2.2. Résultats du réseau SARA

En 2006, 115 000 spectres de mesures ont été acquis par le réseau 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 annuelles 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 2006.

Ces deux radionucléides naturels proviennent du radon, gaz radioactif naturel qui émane des roches contenant de l'uranium 238 et du thorium 232, deux isotopes dont la proportion dépend de la nature de la roche. Le mode de dispersion du radon 220 et du radon 222, 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 du plomb 212, du bismuth 212 et du thallium 208.

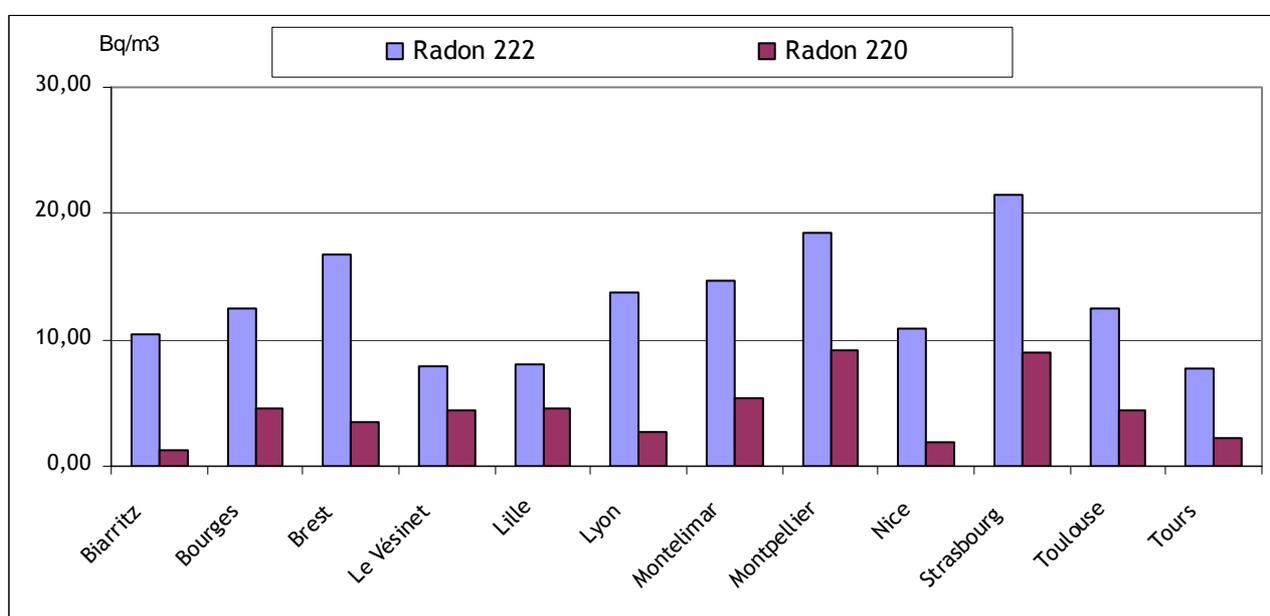


Figure 79 : Activités moyennes annuelles du radon 220 et du radon 222 mesurées par les stations du réseau SARA en 2006.

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.

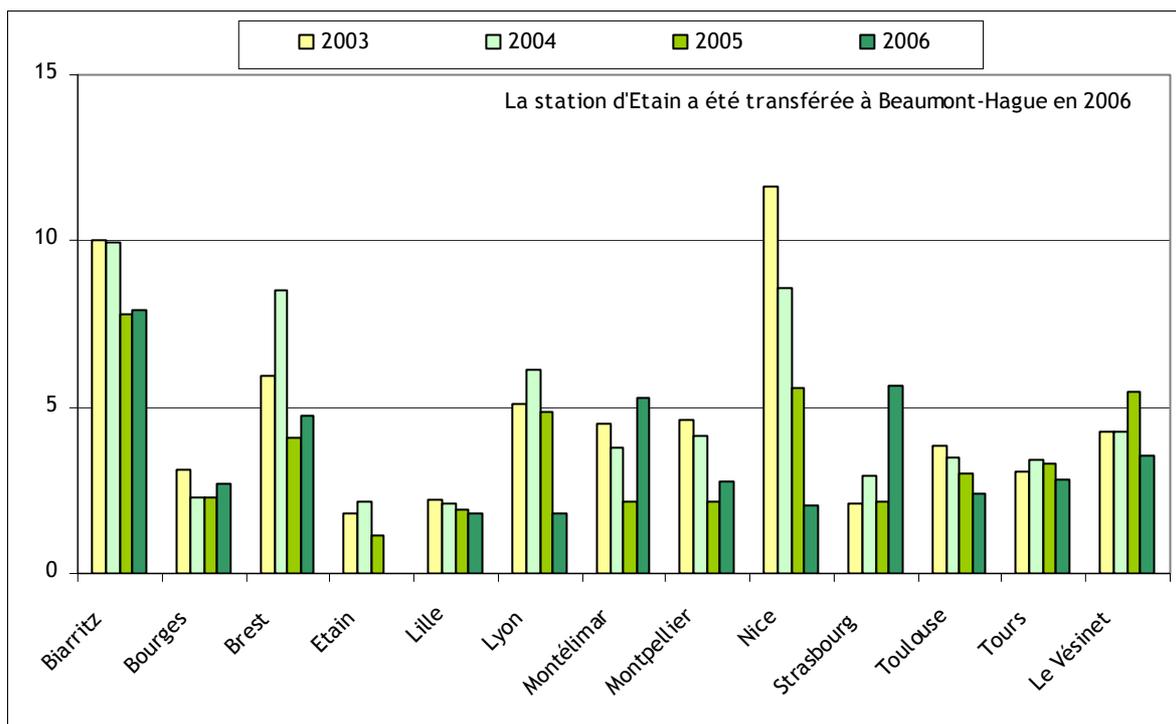
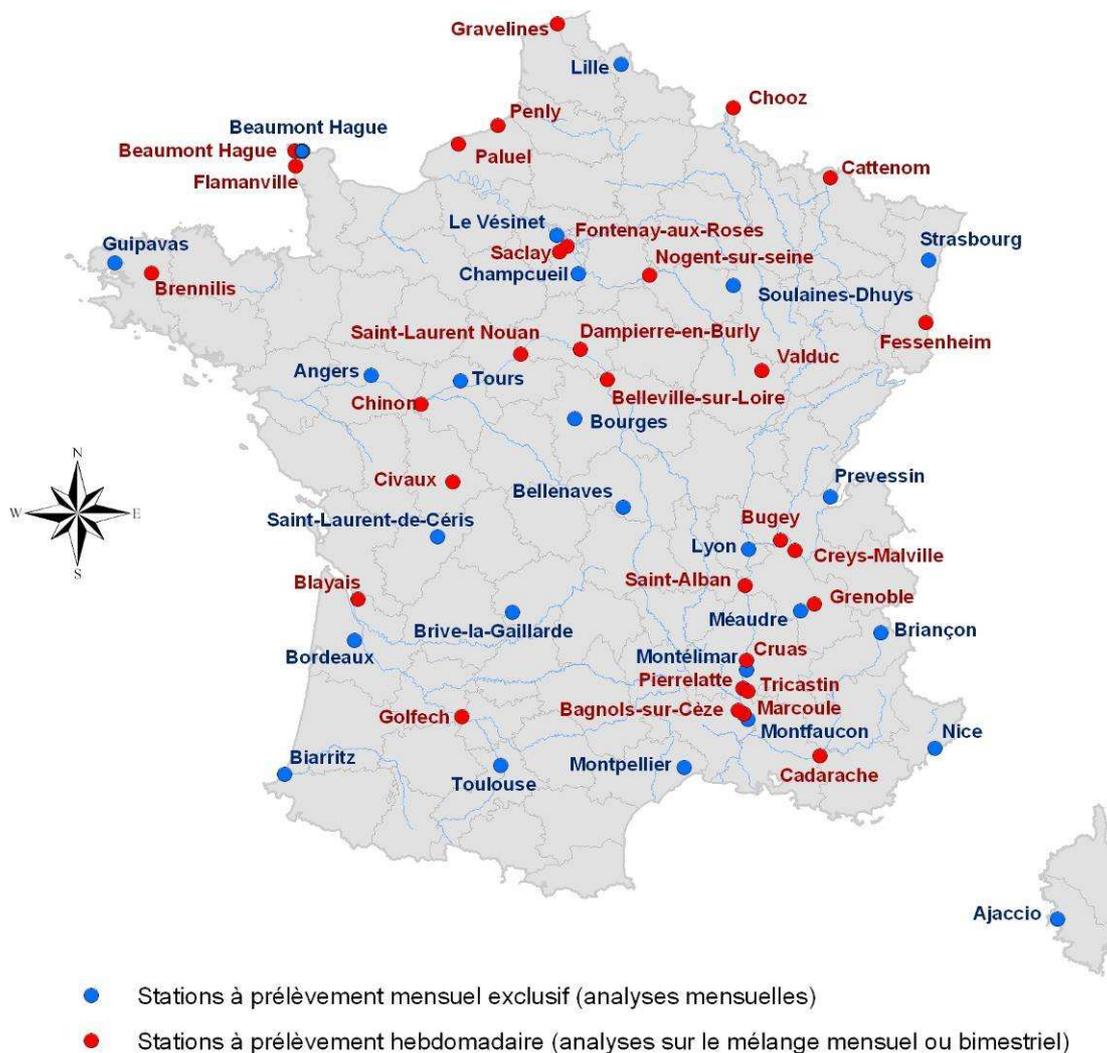


Figure 80 : Valeurs moyennes annuelles du rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ mesuré par les stations SARA en 2003, 2004, 2005 et 2006.

IX.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.



Stations de prélèvement dans les DOM-TOM :

- Saint-Pierre-et-Miquelon
- Pointe-à-Pitre (Guadeloupe)
- Fort-de-France (Martinique)

Carte 24 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie

IX.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 VI et VII. Pour les prélèvements d'eau de pluie réalisés sur des sites hors influence des installations nucléaires, les analyses réalisées en 2006 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 228 analyses de béryllium 7, 137 résultats étaient significatifs.

Tableau 124 : Résultats d'analyses des eaux de pluies collectées en 2006 sur des sites hors influence des INB

			Min. mensuel	Max. mensuel
Eau brute	⁷ Be	Bq/l	0,37 ± 0,21	4,20 ± 0,55
	⁷ Be	GBq/km ²	0,010 ± 0,004	0,31 ± 0,11

Pour l'ensemble des radionucléides hors tritium, 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.

IX.2. LE MILIEU CONTINENTAL

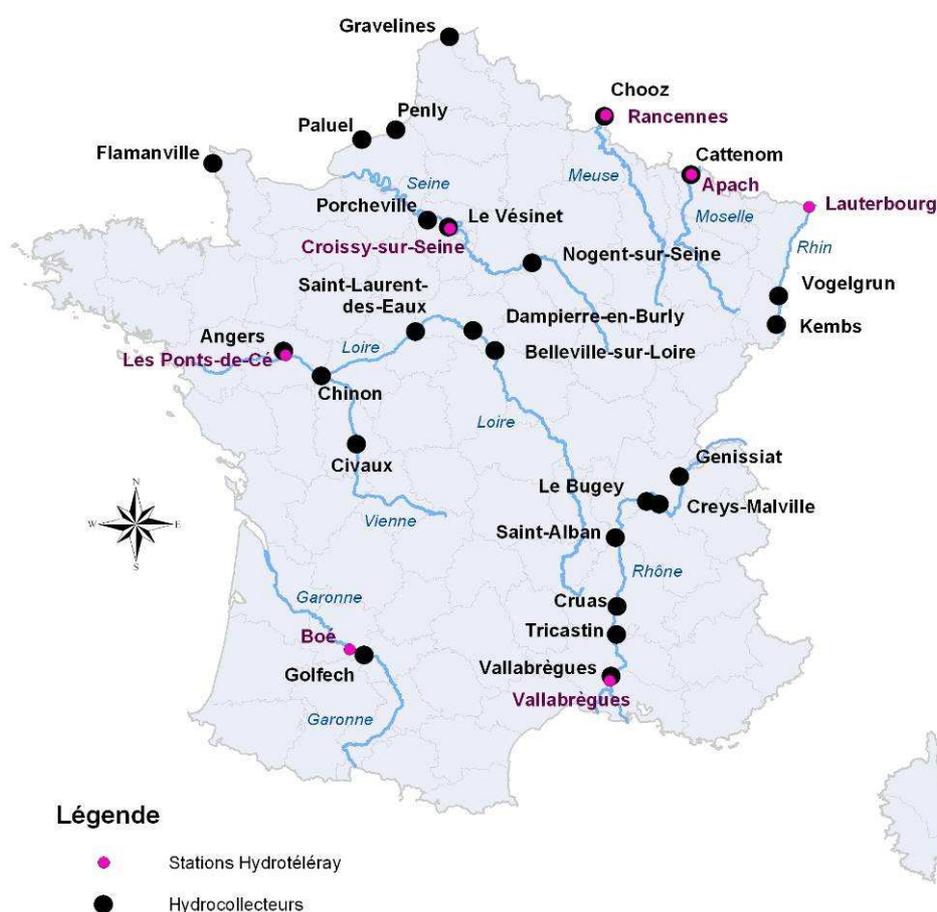
IX.2.1 LES COURS D'EAU (FLEUVES ET RIVIERES)

Dans le cadre de la surveillance des rivières et des fleuves, l'IRSN effectue des prélèvements complémentaires de ceux réalisés en amont et en aval de chaque installation nucléaire. Cette surveillance est complétée par un dispositif automatisé qui assure une mesure en continu : le réseau Hydrotéléray.

IX.2.1.1 PRESENTATION DES RESEAUX DE SURVEILLANCE DES RIVIERES ET DES FLEUVES

IX.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 boues de décantation sont également réalisés. Cette surveillance est complétée par des prélèvements de sédiments et de poissons.



Carte 25 : Implantation des stations Hydrotéléray et des hydrocollecteurs

IX.2.1.1.2. Le réseau Hydrotéléray

Depuis 1993, le réseau Hydrotéléray permet la surveillance radiologique des eaux de surface continentales avant leur sortie du territoire français. Sept fleuves font à l'heure actuelle l'objet d'une surveillance en continu en aval de toute installation nucléaire. Cette surveillance est assurée à :

- Ponts-de-Cé sur la Loire ;
- Croissy-sur-Seine sur la Seine ;
- Vallabrègues sur le Rhône ;
- Lauterbourg sur le Rhin ;
- Rancennes sur la Meuse ;
- Boé sur la Garonne ;
- Apach sur la Moselle.

L'eau du fleuve est pompée pour alimenter une cuve de 25 litres blindée de plomb afin de limiter l'influence des rayonnements gamma naturels d'origine tellurique et cosmique (Figure 81). 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 Vésinet *via* un modem.



Figure 81 : 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).

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 2006, aucune augmentation anormale d'activité n'a été détectée dans les eaux analysées par l'ensemble des stations du réseau (Tableau 125).

Tableau 125 : Résultats des mesures obtenues par les stations du réseau Hydrotéléray en 2006 (cumul des spectres de deux heures).

Résultats des mesures obtenues par les stations du réseau Hydrotéléray en 2006 (cumul annuel des spectres bruts de deux heures).											
			Boé (Garonne)			Ponts de Cé (Loire)			Apach (Moselle)		
			Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD
	Comptage gamma global	Coups/s	6,61	0,000919	-----	9,61	0,00111	-----	12,1	0,0018	-----
Radionucléides naturels	Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	0,0178	-----	-----	0,0202	-----	-----	0,0325
	Plomb 214	Bq/l	-----	-----	0,0215	-----	-----	0,0244	0,781	0,0251	0,0411
Radionucléides artificiels	Iode 131	Bq/l	-----	-----	0,0101	-----	-----	0,0107	-----	-----	0,0186
	Césium 137	Bq/l	-----	-----	0,0101	-----	-----	0,0116	-----	-----	0,0182
	Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	0,0262	-----	-----	0,0284	-----	-----	0,0417
			Croissy-sur-Seine (Seine)			Lauterbourg (Rhin)			Vallabrègues (Rhône)		
	Comptage gamma global	Coups/s	Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD	Activité	Incertitude	AMD
			9,72	0,00121	-----	11,6	0,00147	-----	8,91	0,00114	-----
Radionucléides naturels	Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	0,0221	-----	-----	0,0271	-----	-----	0,0206
	Plomb 214	Bq/l	-----	-----	0,0264	-----	-----	0,0320	-----	-----	0,0249
Radionucléides artificiels	Iode 131	Bq/l	-----	-----	0,0120	-----	-----	0,0146	-----	-----	0,0111
	Césium 137	Bq/l	-----	-----	0,0126	-----	-----	0,0156	-----	-----	0,0118
	Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	0,0309	-----	-----	0,0388	-----	-----	0,0300
			Rancennes (Meuse)								
	Comptage gamma global	Coups/s	Activité	Incertitude	AMD						
			9,54	0,00109	-----						
Radionucléides naturels	Bismuth 214	Bq/l	-----	-----	0,0195						
	Plomb 214	Bq/l	-----	-----	0,0234						
Radionucléides artificiels	Iode 131	Bq/l	-----	-----	0,0107						
	Césium 137	Bq/l	-----	-----	0,0110						
	Cobalt 60	Bq/l	-----	-----	0,0274						

AMD : activité minimale décelable

IX.2.1.2 GARONNE

La surveillance de ce fleuve était assurée jusqu'à fin 2005 à partir de la station d'Ambès où était implanté un hydrocollecteur automatisé. Début 2006, la fermeture de l'estacade de l'usine d'Ambès a contraint l'IRSN à retirer son hydrocollecteur.

Un prélèvement annuel de poissons est effectué dans la Garonne en aval de la station de Ginestous. Toutes les activités des radionucléides mesurés dans le mélange de brèmes et chevaines prélevés en juin 2006 sont restées inférieures à nos limites de détection.

IX.2.1.3 GIRONDE

La surveillance de la Gironde s'opère actuellement à partir de prélèvements de sédiments dont la fréquence est passée trimestrielle à partir de juin 2006.

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les prélèvements de sédiments effectués en 2006 dans la Gironde à Vitrezay (Figure 82).

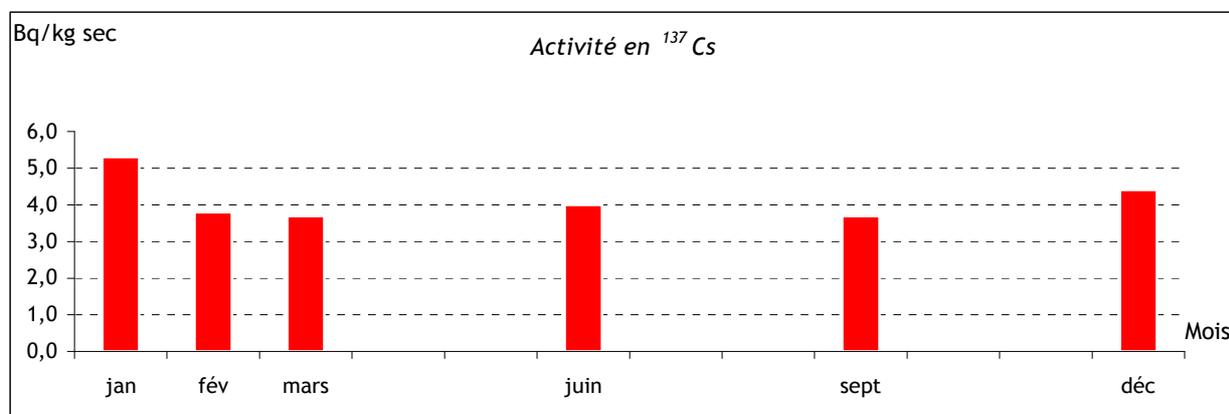


Figure 82 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2006 dans la Gironde à Vitrezay (SR 186)

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 à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

IX.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 chapitre VI.7.2), la surveillance de ce fleuve est assurée par un hydrocollecteur équipé d'un bac de décantation servant également 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.

IX.2.1.4.1. Eaux de surface des Ponts-de-Cé et de Nantes

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements des mois de janvier, février, mars et mai 2006.

Les six valeurs significatives en tritium (de 16 Bq/l en juin à 30 Bq/l en août) sont dues aux rejets en tritium des CNPE situés en amont sur la Loire et sur la Vienne.

Tableau 126 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire prélevées en 2006 à la station des Ponts-de-Cé (point R1 46 LOV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	< 0,045	< 0,140	-	0/40
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,13 ± 0,04	0,21 ± 0,04	0,17	7/8
	α global	Bq/l	< 0,022	0,046 ± 0,013	0,033	4/8
	³H	Bq/l	< 9,7	30,0 ± 3,3	22,0	6/8
	K	mg/l	3,6 ± 0,2	5,2 ± 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 127).

Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire prélevées en 2006 à la station de Nantes (point R 168 LO)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	¹³¹I	Bq/l	< 0,20	< 0,49	-	0/4
	β global	Bq/l	0,18 ± 0,04	0,37 ± 0,05	0,25	4/4
	K	mg/l	4,3 ± 0,2	10,0 ± 0,5	6,5	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.2.1.4.2. Boues de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans les 11 mélanges mensuels de boues de décantation de la Loire prélevées au niveau de l'hydrocollecteur situé aux Ponts-de-Cé (Figure 83).

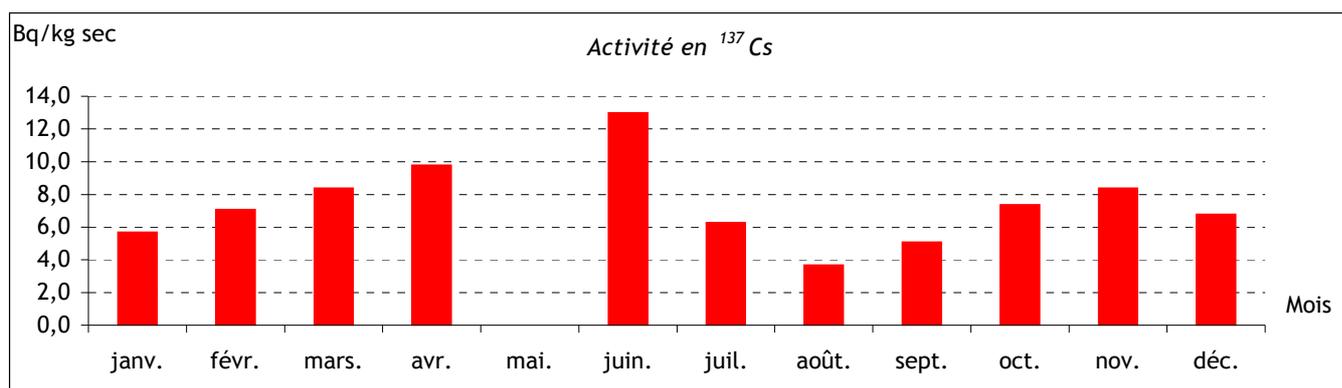


Figure 83 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation de la Loire aux Ponts-de-Cé (SD 46 LOV)

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 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 2006.

IX.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 § VI.7.5.2).

IX.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 § VI.7.6.2.

IX.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, Cruas et Tricastin. Ces résultats sont disponibles au chapitre VI.7.3.

Des prélèvements d'eau et de boue de décantation sont réalisés en amont des installations au barrage de Génissiat (Ain) et en aval au barrage de Vallabrègues (Gard).

IX.2.1.7.1. Station de Génissiat

IX.2.1.7.1.1. Eaux de surface

Douze prélèvements d'eau de surface ont été effectués en 2006 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 ($0,66 \pm 0,13 \mu\text{g/l}$), explique l'activité alpha globale mesurée (Tableau 128).

Tableau 128 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône prélevées en 2006 à la station de Génissiat (point R1 139 RO)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	< 0,040	< 0,110	-	0/60
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,14 ± 0,04	-	3/12
	α global	Bq/l	0,030 ± 0,008	0,051 ± 0,013	0,040	12/12
	³H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/12
	K	mg/l	1,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,0	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.2.1.7.1.2. Boue de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées pour les 10 mélanges mensuels de boue de décantation analysés en 2006 (Figure 84).

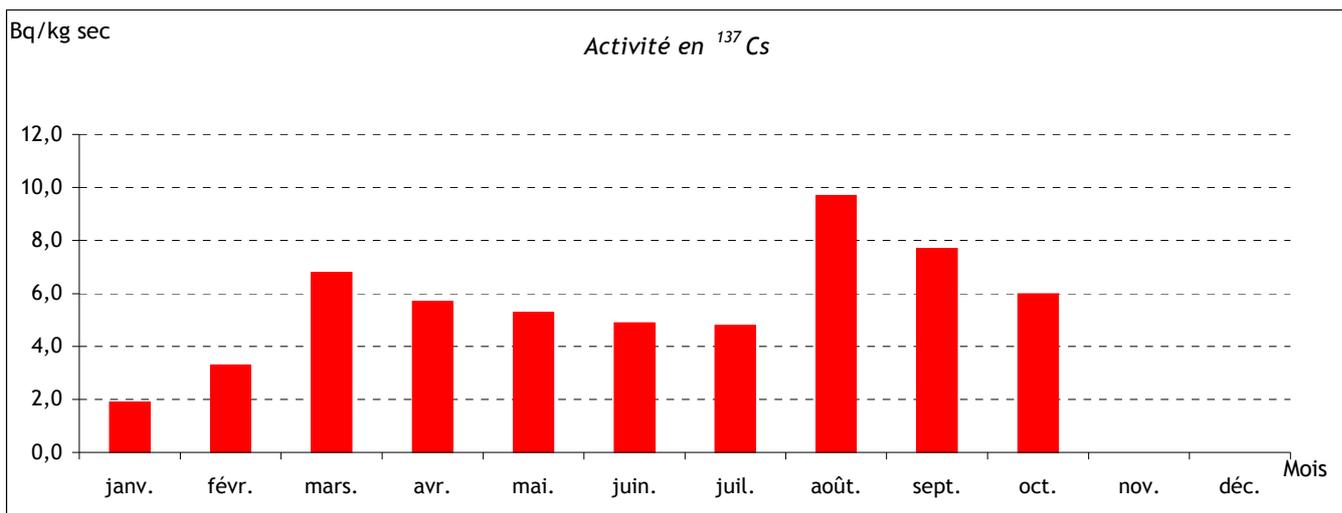


Figure 84 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Rhône à la station de Génissiat (point SD 139 RO)

Cette activité, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique 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 en 2006.

IX.2.1.7.2. Station de Vallabrègues

IX.2.1.7.2.1. Eaux de surface

Un problème technique sur l'hydrocollecteur a rendu impossible les prélèvements courant 2006. 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 129).

Tableau 129 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône prélevées en 2006 à la station de Vallabrègues (point R1 135 RO)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	< 0,13	< 1,4	-	0/55
	⁹⁰ Sr	Bq/l	< 0,026	< 0,076	-	1/12
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,15 ± 0,04	-	1/12
	α global	Bq/l	< 0,024	0,046 ± 0,013	-	4/12
	³ H	Bq/l	< 9,0	21,0 ± 3,4	-	5/12
	K	mg/l	2,0 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,2	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.2.1.7.2.2. Boue de décantation

Des traces de césium 137 et de cobalt 60 ont été détectées dans tous les mélanges mensuels des boues de décantation recueillies à Vallabrègues (Figure 85).

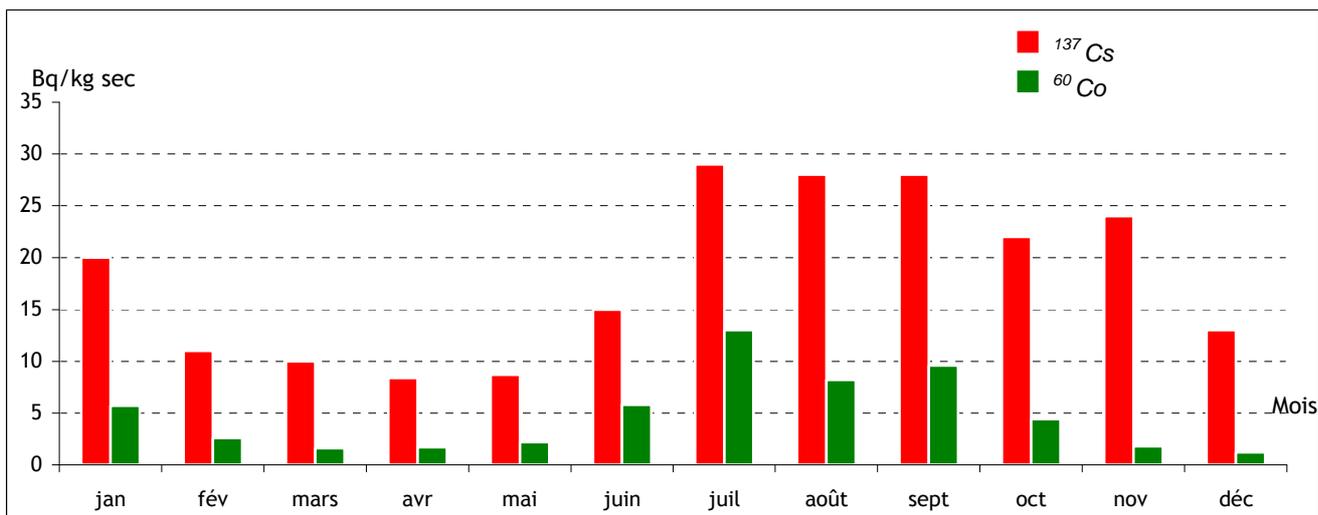


Figure 85 : Activités en ⁶⁰Co et en ¹³⁷Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)

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 les 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 manganèse 54, de plutonium 238, de plutonium 239+240 et d'américium 241 ont été relevées pour certains des mélanges mensuels analysés (Tableau 130).

Tableau 130 : Résultats d'analyse des boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Boues de décantation	⁵⁴ Mn	Bq/kg sec	0,93 ± 0,49	12 ± 3	6,6	7/12
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	0,34 ± 0,10	0,55 ± 0,17	-	2/12
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,16 ± 0,06	1,9 ± 0,3	0,51	9/12
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,43 ± 0,14	0,70 ± 0,18	-	4/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Le manganèse 54 décelé est un produit d'activation présent dans les rejets liquides des INB situées sur le Rhône.

Les activités en plutonium 238, plutonium 239+240 et américium 241, 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 à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

IX.2.1.8 RHIN

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir des 2 hydrocollecteurs de surveillance en amont et en aval du CNPE de Fessenheim. Ces résultats sont disponibles au § VI.7.7.3.

En complément, 2 prélèvements de sédiments du Rhin sont réalisés en aval du barrage de Gamsheim. Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans les 2 prélèvements (valeur maximale de 10 ± 1 Bq/kg sec pour celui de janvier). Ces activités 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 à nos limites de détection pour les 2 prélèvements analysés en 2006.

IX.2.1.9 SEINE

La surveillance de ce fleuve est assurée à partir de la station en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (résultats disponibles au § VI.7.4.2) et par des prélèvements semi-automatisés d'eaux de surface et de boues de décantation à Croissy-sur-Seine et Porcheville (Yvelines). Le dispositif Hydrotéléray de Croissy-sur-Seine et des prélèvements ponctuels à Conflans-Saint-Honorine complètent cet ensemble.

IX.2.1.9.1. Station de Croissy-sur-Seine

IX.2.1.9.1.1. Eau de surface

Les analyses réalisées sur les 12 prélèvements 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 131 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à la station de Croissy-sur-Seine (point R1 15 SE)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (^{58}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,051	< 0,190	-	0/36
	^{90}Sr	Bq/l	< 0,004	< 0,076	-	0/12
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	$0,16 \pm 0,04$	0,14	6/12
	α global	Bq/l	< 0,029	< 0,032	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 9,5	$19,0 \pm 3,2$	15,5	6/12
	K	mg/l	$2,9 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,2$	3,8	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.2.1.9.1.2. Boue de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans tous les mélanges mensuels des boues de décantation de la Seine (Figure 86).

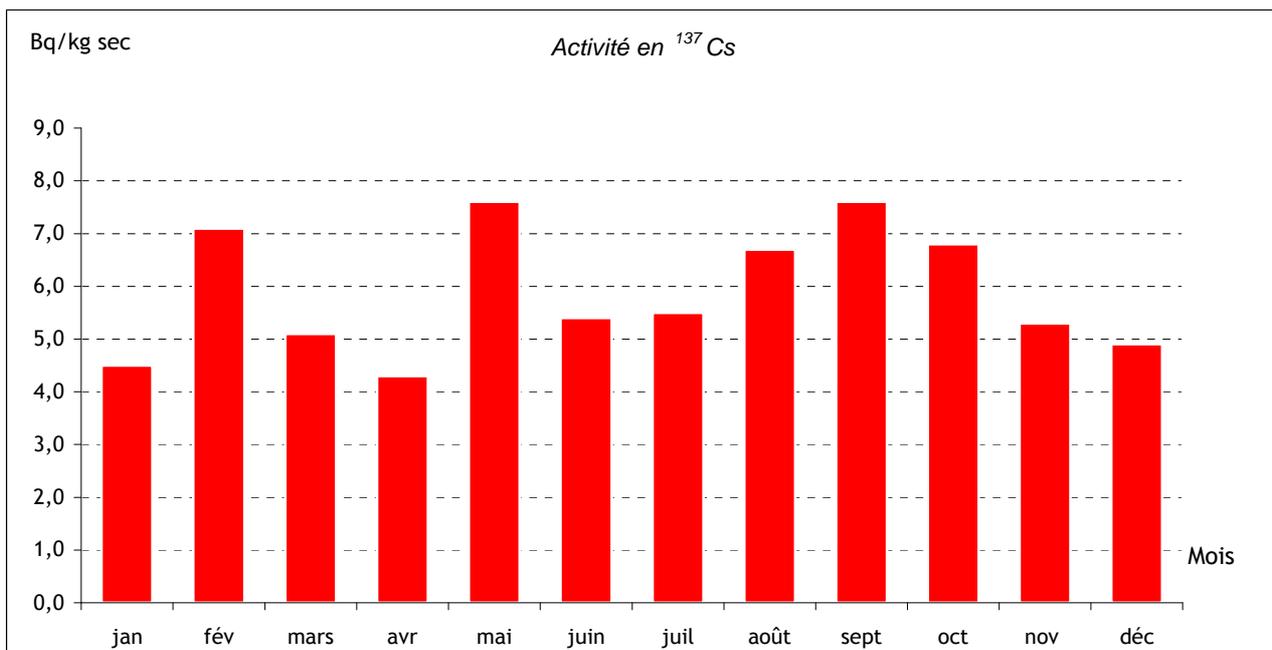


Figure 86 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 à Croissy sur Seine (SD 15 SE)

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 l'incidence des rejets liquides du CNPE de Nogent-sur-Seine.

Des traces d'iode, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 5 des 12 mélanges analysés (valeur maximale de 51 ± 23 Bq/kg sec pour celui du mois de juin). Elles sont imputables aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

IX.2.1.9.2. Station de Porcheville

IX.2.1.9.2.1. Eaux de surface

Douze prélèvements ont été réalisés en 2006.

Tableau 132 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à la station de Porcheville (point R1 190 SE)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	< 0,046	< 0,260	-	0/30
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	$0,20 \pm 0,04$	0,18	9/12
	α global	Bq/l	< 0,026	< 0,035	-	0/4
	³H	Bq/l	< 9,2	$15,0 \pm 2,9$	-	5/12
	K	mg/l	$3,5 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,3$	5,0	12/12

* 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 s'explique par la contribution de l'isotope naturel de masse 40 du potassium (Tableau 132).

IX.2.1.9.2.2. Boue de décantation

Des traces de césium 137, radionucléide artificiel, ont été décelées dans 11 des mélanges mensuels de boues de décantation de la Seine analysés en 2006 (Figure 87).

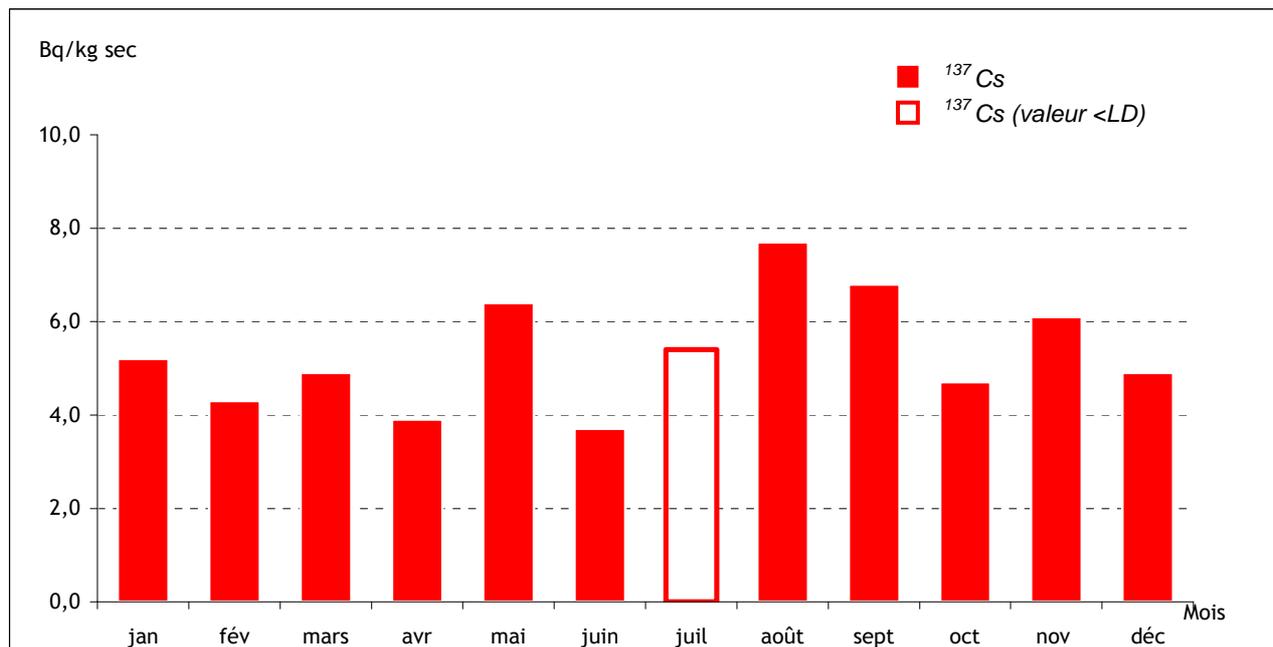


Figure 87 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 à Porcheville (SD 190 SE)

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.

Des traces d'iode, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 8 des 12 mélanges analysés. Elles sont imputables aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne.

Tableau 133 : Activité en ¹³¹I mesurée dans les boues de décantation de la Seine à la station de Porcheville (SD 190 SE)

			Min.	Max.	Moyenne
Boues de décantation	¹³¹ I	Bq/kg sec	23 ± 9	270 ± 50	120

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2006.

IX.2.1.9.3. Station de Conflans-Sainte-Honorine

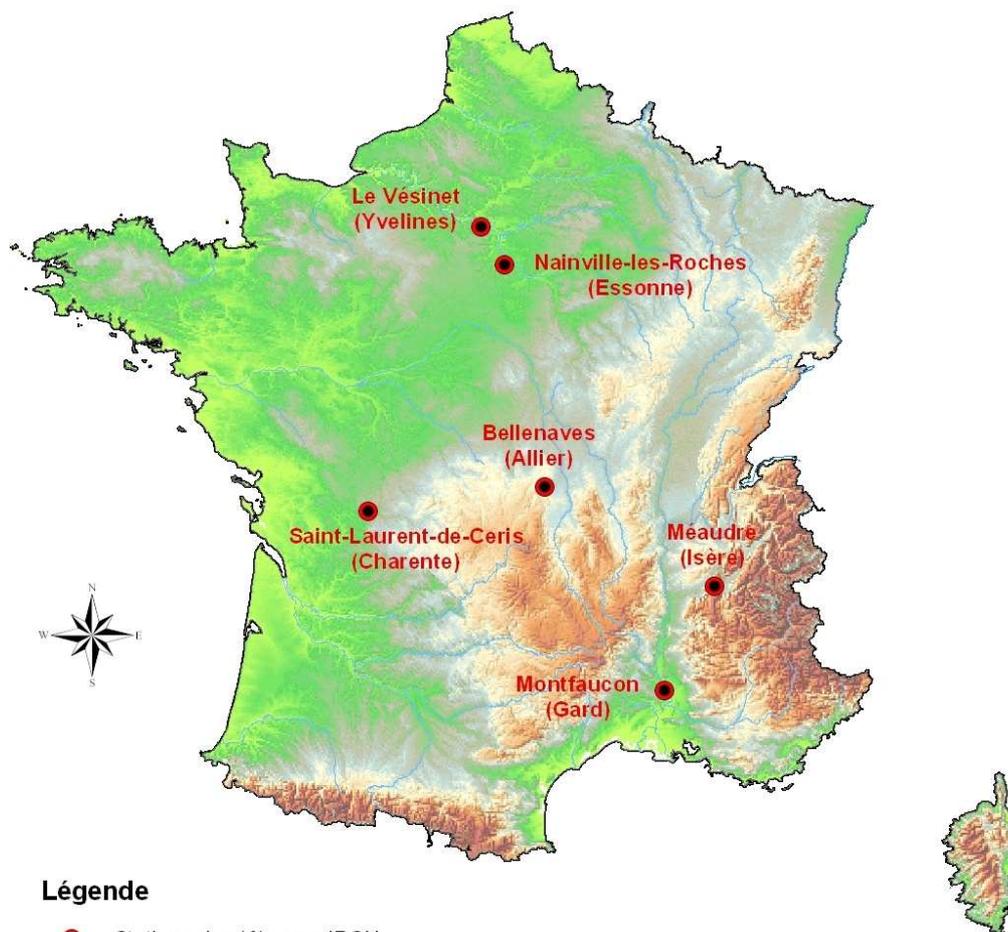
Les analyses réalisées sur les 52 prélèvements instantanés d'eau de surface ne mettent pas en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection. La radioactivité bêta globale, systématiquement significative, s'explique par la contribution de l'isotope naturel du potassium (Tableau 134).

Tableau 134 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à Conflans-Sainte-Honorine (point R1 621 SE)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Émetteurs gamma (¹³¹ I)	Bq/l	< 0,15	< 0,35	-	1/51
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,27 ± 0,05	0,18	48/51
	K	mg/l	3,3 ± 0,2	7,4 ± 0,4	5,3	51/51

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.2.2 LES STATIONS DE SUIVI CONTINENTAL TERRESTRE



Code site	Nom	Dpt	Mise en service
BEL	Bellenaves	3	septembre 1961
MEA	Méaudre	38	septembre 1961
MON	Montfaucon	30	décembre 1976
NLR	Nainville-les-Roches	91	décembre 1963
SLC	Saint-Laurent-de-Ceris	16	octobre 1988
VES	Le Vésinet	78	juillet 1963

Carte 26 : 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-Ceris et sur le site IRSN du Vésinet selon un cahier des charges spécifique à chaque station.

IX.2.2.1 SOLS

Des prélèvements trimestriels de sol sont réalisés au niveau des 6 stations. La présence de radionucléides artificiels a été décelée dans tous les prélèvements analysés.

Tableau 135 : Résultats d'analyse des sols en 2006 (stations de suivi continental)

			Méandre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris	Le Vésinet	
Sols	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	Min.	10 ± 1	9 ± 1	4 ± 1	13 ± 2	14 ± 2	6 ± 1
			Max.	29 ± 3	18 ± 2	5 ± 1	14 ± 2	20 ± 2	8 ± 1
			Moy.	20	12	4	13	16	7
	²¹⁴ Bi	Bq/kg sec	Min.	31 ± 3	32 ± 4	15 ± 2	47 ± 5	46 ± 5	16 ± 2
			Max.	43 ± 5	37 ± 4	17 ± 2	53 ± 6	54 ± 6	19 ± 2
			Moy.	37	36	16	49	51	18
	²²⁸ Ra	Bq/kg sec	Min.	25 ± 3	33 ± 4	20 ± 3	69 ± 8	54 ± 6	16 ± 2
			Max.	36 ± 4	44 ± 5	22 ± 3	78 ± 9	58 ± 7	23 ± 3
			Moy.	31	40	21	73	56	20

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

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 quatre d'entre eux (Tableau 136).

Tableau 136 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr dans les sols (stations de suivi continental)

			Méandre	Montfaucon	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris
Sols	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	2,1 ± 0,3	0,9 ± 0,2	2,1 ± 0,3	10 ± 1

Pour les stations de Nainville-les-Roches et du Vésinet, les activités observées sont restées inférieures à nos limites de détection. Ces activités s'expliquent essentiellement par les retombées des essais nucléaires atmosphériques passés.

IX.2.2.2 VEGETAUX TERRESTRES

Pour les 6 stations, 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 137).

Tableau 137 : Résultats d'analyse en ^{137}Cs dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)

			Méaudre	Bellenaves
			septembre	novembre
Végétaux	^{137}Cs	Bq/kg sec	1,5 ± 0,6	3,7 ± 1,5

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 10 prélèvements de la station de Saint-Laurent-de-Céris (Tableau 138).

Tableau 138 : Résultats d'analyse en ^7Be dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)

				Méaudre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris	Le Vésinet
Végétaux	^7Be	Bq/kg sec	Min.	100 ± 10	19 ± 6	56 ± 9	68 ± 22	16 ± 6	40 ± 8
			Max.	280 ± 30	270 ± 30	430 ± 50	390 ± 45	160 ± 20	260 ± 30
			Moy.	200	130	260	160	70	120
			*	6/6	9/9	12/12	9/9	7/10	11/11

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements analysés en 2006.

Des analyses complémentaires effectuées 2 fois par an (mai et octobre pour 5 des 6 stations, et juin et octobre pour Méaudre) ont révélé des activités significatives en strontium 90 (Tableau 139).

Tableau 139 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr des végétaux terrestres (stations de suivi continental)

			Méaudre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris	Le Vésinet
Végétaux	^{90}Sr	Bq/kg sec	1,7 ± 0,2	5,4 ± 0,6	1,8 ± 0,2	1,5 ± 0,2	4,6 ± 0,7	0,7 ± 0,1

N.b. : Valeurs maximales

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.

IX.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 analysés, les activités en césium 134 et en césium 137, radionucléides artificiels, sont restées inférieures à nos 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 2 des 4 mélanges de la station de Montfaucon et 3 des 4 mélanges de la station de Bellenaves (Tableau 140).

Tableau 140 : Résultats d'analyse en ⁹⁰Sr des laits des stations de Montfaucon et Bellenaves

			Montfaucon	Bellenaves	
Laits	⁹⁰ Sr	Bq/l	Min.	0,059 ± 0,011	0,082 ± 0,011
			Max.	0,062 ± 0,010	0,10 ± 0,01
			Moy.	0,061	0,092
			*	2/4	3/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Des traces de strontium 90 ont également été relevées pour :

- la station de Nainville-les-Roches pour le mélange de mars : 0,046 ± 0,008 Bq/l,
- la station de Saint-Laurent-de-Céris pour le mélange de septembre : 0,045 ± 0,009 Bq/l.

Pour la station du Vésinet, l'activité en strontium 90 est restée inférieure à nos limites de détection pour les 4 mélanges concernés.

IX.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 141).

Tableau 141 : Résultats d'analyse de ⁹⁰Sr des os de lapin (stations de suivi continental)

		Méaudre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris	
Os de lapin	⁹⁰ Sr	Bq/g de cendres	0,020 ± 0,002	0,012 ± 0,002	0,021 ± 0,002	0,015 ± 0,002	0,027 ± 0,003
		Bq/g de calcium	0,064	0,033	0,053	0,042	0,083

IX.2.2.5 LES STATIONS DE SUIVI D'OUTRE-MER

Des prélèvements de végétaux terrestres (herbe) sont effectués chaque mois (sauf en cas d'absence de végétation) 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 3 des 10 prélèvements provenant de la Martinique, ainsi que dans 5 des 11 prélèvements provenant de la Guadeloupe (Tableau 142).

Tableau 142 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer

				Martinique	Guadeloupe
Végétaux	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	Min.	3,4 ± 1,9	1,6 ± 0,5
			Max.	8,2 ± 2,8	14 ± 2

La présence de béryllium 7 a été mise en évidence dans tous les prélèvements analysés pour les 2 stations (Tableau 143).

Tableau 143 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer

				Martinique	Guadeloupe
Végétaux	⁷ Be	Bq/kg sec	Min.	49 ± 15	63 ± 11
			Max.	190 ± 40	260 ± 30
			Moy.	110	150

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les prélèvements mensuels effectués en 2006.

Des analyses complémentaires en strontium 90 ont été réalisées en mai et octobre. Des traces de ce radioélément artificiel ont été relevées pour les 2 stations en octobre (1,8 ± 0,3 Bq/kg sec pour la Martinique et 0,57 ± 0,11 Bq/kg sec pour La Guadeloupe).

IX.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 Viguerat, 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 analysés.

IX.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 2006 (Tableau 144).

Tableau 144 : Résultats des analyses en ²³⁴U et ²³⁸U réalisées sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)

			Mas Les Roseaux de Beaujeu à Arles	Domaine du Viguier à Arles	Domaine de la Grande Porcelette au Mas Thibert
Terre	²³⁴ U	Bq/kg sec	11 ± 2	17 ± 3	12 ± 2
	²³⁸ U	Bq/kg sec	11 ± 2	17 ± 3	12 ± 2

Des traces de strontium 90, radionucléide artificiel, ont été relevées dans l'un de ces prélèvements (Tableau 145).

Tableau 145 : Résultats des analyses en ^{90}Sr réalisées sur des prélèvements de terre de rizière (Camargue)

			Mas Les Roseaux de Beaujeu à Arles
Terre	^{90}Sr	Bq/kg sec	$0,98 \pm 0,17$

Les activités en plutonium 238, plutonium 239+240 et américium 241, autres radionucléides artificiels mesurés, sont restées inférieures à nos limites de détection.

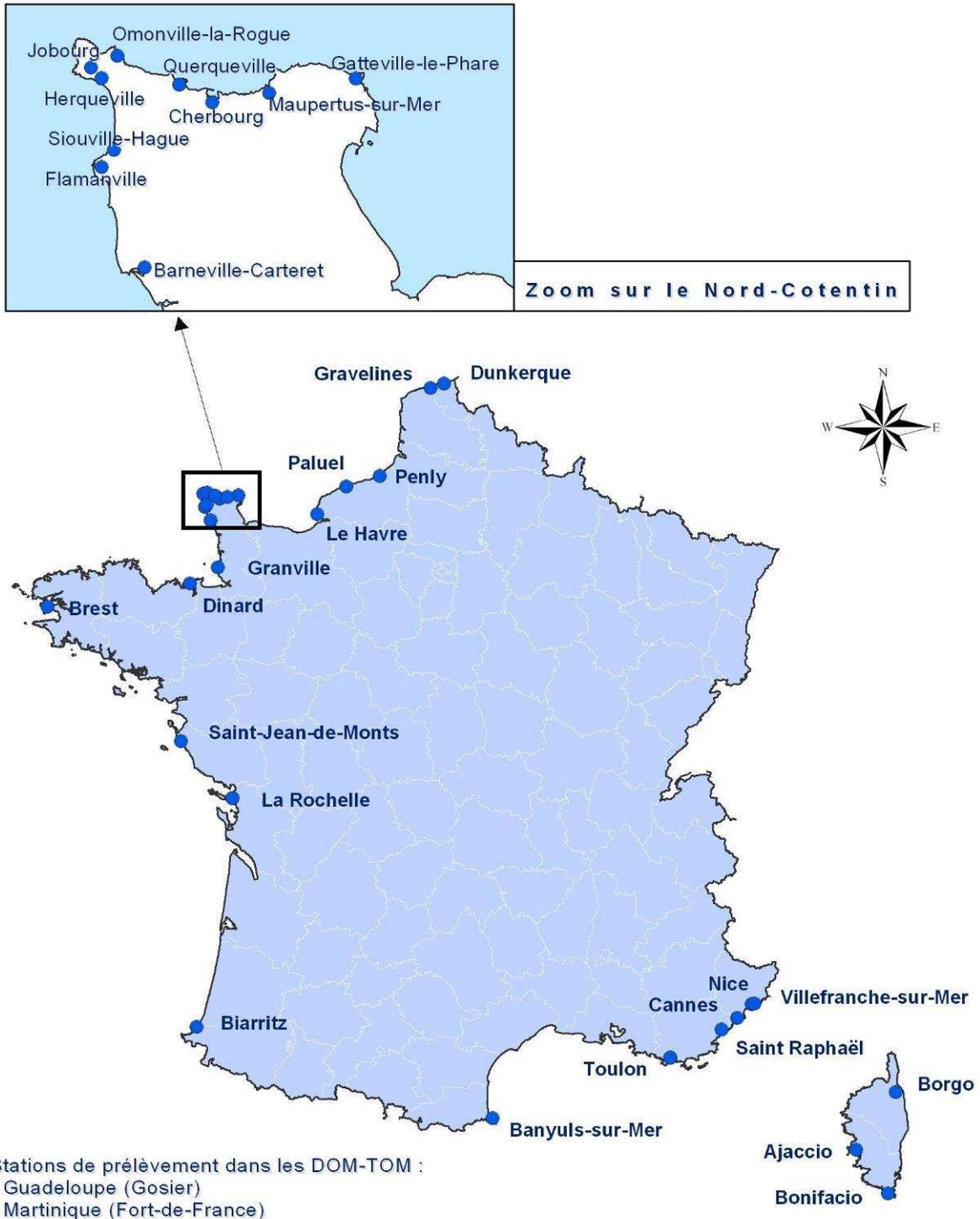
IX.2.3.2 RIZ PADDY

Pour l'échantillon de riz paddy provenant de Sud Céréales à Arles, les activités en strontium 90, plutonium 238, plutonium 239+240 et américium 241, radionucléides artificiels mesurés, sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

IX.3. LE LITTORAL

IX.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 hydrocollecteur. En 2006, aucune activité anormale ou artificielle n'a été mise en évidence au-dessus des limites de détection.



Carte 27 : Implantation des points de prélèvements d'eau de mer

IX.3.1.1 MER DU NORD ET MANCHE

En complément de la surveillance radiologique effectuée autour des installations nucléaires de Gravelines, Paluel, Penly, La Hague et Flamanville (consulter les données aux chapitres VI.7.8 et VI.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. 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 146).

Tableau 146 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral Manche et Mer du Nord

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs)	Bq/l	< 0,024	< 0,037	-	0/16
	³ H	Bq/l	< 9	< 12	-	0/8
	K	mg/l	350 ± 18	410 ± 21	378	8/8

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.3.1.2 OCEAN ATLANTIQUE

IX.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 147).

Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral atlantique

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs)	Bq/l	< 0,023	< 0,033	-	0/12
	³ H	Bq/l	< 9	< 9	-	0/6
	K	mg/l	370 ± 19	410 ± 21	345	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.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 148).

Tableau 148 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 en Atlantique dans les Antilles

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs)	Bq/l	< 0,023	< 0,032	-	0/8
	³ H	Bq/l	< 9	< 9	-	0/4
	K	mg/l	370 ± 19	410 ± 21	398	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.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 149).

Tableau 149 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral méditerranéen

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,024	< 0,034	-	0/32
	^3H	Bq/l	< 9	< 11	-	1/16
	K	mg/l	390 ± 20	450 ± 23	440	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 le césium 137, le cobalt 60 et le tritium. Les analyses mensuelles réalisées en 2006 sur les échantillons provenant du site de Bonifacio, lieu le plus proche de la Sardaigne, ne révèlent aucune présence mesurable de radioactivité artificielle.

IX.4. LES CONSTITUANTS DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

IX.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 28).

IX.4.1.1 LAITS PRÉLEVÉS À PROXIMITÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

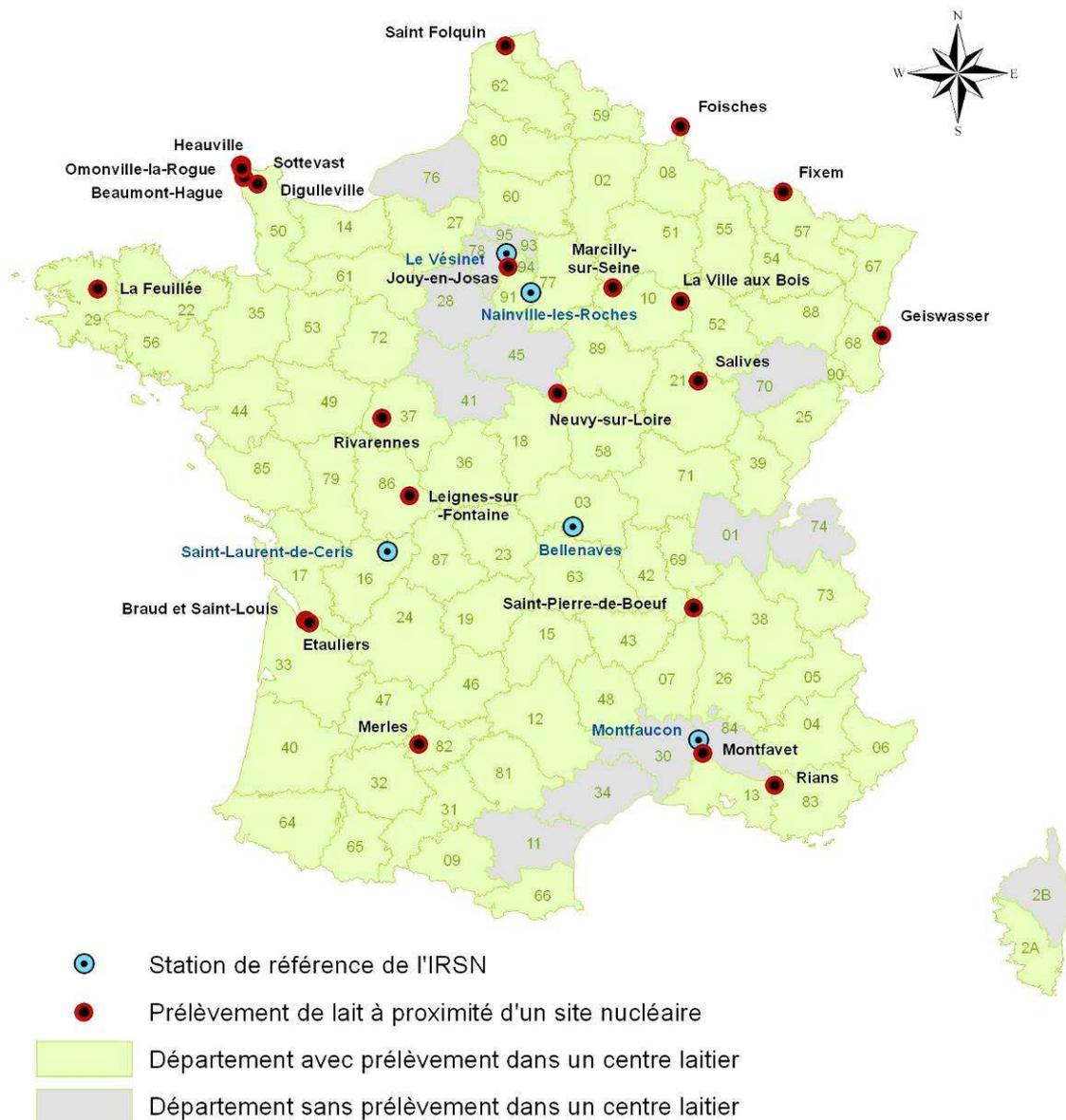
Les données relatives à la surveillance des laits prélevés à proximité des installations nucléaires sont présentées dans le chapitre du présent document où est traitée l'installation concernée.

IX.4.1.2 LAITS « DÉPARTEMENTAUX »

Pour 58 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 ($0,22 \pm 0,09$ Bq/l en juillet et $0,31 \pm 0,10$ Bq/l en octobre), ainsi que dans un prélèvement de lait provenant des Pyrénées-Orientales ($0,13 \pm 0,08$ Bq/l en mai).

Pour tous les autres échantillons de laits analysés, les activités en césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection.



Carte 28 : Implantation des stations de prélèvements de lait

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.

Des traces de césium 137, radioélément artificiel, ont été relevées pour le prélèvement de lait provenant de la Martinique effectué en mai : $0,23 \pm 0,09$ Bq/l.

Les activités en strontium 90 (méthode Sr+TR), iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures à nos limites de détection pour tous les autres prélèvements analysés en 2006.

IX.4.1.3 LAITS DES STATIONS DE REFERENCE DE L'IRSN

Les données relatives à la surveillance des laits des stations de référence de l'IRSN sont présentées au paragraphe IX.2.2.3.

IX.4.2 LE BLE

Des mélanges correspondant à 11 régions ont été réalisés à partir d'échantillons de blés envoyés par les services régionaux de l'ONIC (Office National Interprofessionnel des Céréales) et provenant de 210 silos répartis sur tout le territoire français (Carte 29 : Répartition des régions de prélèvements de blé).



Carte 29 : 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 150).

Tableau 150 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr dans les blés des régions administratives

Région	Nombre de départements	^{90}Sr (Bq/kg frais)
Nord	7	0,12 ± 0,02
Est	10	0,15 ± 0,02
Ile de France	4	0,15 ± 0,02
Centre	6	0,18 ± 0,02
Ouest	12	0,25 ± 0,03
Centre Est	7	0,20 ± 0,03
Massif Central	7	0,31 ± 0,04
Rhône Alpes	7	0,28 ± 0,03
Méditerranée	7	0,14 ± 0,02
Poitou Charente Aquitaine	8	0,20 ± 0,02
Midi Pyrénées	8	0,18 ± 0,02

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

IX.4.3 LA RATION ALIMENTAIRE

Chaque mois, un échantillonnage représentatif des déjeuners consommés par un salarié (aliments solides, boissons et lait) est collecté pendant 7 jours consécutifs au restaurant d'entreprise du site IRSN du Vésinet. Durant cette période, un prélèvement de lait non stérilisé est également réalisé. Les analyses sont effectuées dans les deux cas sur un mélange bimestriel de ces prélèvements.

IX.4.3.1 LAIT

Les activités relevées pour le césium 134 et le césium 137, radionucléides artificiels, sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

Des traces habituelles de strontium 90, autre radionucléide artificiel, ont été décelées pour 5 des 6 mélanges analysés (tableau 30).

Tableau 151 : Résultats d'analyse en ^{90}Sr du lait de la ration du Vésinet

			Min.	Max.	Moyenne	*
Lait	^{90}Sr	Bq/l	0,055 ± 0,009	0,068 ± 0,010	0,059	5/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

IX.4.3.2 RATION ALIMENTAIRE COMPLETE

Concernant les radionucléides artificiels, on relève :

- des traces de césium 137 dans le mélange de novembre-décembre (0,43 ± 0,17 Bq/jour),
- des traces habituelles de strontium 90 pour 2 des 6 mélanges analysés (valeur maximale de 0,085 ± 0,014 Bq/jour).

Les activités relevées pour le césium 134, autre radioélément artificiel, sont toutes restées inférieures à nos limites de détection.

La présence de carbone 14 a été mise en évidence dans tous les mélanges analysés (Tableau 152).

Tableau 152 : Résultats d'analyse en ^{14}C de la ration du Vésinet

			Min.	Max.	Moyenne
Ration	^{14}C	Bq/kg de C élémentaire	200 ± 40	300 ± 60	240

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 153).

Tableau 153 : Résultats d'analyse en ^{234}U et ^{238}U de la ration du Vésinet

			Min.	Max.	Moyenne	*
Ration	^{234}U	Bq/jour	$0,018 \pm 0,005$	$0,023 \pm 0,006$	0,021	4/6
	^{238}U		$0,015 \pm 0,005$	$0,021 \pm 0,006$	0,018	4/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

X. DIFFUSION DES DONNEES SUR INTERNET

L'IRSN diffuse sur Internet un grand nombre des résultats d'analyses réalisées dans le cadre de la surveillance radiologique qu'il exerce dans l'environnement. A ce jour, 3 types de données sont consultables à partir du portail institutionnel, à la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » et à partir du site de l'ASN.



Figure 88 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN

Ces données concernent le réseau Teleray, le réseau de surveillance radiologique du milieu aquatique (eaux de surface, sédiments et boues de décantation) et le réseau aérosol.

X.1. LE SITE TELERAY

L'ensemble des résultats de mesure du réseau Teleray est consultable à partir du site institutionnel de l'IRSN ou directement à l'adresse suivante :

http://teleray.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.

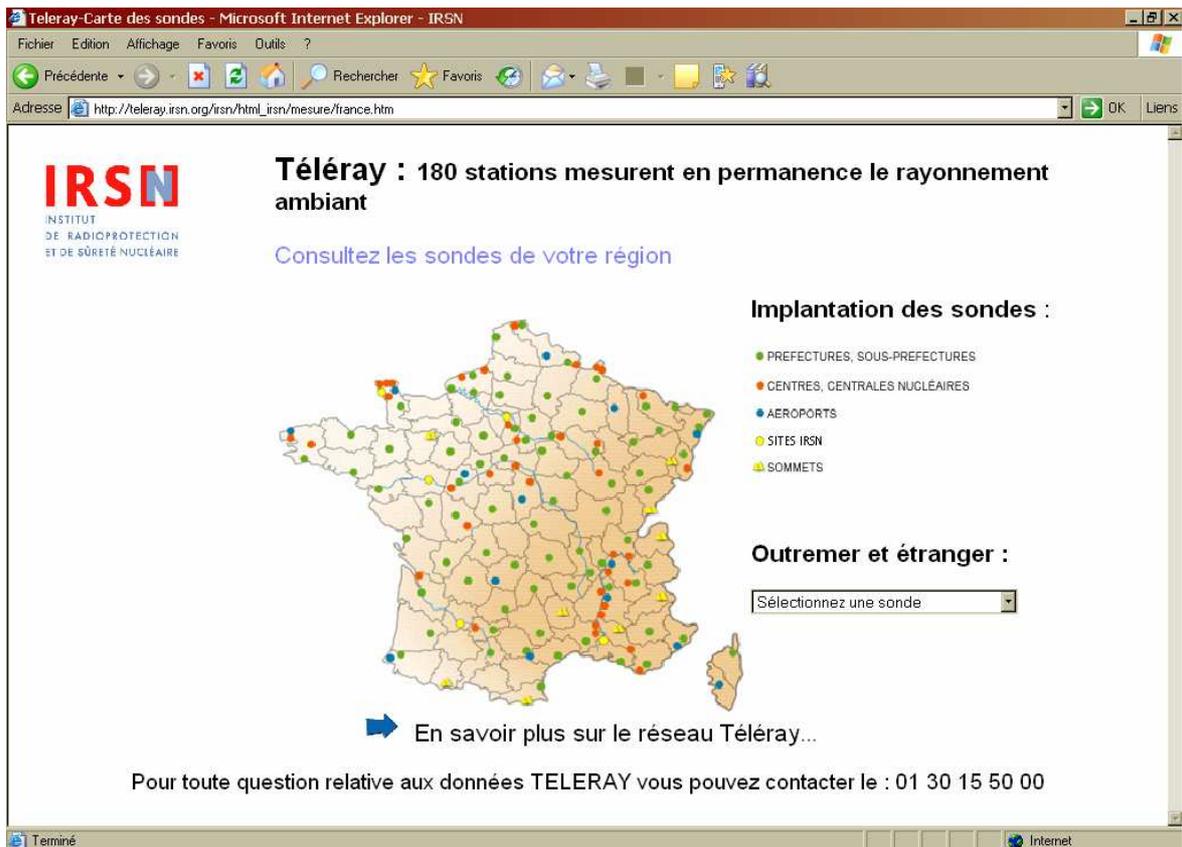


Figure 89 : Page d'accueil du site Internet T  LERAY

X.2. LE SITE EAU

Mis en ligne en 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 du milieu aquatique exerc  e par l'IRSN autour des sites nucléaires ou dans l'environnement en général.



Figure 90 : 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 analyses portent sur 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.3. LE SITE AEROSOL

Depuis le mois de septembre 2007, le site Internet Aérosol, accessible depuis le site général de l'IRSN ou directement à l'adresse <http://aerosol.irsn.org/>, permet de renseigner le grand public sur les modalités de la surveillance radiologique du compartiment atmosphérique exercée par l'IRSN autour des sites nucléaires ou dans l'environnement en général.



Figure 91 : Illustration du site Internet AEROSOL

XI. 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 l'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.

CSP : Code de la Santé Publique français.

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).

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. S'exprime en 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.

Gamma (symbole γ) : 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 d'énergie transmise à la matière par unité de masse (joule par kg) lors de l'absorption de la dose de rayonnement.

HYDROTÉLÉRAY : réseau IRSN 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 : marge d'imprécision sur la valeur de la mesure d'une grandeur physique.

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 représente 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.

Matrice : sous partie d'un compartiment (terrestre, aquatique continental ou marin). Exemple : eau de pluie, sol, productions végétales, sédiments mollusques...

ONIC : Office National Interprofessionnel des Céréales.

OPERA (Observatoire PERmanent de la RAdioactivité de l'environnement) : Réseau IRSN dont l'objectif 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.

Radioélément : élément radioactif naturel ou artificiel.

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.

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 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 : Réseau IRSN de 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 du strontium 90 et son descendant l'yttrium 90, du baryum et des terres rares.

TÉLÉRAY : réseau IRSN de mesure en continu in situ du débit de dose gamma ambiant.

TÉLÉHYDRO : réseau IRSN 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.

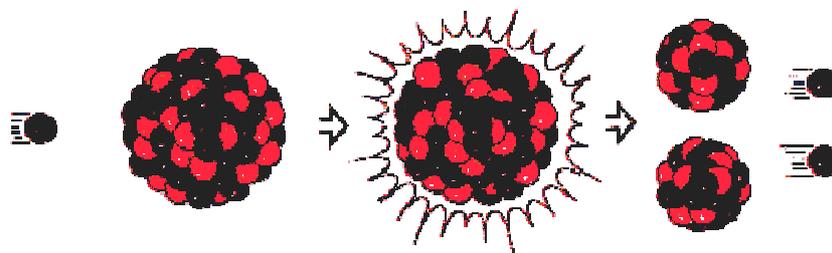
U pondéral : teneur massique en uranium dans une matrice, sans distinction de sa composition isotopique. Elle peut être mesurée ou déduite de l'activité (exprimée en Bq) de chacun des isotopes (on parle alors d' « équivalent U pondéral »)

XII. ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS

XII.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 et de neutrons 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. Le phénomène s'appelle la fission.

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.



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 (illustration ci-dessus) 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 fusion de deux atomes apparaît lorsque les noyaux de ces deux atomes sont suffisamment proches l'un de l'autre pour fusionner, c'est-à-dire pour former un unique noyau. Comme les noyaux ont une charge électrique positive, ils se repoussent mutuellement, ce qui les empêche de fusionner. Si ces atomes sont dans un milieu très chaud, ils auront des vitesses suffisamment élevées pour pouvoir fusionner avant d'être séparés par la répulsion électromagnétique. C'est pourquoi on parle de fusion thermonucléaire. Au cœur du soleil, la température est suffisamment élevée pour que des réactions de fusion nucléaire aient lieu : c'est ce qui fait briller le soleil, car ces réactions s'accompagnent de libération d'énergie. La fusion n'est pas encore utilisée pour produire de l'énergie car il est très difficile de faire un réacteur fonctionnant à la température nécessaire de plusieurs millions de degrés. Par contre, elle est utilisée dans les bombes H.

XII.2. LA PERIODE RADIOACTIVE D'UN ELEMENT

L'activité radioactive d'un échantillon est déterminée par le nombre de noyaux qui s'y transforment 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

XII.3. D'OU VIENT LA RADIOACTIVITE ?

La radioactivité fait partie de l'univers. Sans aucune intervention humaine, elle est présente partout. L'atmosphère et la croûte terrestre contiennent des éléments radioactifs. 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 radioéléments naturels.

XII.3.1 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 pour l'essentiel en éléments stables. Certains se transforment toujours : c'est la radioactivité naturelle. Elle 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 :

XII.3.1.1 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 : 0,1 mSv ; un an à Paris : 0,7 mSv ; un an à la Paz : 2,7 mSv ; un jour à bord de Mir : 1 mSv).

XII.3.1.2 LE RAYONNEMENT TELLURIQUE

Le rayonnement tellurique est émis par de nombreux éléments radioactifs présents dans l'écorce terrestre, comme l'uranium et le thorium. Il varie selon la nature du sol et change ainsi d'une région à l'autre : l'exposition 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.

XII.3.1.3 L'AIR AMBIANT

L'air ambiant diffuse des émanations de radon (Rn), un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. Ce gaz, ainsi que les produits qui en dérivent, se fixe dans les voies respiratoires. L'équivalent de dose moyen dans les maisons françaises est de 1,2 mSv par personne et par an. Il est variable selon la nature du sol, les matériaux de construction et la ventilation.

Le radon est omniprésent à la surface de la Terre. Il possède trois isotopes naturels (^{219}Rn , ^{220}Rn , ^{222}Rn) descendants des radioéléments présents dans les sols (^{235}U , ^{232}Th et ^{238}U). Le radon 222,

descendant du radium (^{226}Ra) qui est lui-même un descendant de l'uranium 238, est l'isotope le plus présent dans l'atmosphère à cause de sa période radioactive (3,8235 jours) suffisamment longue pour lui permettre de migrer dans les sols, depuis la roche qui lui a donné naissance, jusqu'à l'atmosphère.

En se désintégrant, le radon émet des particules alpha et engendre des descendants solides eux-mêmes radioactifs (polonium, bismuth, plomb,...). Par différents processus physiques, il migre du sol jusqu'à l'air libre et peut s'accumuler dans l'atmosphère plus confinée des bâtiments. L'inhalation du radon et de ses descendants constitue, pour la population française, la première cause d'irradiation parmi les sources naturelles de rayonnements ionisants. C'est le risque de cancer du poumon qui motive la vigilance à l'égard du radon dans les habitations et les mines souterraines.

XII.3.1.4 LES EAUX MINÉRALES ET LES ALIMENTS

Les eaux minérales et les aliments absorbés contiennent des éléments radioactifs. Après ingestion, ces éléments viennent se fixer dans les tissus et les os. Ainsi, l'organisme humain compte en moyenne 4500 Bq en potassium 40 et 3700 Bq en carbone 14. L'irradiation interne représente en moyenne 0,24 mSv par personne et par an.

XII.3.2 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 un équivalent de 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 un équivalent de dose 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.

XII.4. 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.

XII.4.1 LES DIFFÉRENTS RAYONNEMENTS IONISANTS

Les rayonnements ionisants regroupent :

- **Les rayonnements cosmiques ;**
- **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, ils participent à 30% de la dose 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.

XII.4.2 LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

L'homme est donc exposé en permanence à des rayonnements d'origine naturelle ou artificielle. 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 se présentent sous la forme de particules (alpha, de neutrons ou de rayons bêta) ou de rayonnements électro-magnétiques comme les rayons X et les rayonnements gamma, utilisés en médecine. 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. Deux approches sont utilisées pour étudier leurs différents effets biologiques : l'épidémiologie et l'expérimentation sur des molécules ou cellules d'organismes vivants.

- **Les effets immédiats** : Une forte irradiation par des rayonnements ionisants provoque des effets immédiats sur les organismes vivants comme, par exemple, des brûlures plus ou moins importantes.
- **Les effets à long terme** : Les expositions à des doses plus ou moins élevées de rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme sous la forme de cancers et de leucémies. Ces effets se manifestent de façon aléatoire (que l'on ne peut pas prédire pour une personne donnée).

XII.4.3 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, ou par traitement.

XIII. 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.

Le becquerel a remplacé le curie qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. La valeur de 1 curie était définie comme l'activité de 1 g de radium, soit 37 milliards de désintégrations à la seconde, ce qui équivaut à 37 milliards de becquerels ($1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$).

- **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.

Le gray a remplacé le rad qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. Les facteurs de proportionnalité sont les suivants :

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = 10 \text{ mGy}$$

- **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).

Le sievert a remplacé le rem qu'il est encore possible de trouver dans la littérature. Les facteurs de proportionnalité sont les suivants :

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$$

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.

XIV. INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Implantations des sites de l'IRSN	15
Figure 2 : Salle de télésurveillance de l'IRSN.....	19
Figure 3 : Inter-comparaison de sondes de mesure du débit de dose en Allemagne.....	20
Figure 4 : Prélèvements d'échantillons d'eaux	21
Figure 5 : Réception et enregistrement des échantillons dans les laboratoires de l'IRSN	21
Figure 6 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2006 et zoom sur la répartition hors matrice des aérosols.....	22
Figure 7 : Préparation de coquilles Saint Jacques dans les laboratoires de l'IRSN	27
Figure 8 : Traitement en vue de la mesure du radium 226 dans les eaux.....	28
Figure 9 : Spectre des isotopes du polonium dans une eau suite à la radiochimie séparative	28
Figure 10 : Mesure d'échantillons de lait sur une chaîne de spectrométrie gamma	29
Figure 11 : Activité volumique bêta globale mesurée au-cours de l'année 2006 sur les filtres aérosols du CNPE de Tricastin	31
Figure 12 : Activité volumique bêta globale mesurée sur les filtres aérosols du CNPE de Tricastin.....	31
Figure 13 : Débit de dose mesuré sur le CNPE de Tricastin par la sonde Téléray	32
Figure 14 : Chronique de l'activité en tritium dans l'atmosphère dans l'environnement du CEA de Valduc depuis 1996	35
Figure 15 : Débit de dose ($\mu\text{Gy/h}$) à la station Téléray de l'aéroport de Lyon Saint-Exupéry le 15 septembre 2006	35
Figure 16 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire.....	36
Figure 17 : Activité volumique en carbone 14 dans les rejets liquides d'un CNPE (données IRSN & EDF)	37
Figure 18 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine d'enrichissement - (données IRSN).....	38
Figure 19 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible nucléaire (données IRSN)	38
Figure 20 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'un CNPE (données IRSN)	39
Figure 21 : Composition type des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé (données IRSN).....	39
Figure 22: Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les sédiments prélevés au confluent du Rhône et du canal de Donzère-Mondragon (SR 170 ROV).....	51
Figure 23 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech (SD 159 GAV)	55
Figure 24 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation de la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire (SD 149 LOV).....	58
Figure 25 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly (SD 85 LOV)	60
Figure 26 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantations prélevées dans la Loire, en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)	61
Figure 27 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV).....	63
Figure 28 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV).....	64
Figure 29 : Activités en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugéy (SD 47 ROV).....	68
Figure 30 : Activités en ^{137}Cs mesurées en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône, en aval du CNPE de Saint-Alban (SD 155 ROV).....	69
Figure 31 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas (SD 157 ROV).....	70

Figure 32 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation prélevées en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV).....	72
Figure 33 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)	73
Figure 34 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV).....	76
Figure 35 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN).....	78
Figure 36 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM).....	81
Figure 37 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün (SD 73 CAV)	81
Figure 38 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2006 au voisinage du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA)	83
Figure 39 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM).....	84
Figure 40 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM).....	86
Figure 41 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)	87
Figure 42 : Activités en isotopes du plutonium mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)	88
Figure 43 : Activité en ^{241}Am mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le canal marin du CNPE de Gravelines	88
Figure 44 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV).....	90
Figure 45 : Activités en ^{137}Cs et ^{90}Sr des sédiments de rivières prélevés en 2006 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague.....	95
Figure 46 : Activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am des sédiments de rivières prélevés en 2006 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague.....	96
Figure 47 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Beaumont.....	98
Figure 48 : Activité en ^{90}Sr mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Herqueville (point A12).....	99
Figure 49 : Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux prélevés en 2006 à Herqueville (point A12)	99
Figure 50 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 sur le long du littoral du Cotentin.....	101
Figure 51 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin.....	103
Figure 52 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin.....	103
Figure 53 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les algues prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin	104
Figure 54 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin.....	105
Figure 55 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin	105
Figure 56 : Activité annuelle moyenne en ^{60}Co mesurée dans les patelles prélevées en 2006 sur le littoral du Cotentin	106
Figure 57 : Activité en ^3H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2006 sur le site de Marcoule (Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet)	107
Figure 58 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les sédiments de la Durance - CEN de Cadarache (SR 63 DUV) ..	116
Figure 59 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les sédiments de l'Isère - Centre de Grenoble (SR 77 ISV)	118
Figure 60 : Activité en ^3H mesurée en 2006 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay	120

Figure 61 : Activités en ^{137}Cs mesurées en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)	121
Figure 62 : Activité en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)	122
Figure 63 : Activité en ^3H mesurée en 2006 dans les eaux de pluies recueillies sur le Centre de Valduc.....	124
Figure 64 : Activité en ^3H mesurée en 2006 dans l'air autour de Valduc.....	124
Figure 65 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments marins prélevés en 2006 dans la grande rade de Brest (SM 111 MN)	128
Figure 66 : Photos d'une station Téléhydro (vue générale et détaillée de la sonde).....	132
Figure 67 : 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)	134
Figure 68 : 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).....	134
Figure 69 : 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)	135
Figure 70 : Photo d'une sonde Téléray (détecteur Geiger Müller)	136
Figure 71 : Evolution du débit de dose en fonction de l'altitude	139
Figure 72 : Evolution du débit de dose par type d'implantation en 2006.....	140
Figure 73 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose en 2006	140
Figure 74 : Photo d'un dispositif DTL	142
Figure 75 : Photo des stations de prélèvement d'aérosols du site du Vésinet (IRSN) et détail de la tête de prélèvement et du dispositif porte-filtre	144
Figure 76 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol ».....	148
Figure 77 : Activités volumiques moyennes en ^7Be mesurées en 2006 par le réseau « Air au sol ».....	150
Figure 78 : Photo d'une balise SARA	151
Figure 79 : Activités moyennes annuelles du radon 220 et du radon 222 mesurées par les stations du réseau SARA en 2006.	152
Figure 80 : Valeurs moyennes annuelles du rapport $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ mesuré par les stations SARA en 2003, 2004, 2005 et 2006.	153
Figure 81 : Photo d'une station Hydrotéléray	157
Figure 82 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2006 dans la Gironde à Vitrezay (SR 186)	159
Figure 83 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation de la Loire aux Ponts-de-Cé (SD 46 LOV)	160
Figure 84 : Activité en ^{137}Cs mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Rhône à la station de Génissiat (point SD 139 RO).....	162
Figure 85 : Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)	163
Figure 86 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 à Croissy sur Seine (SD 15 SE)	165
Figure 87 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 à Porcheville (SD 190 SE) ...	166
Figure 88 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN.....	180
Figure 89 : Page d'accueil du site Internet TÉLÉRAY	181
Figure 90 : Illustration du site Internet EAU.....	181
Figure 91 : Illustration du site Internet AEROSOL.....	182

XV. INDEX DES CARTES

Carte 1 : Sommaire cartographique	10
Carte 2 : Sites (représentés par un point rouge) du réseau AS où l'activité volumique bêta globale a dépassé au moins une fois	30
Carte 3 : Environnement proche du CEA de Valduc	34
Carte 4 : Implantation des sites du cycle du combustible surveillés	41
Carte 5 : Schéma du plan de prélèvements dans les eaux de surface du secteur minier de la division de la Crouzille .	43
Carte 6 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne	53
Carte 7 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire	57
Carte 8 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône.....	66
Carte 9 : Implantation du CNPE de Nogent-sur-Seine	72
Carte 10 : Implantation du CNPE de Chooz	74
Carte 11 : Implantation du CNPE de Cattenom	77
Carte 12 : Implantation du CNPE de Fessenheim	79
Carte 13 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche	82
Carte 14 : Implantation des centres de recherche et des bases navales nucléaires	114
Carte 15 : Plan de l'environnement du CEA de Saclay et des eaux surveillées	119
Carte 16 : Plan de l'environnement du CEA de Valduc et des eaux surveillées	125
Carte 17 : Implantation des stations du réseau Téléhydro	133
Carte 18 : Implantation des sondes du réseau Téléray.....	137
Carte 19 : Représentation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2006 par le réseau Téléray	138
Carte 20 : Représentation cartographique des données du réseau de DTL en France en 2006.....	143
Carte 21 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS).....	145
Carte 22 : Représentation cartographique des moyennes mensuelles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire	149
Carte 23 : Implantation des stations du réseau SARA	151
Carte 24 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie	154
Carte 25 : Implantation des stations Hydrotéléray et des hydrocollecteurs	156
Carte 26 : Implantation des stations de suivi continental terrestre de l'IRSN	167
Carte 27 : Implantation des points de prélèvements d'eau de mer	173
Carte 28 : Implantation des stations de prélèvements de lait	176
Carte 29 : Répartition des régions de prélèvements de blé	177
Carte 30 : Sommaire cartographique	201

XVI. INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de mesures collectées en 2006 par les réseaux de télésurveillance.....	19
Tableau 2 : Résultats des mesures complémentaires effectuées sur les prélèvements d'aérosols dont l'activité bêta globale était supérieure à 2,5 mBq/m ³ (Résultats exprimés en mBq/m ³).....	33
Tableau 3 : Résultats des mesures de spectrométrie gamma sur des regroupements de plusieurs prélèvements d'un même site (résultats exprimés en mBq/m ³).....	33
Tableau 4 : Résultats d'analyse des sédiments et des végétaux aquatiques prélevés dans Le ruisseau « la Fouillouse » 42	
Tableau 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV).....	44
Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'étang de la Crouzille (point R2 58 VNV).....	44
Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV) .	44
Tableau 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU).....	45
Tableau 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le ruisseau Le Ritord (point R7 58 RIT) à Razes, en aval de l'étang de Gouillet.....	45
Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac.....	45
Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à la sortie de l'usine des eaux à Limoges (point R3 58 USL).....	46
Tableau 12 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR).....	46
Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 aux points P10 89 (puits Guiboux), P11 89 (puits Bernigaud) et P16 89 (puits Gonin).....	47
Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné.....	48
Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges.....	48
Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2006 à la station Nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA).....	50
Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2006 à la station des Genêts du site de Pierrelatte (PH 62 PRL).....	50
Tableau 18 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte.....	50
Tableau 19 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte.....	50
Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R3 62 GAF dans la Gaffière en aval du CNPE du Tricastin.....	51
Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 dans l'environnement du site de Pierrelatte.....	52
Tableau 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 159 CAM sur la Garonne en amont du CNPE de Golfech.....	54
Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 159 GAV sur la Garonne en aval du CNPE de Golfech.....	54
Tableau 24 : Résultats d'analyse des mousses prélevées en 2006 à Saint-Nicolas-de-la-Grave dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	55
Tableau 25 : Résultats d'analyse des myriophylles prélevés en 2006 dans la Garonne dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	56
Tableau 26 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	56
Tableau 27 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE du Blayais.....	57
Tableau 28 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 149 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Belleville-sur-Loire.....	58
Tableau 29 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 149 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire.....	58

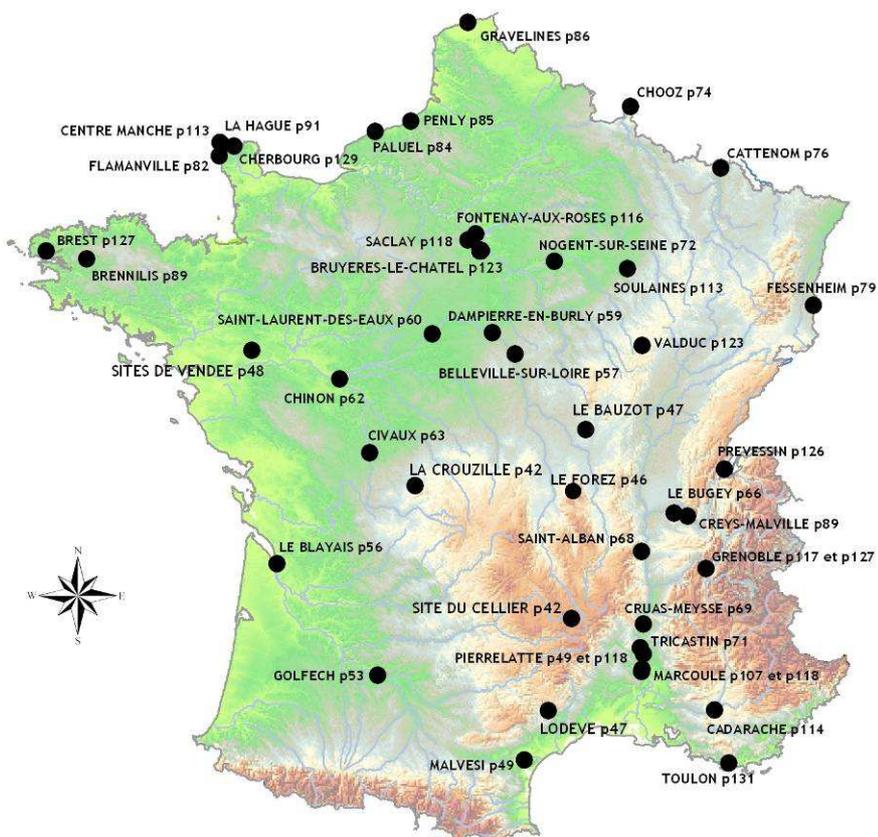
Tableau 30 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 85 sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly.....	59
Tableau 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 98 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux.....	61
Tableau 32 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 98 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux.....	61
Tableau 33 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 52 LOM dans la Loire en amont du CNPE de Chinon	62
Tableau 34 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R3 52 LOV dans la Loire en aval du CNPE de Chinon	62
Tableau 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux.....	64
Tableau 36 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 169 VIV dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux.....	64
Tableau 37 : Activités en ¹⁴ C mesurées en 2006 dans les feuilles d'arbre prélevées dans l'environnement du CNPE de Civaux.....	65
Tableau 38 : Activités en ¹⁴ C mesurées en 2006 dans les végétaux aquatiques prélevés dans l'environnement du CNPE de Civaux.....	65
Tableau 39 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE de Civaux.....	66
Tableau 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 47 ROV sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey.....	67
Tableau 41 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey.....	67
Tableau 42 : Activités en ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co et ^{110m} Ag mesurées en 2006 dans les boues de décantation prélevées dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)	68
Tableau 43 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 155 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban	69
Tableau 44 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 157 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Cruas.	70
Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 75 CAV (Canal de Donzère-Mondragon) en aval du CNPE du Tricastin.....	71
Tableau 46 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P5 75, dans l'environnement du CNPE du Tricastin	72
Tableau 47 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 151 SEV sur la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine	73
Tableau 48 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée dans les boues de décantation prélevées en 2006 en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV).....	74
Tableau 49 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 83 MEM sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz	75
Tableau 50 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R2 83 MEV sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz, à Rancennes.....	75
Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R0 144 MOM sur la Moselle en amont du CNPE de Cattenom, à Haute-Ham	77
Tableau 52 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 144 MOV en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle.....	78
Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P4 48 FES du CNPE de Fessenheim.....	80
Tableau 54 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à Kembs dans le Grand Canal d'Alsace au point R0 70 CAM en amont du CNPE de Fessenheim	80
Tableau 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 à Vogelgrün dans le Grand Canal d'Alsace au point R1 73 CAV en aval du CNPE de Fessenheim	80
Tableau 56: Activité en ⁶⁰ Co mesurée en 2006 dans les boues de décantation du Grand Canal d'Alsace à Kembs (SD 70 CAM).....	81

Tableau 57 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 145 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Flamanville).....	83
Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 146 CDM (eaux sous-marines du CNPE de Paluel)	84
Tableau 59 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point RF 153 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Penly)	85
Tableau 60 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point M1 84 (canal marin du CNPE de Gravelines)	87
Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P1 84 GRA dans l'environnement du CNPE de Gravelines	87
Tableau 62 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du CNPE de Brennilis	89
Tableau 63 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 au point R1 60 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville	90
Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux de pluie recueillies en 2006 dans l'environnement du centre AREVA de la Hague au point PH 87 HAG à Gréville	92
Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	93
Tableau 66 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W2 87 (bassin d'orage ouest) dans l'environnement du site de la Hague	93
Tableau 67 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2006 au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	93
Tableau 68 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées en 2006 au point R0 87 (Nord Est, limnigraphe) sur le site de la Hague	94
Tableau 69 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Diguleville dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	94
Tableau 70 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source Recboc) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	94
Tableau 71 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du centre AREVA de la Hague.....	95
Tableau 72 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du centre AREVA de la Hague	95
Tableau 73 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P1 87 (piézomètre 106) du site AREVA de la Hague	96
Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P2 87 (piézomètre 222) du site AREVA de la Hague	96
Tableau 75 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P3 87 (piézomètre 326) du site AREVA de la Hague	97
Tableau 76 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P4 87 (piézomètre 358) du site AREVA de la Hague	97
Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P5 87 (piézomètre 702) du site AREVA de la Hague	97
Tableau 78 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2006	98
Tableau 79 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2006 dans l'environnement du site AREVA La Hague ...	100
Tableau 80 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la baie d'Ecalgrain à Jobourg (M 110 JBG)	100
Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans l'anse des Moulinets à Herqueville (M 110 MLN).....	101
Tableau 82 : Activités moyennes en ⁶⁰ Co et ¹³⁷ Cs mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 sur le long du littoral du Cotentin	102
Tableau 83 : Activités moyennes annuelles mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 au large de l'anse des Moulinets et de Barfleur	102
Tableau 84 : Activités moyennes en ¹⁰⁶ Ru mesurées dans les algues marines prélevées en 2006 le long du littoral du Cotentin	104
Tableau 85 : Activités en ¹⁰⁶ Ru et ¹³⁷ Cs mesurées dans les patelles prélevées sur le littoral du Cotentin	106

Tableau 86 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le Rhône en amont du centre AREVA de Marcoule (R1 50 ROM).....	108
Tableau 87 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le Rhône en aval du centre AREVA de Marcoule (R3 50 ROV).....	108
Tableau 88 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le contre canal du Rhône à Codolet.....	108
Tableau 89 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Caderousse.....	109
Tableau 90 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Roquemaure.....	109
Tableau 91 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon.....	109
Tableau 92 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés dans le Rhône à Port Saint Louis.....	109
Tableau 93 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P1 59 SES - site AREVA de Marcoule.....	110
Tableau 94 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P2 59 COD - site AREVA de Marcoule.....	110
Tableau 95 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P9 59 CAD - site AREVA de Marcoule.....	110
Tableau 96 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P10 59 MON - site AREVA de Marcoule.....	110
Tableau 97 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P11 59 ORA - site AREVA de Marcoule.....	110
Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P13 59 MRC - site AREVA de Marcoule.....	111
Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P14 59 MRC - site AREVA de Marcoule.....	111
Tableau 100 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le puits P15 59 MRC - site AREVA de Marcoule....	111
Tableau 101 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2006 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du centre de Marcoule.....	112
Tableau 102 : Résultats d'analyses du végétal prélevé en 2006 au sud du site de Marcoule, dans les vignes.....	112
Tableau 103: Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans le bassin collecteur du centre de l'Aube - ANDRA (W 96 SOU).....	113
Tableau 104 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM).....	115
Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV).....	115
Tableau 106: Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2006 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R6 63 DUV).....	115
Tableau 107 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEN de Grenoble.....	117
Tableau 108 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEN de Grenoble	117
Tableau 109 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEN de Grenoble.....	117
Tableau 110 : Résultats d'analyse du strontium 90 dans les eaux prélevées en 2006 dans l'aqueduc des Mineurs et dans l'étang Vieux.....	120
Tableau 111 : Activité en ⁶⁰ Co mesurée en 2006 dans les sédiments de l'étang vieux - Centre de Saclay (SR 23 SAC)	121
Tableau 112 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans 3 piézomètres du site de Saclay (P41 23, P42 23 et P44 23).....	122
Tableau 113 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le puits P 612 PRE dans l'environnement du CERN.....	126
Tableau 114 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2006 dans le Drac (R DI DRM), en amont de l'ILL.....	127
Tableau 115 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Brest (M 122 MN).....	128
Tableau 116 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Cherbourg (M 109 MN)	129
Tableau 117 : Activités en ¹³⁷ Cs, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu et ²⁴¹ Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg (SM 109 MN).....	129
Tableau 118 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg.....	130
Tableau 119 : Résultats d'analyse de mollusques prélevés en 2006 dans la grande rade de Cherbourg.....	130
Tableau 120 : Résultats d'analyse des algues prélevées en 2006 dans la grande rade de Cherbourg.....	130

Tableau 121 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 dans la grande rade de Toulon (M 111 MN) ...	131
Tableau 122 : Résultats d'analyse bêta globale des filtres aérosols (mesurés cinq jours après la fin du prélèvement)	146
Tableau 123 : Résultats d'analyse alpha globale des filtres aérosols.....	147
Tableau 124 : Résultats d'analyses des eaux de pluies collectées en 2006 sur des sites hors influence des INB.....	155
Tableau 125 : Résultats des mesures obtenues par les stations du réseau Hydrotéléray en 2006 (cumul des spectres de deux heures).	158
Tableau 126 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire prélevées en 2006 à la station des Ponts-de-Cé (point R1 46 LOV)	160
Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux de la Loire prélevées en 2006 à la station de Nantes (point R 168 LO) ...	160
Tableau 128 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône prélevées en 2006 à la station de Génissiat (point R1 139 RO)	161
Tableau 129 : Résultats d'analyse des eaux du Rhône prélevées en 2006 à la station de Vallabrègues (point R1 135 RO)	162
Tableau 130 : Résultats d'analyse des boues de décantation prélevées en 2006 dans le Rhône à Vallabrègues (SD 135 RO)	163
Tableau 131 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à la station de Croissy-sur-Seine (point R1 15 SE)	164
Tableau 132 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à la station de Porcheville (point R1 190 SE)	165
Tableau 133 : Activité en ¹³¹ I mesurée dans les boues de décantation de la Seine à la station de Porcheville (SD 190 SE)	166
Tableau 134 : Résultats d'analyse des eaux de la Seine prélevées en 2006 à Conflans-Sainte-Honorine (point R1 621 SE)	166
Tableau 135 : Résultats d'analyse des sols en 2006 (stations de suivi continental)	168
Tableau 136 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr dans les sols (stations de suivi continental)	168
Tableau 137 : Résultats d'analyse en ¹³⁷ Cs dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental).....	169
Tableau 138 : Résultats d'analyse en ⁷ Be dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)	169
Tableau 139 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr des végétaux terrestres (stations de suivi continental)	169
Tableau 140 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr des laits des stations de Montfaucon et Bellenaves	170
Tableau 141 : Résultats d'analyse de ⁹⁰ Sr des os de lapin (stations de suivi continental)	170
Tableau 142 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer	171
Tableau 143 : Résultats d'analyse des végétaux terrestres d'Outre-Mer	171
Tableau 144 : Résultats des analyses en ²³⁴ U et ²³⁸ U réalisées sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)	171
Tableau 145 : Résultats des analyses en ⁹⁰ Sr réalisées sur des prélèvements de terre de rizière (Camargue)	172
Tableau 146 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral Manche et Mer du Nord	174
Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral atlantique	174
Tableau 148 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 en Atlantique dans les Antilles	174
Tableau 149 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2006 sur le littoral méditerranéen	175
Tableau 150 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr dans les blés des régions administratives.....	178
Tableau 151 : Résultats d'analyse en ⁹⁰ Sr du lait de la ration du Vésinet	178
Tableau 152 : Résultats d'analyse en ¹⁴ C de la ration du Vésinet.....	179
Tableau 153 : Résultats d'analyse en ²³⁴ U et ²³⁸ U de la ration du Vésinet.....	179

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 136 : LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Page 156 : LE MILIEU CONTINENTAL

Page 173 : LE LITTORAL

Page 175 : LES CONSTITUANTS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

Carte 30 : Sommaire cartographique

Siège social

31, avenue de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

Téléphone

+33 (0)1 58 35 88 88

Courrier

B.P. 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet

www.irsn.org